

Pinotepa Nacional, Oax., a **28/OCTUBRE/2022**
Oficio No.: DEP-796/2022

**ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN Y
EMPASTADO.**

**C. ANAHI LOPEZ TAPIA,
C. JUAN RAYMUNDO ZARATE ACEVEDO,
PASANTES DE LA CARRERA DE
INGENIERIA EN AGRONOMIA.
PRESENTE**

En relación al trabajo profesional para la obtención del Título de **INGENIERO(A) AGRONOMO(A)** por la opción de **TITULACIÓN INTEGRAL "TESIS"**, esta División con conocimiento de la resolución del Comité Revisor, **DICTAMINA LA APROBACIÓN** del mencionado trabajo; por lo que se les **AUTORIZA** la impresión y empastado del proyecto denominado: **"CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE DOS VARIETADES CERTIFICADAS DE PAPAYA (Carica papaya L.) EN UN SISTEMA INTENSIVO"** para la entrega a esta División de Estudios Profesionales, para continuar con el proceso de titulación para el acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®



**GEORGINA NICOLAS HERNANDEZ
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**



C.c.p. Expediente.
GNH*



Av. Tecnológico, Sección Primera, Col. La Soledad, Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca.
C.P.71602. Telefonos: 954 54 3 53 05 y 954 54 3 53 87. e-mail: dep_pinotepa@tecnm.mx
www.tecnm.mx | www.pinotepa.tecnm.mx



2022 Flores
Ricardo
Año de
Magón



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PINOTEPA



TITULACIÓN INTEGRAL “TESIS”

CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE DOS VARIEDADES
CERTIFICADAS DE PAPAYA (*Carica papaya* L.) EN UN SISTEMA INTENSIVO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTAN:

LOPEZ TAPIA ANAHI 17730105

ZARATE ACEVEDO JUAN RAYMUNDO 17730154

SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL, OAXACA. DICIEMBRE DE 2022.



Av. Tecnológico, Sección Primera, Col. La soledad. Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca. C.P.71602. Teléfonos: 954 54 3 53 05 y 954 54 3 52 87. e-mail: dep_pinotepa@tecnm.mx www.tecnm.mx | www.pinotepa.tecnm.mx



Ricardo
2022 Flores
Año de
Magón
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

AGRADECIMIENTOS

De: Anahi Lopez Tapia

Gracias a Dios, por darme las fuerzas necesarias para poder empezar y finalizar la tesis, por iluminar mi mente para poder escribir cada detalle de cada tema integrado; por haber puesto en mi camino a personas que fueron mi soporte y compañía en todo el proceso de investigación y redacción.

A cada uno de mi familia que contribuyó en la formación de mi estudio sin ellos no hubiese sido posible. A mi padre Maximino López Hernández por esforzarse día con día y apoyarme desde mi inicio de educación preescolar hasta la finalización de mi carrera profesional, por eso y mucho más le agradezco.

A mi madre Lucila Tapia Vázquez † por inculcarme buenos valores y gracias a ellos he llegado lejos, deseando de donde quiera que se encuentre se sienta orgullosa de cada uno de mis logros que son dedicados para ella.

Al Instituto Tecnológico de Pinotepa por recibirme con los brazos abiertos para realizar mi carrera profesional de Ingeniería en Agronomía con especialidad en Productividad en Agroecosistemas.

A mis asesores de tesis, al Dr. Pedro Cisneros Saguilán (TecNM Campus Pinotepa), y al Dr. José Luis Valenzuela Lagarda del Centro Regional de Educación Superior de la Costa Chica de la Universidad Autónoma de Guerrero, por apoyarme y brindarme sus conocimientos científicos durante el desarrollo y culminación de esta tesis.

A mis maestros, que contribuyeron en mi formación académica, la Ing. Irma Antonio Méndez, Ing. Efrén Marín Ramírez †, Dr. Pedro Cisneros Saguilán, y el Ing. Refugio

Menera Huerta, por compartir sus conocimientos y darlo todo en cada una de sus clases impartidas; por darme algunos consejos, motivarme para ser una mejor estudiante cada día.

A la huerta Miranda 2, ubicada en Cerro de la Esperanza Oaxaca. Por haber aceptado realizar ahí la etapa de campo de este proyecto, al Centro Regional de Educación Superior de la Costa Chica ubicado en el municipio de Florencio Villareal, Guerrero por aceptar llevar a cabo la etapa de laboratorio de esta investigación.

¡Muchas gracias a todos!

De: Juan Raymundo Zarate Acevedo

Primeramente doy gracias a Dios por permitirme tener buena salud para desarrollar esta investigación y poder realizarla satisfactoriamente.

Gracias al Instituto Tecnológico de Pinotepa por permitirme convertirme en un profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación.

A mis asesores de tesis, al Dr. Pedro Cisneros Saguilán (TecNM Campus Pinotepa), y al Dr. José Luis Valenzuela Lagarda del Centro Regional de Educación Superior de la Costa Chica de la Universidad Autónoma de Guerrero, por apoyarme y brindarme sus conocimientos científicos durante el desarrollo y culminación de esta tesis.

Gracias por el amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban mis padres especialmente a mi madre Victorina Acevedo Catana por su apoyo incondicional, por estar en cada uno de mis malos y buenos momentos, por animarme cada vez que me sentía caído, gracias por la vida que me dio, gracias por estar dispuesta a acompañarme desde el inicio de mi carrera profesional hasta la parte final, gracias por cada consejo, ánimo e inspiración.

Gracias a mis hermanos Zarate Acevedo por ser los principales motores de mis sueños, gracias a cada uno de ellos por creer en mí y en mis capacidades, gracias por invertir todo en mi para que alcanzara mis metas.

Gracias al Ing. David Juárez y al Ing. Francisco J. Flores Antonio por apoyarme en esta investigación por brindarme conocimientos y orientación para que siguiera adelante, por sus buenos consejos y ejemplo, por brindarme confianza para mi futuro.

Finalmente agradezco a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

RESUMEN

El cultivo de papaya es una planta en constante crecimiento y producción de frutos, su producción sostenida depende del crecimiento continuo del tallo y la formación de hojas nuevas, ya que en las axilas de cada hoja se forman nuevos frutos. La altura de la planta depende de la variedad y del manejo. Sin embargo, con la fertilización mineral ha mejorado el crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad del fruto, con el uso de fertilizantes se han alcanzado mayores rendimientos en los cultivos de papaya y se ha observado que el genotipo más demandado tanto por el productor como el consumidor es la Maradol debido a su alta productividad en la cosecha. La papaya (*Carica papaya* L.) es un fruto de gran importancia nutricional y comercial, sin embargo, su comercialización se ve limitada por su corta vida de anaquel atribuida a que es un fruto climatérico, con altas tasas de respiración y producción de etileno, por presentar un elevado contenido de humedad, textura susceptible a daños mecánicos y de producción de calor. Esas características generan desventajas en cuanto a su manejo después de la cosecha, resultando en pérdidas derivadas de la falta de comercialización o de consumo del producto en tiempo hábil. Según los comercializadores, las mayores pérdidas de la fruta son ocasionadas por mal manejo del fruto, resultando con magulladuras, maltrato, pudrición por antracnosis y otros hongos y manipulación excesiva. Para esta problemática se han buscado alternativas viables como la introducción de nuevas variedades en el mercado para exportación y uso de semillas certificadas que cumplan con los requisitos establecidos para la calidad de la fruta al momento de la cosecha. El objetivo de esta investigación fue comparar el crecimiento, rendimiento y calidad de dos variedades de papaya (Maradol Original y Maracub) con semilla certificada bajo un sistema intensivo. Las variables evaluadas fueron: a) Crecimiento (número de hojas adultas y jóvenes, número de brotes, altura de la planta y altura de inserción de primer fruto); b) Rendimiento (número de frutos buenos y dañados, número de flores buenas y dañadas, número de flores cornetas y toneladas de fruto por hectárea); y c) Calidad (firmeza exterior, color de

cáscara, color de pulpa, vida de anaquel del fruto, pH, acidez titulable, sólidos solubles totales y densidad de pulpa). La investigación de campo se realizó en la huerta "Miranda 2", propiedad de la empresa Big Bang S.A. de C.V. Ubicada en la localidad Cerro de la Esperanza perteneciente al Municipio Santiago Pinotepa Nacional, en la Costa de Oaxaca. Los tratamientos fueron T1= Maradol Original y T2= Maracub, los cuales fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con 5 repeticiones. Los datos de las variables crecimiento y rendimiento se analizaron usando estadística descriptiva (medias y desviación estándar). Los datos para la variable calidad, se obtuvieron en el laboratorio de análisis y calidad de los alimentos del Centro Regional de Educación Superior de la Costa Chica, de la Universidad Autónoma de Guerrero, en el Municipio de Florencio Villareal Guerrero. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con tres repeticiones con un arreglo factorial de 2 x 6; donde el Factor 1 fue la variedad (Maradol Original vs Maracub) y el Factor 2 fueron seis estados de madurez (0, 3, 6, 9, 12 y 15 días), los datos se analizaron mediante un análisis de varianza en el programa Minitab y las medias de los tratamientos se compararon mediante un Análisis de Varianza y la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95 %. Los datos obtenidos en el análisis de los tratamientos (T1=Maradol Original y T2=Maracub), mostraron que ambas variedades tuvieron buen comportamiento en crecimiento, rendimiento y calidad; lo que significa que las dos variedades tienen buen desempeño en el proceso de producción, la cosecha y poscosecha.

Palabras clave: papaya, crecimiento, rendimiento, calidad, semilla certificada, vida de anaquel.

ABSTRACT

The papaya crop is a plant in constant growth and fruit production, its sustained production depends on the continuous growth of the stem and the formation of new leaves, since new fruits are formed in the axils of each leaf. Plant height depends on variety and management. However, with mineral fertilization the vegetative growth, yield and quality of the fruit have improved, with the use of fertilizers higher yields have been achieved in papaya crops and it has been observed that the most demanded genotype by both the producer and the consumer is the Maradol due to its high productivity at harvest. Papaya (*Carica papaya* L.) is a fruit of great nutritional and commercial importance, however, its commercialization is limited by its short shelf life attributed to the fact that it is a climacteric fruit, with high rates of respiration and ethylene production, due to its high moisture content, texture susceptible to mechanical damage and heat production. These characteristics generate disadvantages in terms of its handling after harvest, resulting in losses derived from the lack of commercialization or consumption of the product in good time. According to marketers, the greatest fruit losses are caused by mishandling the fruit, resulting in bruises, abuse, rot caused by anthracnose and other fungi, and excessive handling. For this problem, viable alternatives have been sought, such as the introduction of new varieties in the market for export and the use of certified seeds that meet the requirements established for the quality of the fruit at the time of harvest. The objective of this research was to compare the growth, yield and quality of two papaya varieties (Maradol Original vs Maracub) with certified seed under an intensive system. The variables evaluated were: a) Growth (number of adult and young leaves, number of shoots, height of the plant and height of insertion of the first fruit); b) Yield (number of good and damaged fruits, number of good and damaged flowers, number of cornet flowers and tons of fruit per hectare); and c) Quality (external firmness, peel color, pulp color, fruit shelf life, pH, titratable acidity, total soluble solids, and pulp density). The field research was carried out in the "Miranda 2" orchard, owned by the company Big Bang S.A. de C.V. Located in the Cerro de la Esperanza town belonging to the Santiago Pinotepa Nacional

Municipality, on the Oaxaca Coast. The treatments were T1= Original Maradol and T2= Maracub, which were distributed in a completely randomized design with 5 repetitions. The data of the growth and performance variables were analyzed using descriptive statistics (means and standard deviation). The data for the quality variable were obtained in the food quality and analysis laboratory of the Costa Chica Higher Education Regional Center, of the Autonomous University of Guerrero, in the Municipality of Florencio Villareal Guerrero. The treatments were distributed in a completely randomized design with three repetitions with a factorial arrangement of 2 x 6; where Factor 1 was the variety (Maradol Original and Maracub) and Factor 2 were six stages of maturity (0, 3, 6, 9, 12, 15 days), the data was analyzed using an analysis of variance in the Minitab program and the means of the treatments were compared by means of an Analysis of Variance and the Tukey test with a confidence level of 95 %. The data obtained in the analysis of the treatments (T1=Maradol Original and T2=Maracub), showed that both varieties had good behavior in growth, yield and quality; which means that the two varieties have good performance in the production process, harvest and post-harvest.

Keywords: papaya, growth, yield, quality, certified seed, shelf life.

ÍNDICE GENERAL	Pág.
AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN	iv
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CUADROS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
1.- INTRODUCCIÓN	15
2.- JUSTIFICACIÓN	17
3.- OBJETIVOS	18
3.1 Objetivo general	18
3.2 Objetivos específicos	18
4.- HIPÓTESIS	19
5.- MARCO TEÓRICO	20
5.1 Aspectos generales de la papaya	20
5.1.1 Origen y distribución.....	20
5.1.2 Antecedentes del cultivo de papaya.....	21
5.1.3. La producción de papaya en México y en el mundo	22
5.1.4 Importancia económica del cultivo de papaya.....	23
5.1.5 Variedades de papaya con importancia económica	24
5.1.6 Historia de la variedad Maradol Original	26
5.1.7 Historia de la variedad Maracub.....	27
5.1.8 Calidad de la semilla	27
5.1.9 Calidad de los frutos.....	28
5.2 Taxonomía y morfología de la papaya	29

5.2.1 Raíz.....	30
5.2.2 Tallo	30
5.2.3 Flores	30
5.2.4 Fruto.....	30
5.3 Etapas fenológicas del cultivo de papaya.....	31
5.4 Tipo de suelo	31
5.5 Manejo del cultivo	32
5.5.1 Obtención de plántulas.....	32
5.5.2 Poda de brotes y hojas.....	33
5.5.3 Fertilización	33
5.5.4 La conductividad eléctrica	34
5.6 Plagas más comunes.....	35
5.6.1 Mosquita blanca (<i>Bemisia tabaci</i>).....	36
5.6.2 Ácaros (<i>Tetranychus urticae</i>)	36
5.6.3 Lorito verde o salta hojas (<i>Empoasca sp</i>)	37
5.6.4 Nematodos.....	37
5.6.5 Caracol africano (<i>Achatina fulica</i>).....	38
5.6.6 Araña roja (<i>Tetranychus spp</i>).....	38
5.7 Enfermedades.....	39
5.7.1 Mancha anular de la papaya (PRV)	39
5.7.2 Pudrición del pie (<i>Phytophthora palmivora</i>).....	40
5.7.3 Antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporioides Penz.</i>)	41
5.8 Manejo poscosecha	41
5.8.1 Condiciones de almacenamiento	41

5.9 Características fisicoquímicas	42
5.9.1 Físicas	42
5.9.2 Químicas	44
6.- MATERIALES Y MÉTODOS	45
6.1 Descripción del área de estudio	45
6.2 Material experimental	45
6.2.1 Descripción de los tratamientos	46
6.3 Variables evaluadas	46
6.3.1 Crecimiento	46
6.3.2 Rendimiento:	47
6.3.3 Calidad	47
6.4 Análisis estadístico de datos	49
6.5 Labores culturales en la huerta	49
6.5.1 Preparación del suelo y trasplante a campo	49
6.5.2 Manejo de la maleza	50
6.5.3 Práctica de sexado.....	50
6.5.4 Manejo de plagas en la huerta	50
6.5.5 Manejo de enfermedades en la huerta.....	51
6.6 Sistema de riego	52
6.7 Cosecha	53
6.8 Almacenamiento	53
7.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
7.1 Variables de crecimiento	54
7.1.1 Promedio de número de hojas jóvenes por planta	56

7.1.2	<i>Altura promedio por plantas</i>	57
7.1.3	<i>Altura de inserción promedio de fruto por planta</i>	58
7.2	Variables de rendimiento	59
7.2.1.	<i>Promedio de frutos buenos por planta</i>	59
7.2.2	<i>Promedio de frutos dañados por planta</i>	60
7.2.3	<i>Promedio de flores buenas por planta</i>	61
7.2.4	<i>Promedio de flores quemadas por plantas</i>	62
7.2.5	<i>Promedio de flores cornetas por planta</i>	64
7.2.6	<i>Rendimiento de fruto</i>	65
7.3	Variable calidad	66
7.3.1.	Densidad de pulpa (\bar{d})	66
7.3.2.	Acidez Titulable (AT)	67
7.3.3.	Sólidos solubles totales (SST)	69
7.3.4.	Firmeza de la pulpa	70
7.3.5.	pH	72
7.3.6.	Cambios de color de cascara L^* , a^* y b^*	74
7.3.7.	Cambios de color de pulpa L^* , a^* y b^*	76
8.-	CONCLUSIONES	78
9.-	RECOMENDACIONES	79
10.-	LITERATURA CITADA	80
11.-	ANEXOS	90

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág
	.
Cuadro 1. Descripción taxonómica de la papaya.....	29
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos y número de plantas.....	46
Cuadro 3. Fertilización aplicada en la huerta por etapas del cultivo.....	52
Cuadro 4. Estimación por hectárea para cada variedad de papaya evaluada.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del área de estudio.....	45
Figura 2. Macrolocalización del municipio de Santiago Pinotepa Nacional Oax....	45
Figura 3. Número de hojas adultas por variedad en el cultivo de papaya.....	55
Figura 4. Número de brotes por variedad en el cultivo de papaya.....	55
Figura 5. Número de hojas jóvenes por variedad en el cultivo de papaya.....	56
Figura 6. Crecimiento de las plantas por variedad en el cultivo de papaya.....	58
Figura 7. Promedio de altura de inserción de primer fruto en cada variedad en el cultivo de papaya.....	59
Figura 8. Número de frutos buenos por variedad en el cultivo de papaya.....	60
Figura 9. Número de frutos dañados por variedad en el cultivo de papaya.....	61
Figura 10. Número de flores buenas por variedad en el cultivo de papaya.....	62
Figura 11. Número de flores quemadas por variedad en el cultivo de papaya.....	63
Figura 12. Número de flores cornetas por variedad en el cultivo de papaya.....	65
Figura 13. Densidad (\bar{d}) de la variedad Maradol Original y Maracub.....	67

Figura 14.	AT (Acidez titulable) de la variedad Maradol Original y Maracub.....	68
Figura 15.	SST (Sólidos solubles totales) de la variedad Maradol Original y Maracub.....	70
Figura 16.	Firmeza de la variedad Maradol Original y Maracub.....	72
Figura 17.	pH de la variedad Maradol Original y Maracub.....	73
Figura 18.	Componentes del color de cáscara durante la maduración de frutos de papaya Maradol Original y Maracub con valores L*, a* y b*.....	75
Figura 19.	Componentes del color de pulpa durante la maduración de frutos de papaya Maradol Original y Maracub con valores L*, a* y b*.....	77

1.- INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) es uno de los frutales con mayor demanda y rentabilidad en el mercado mundial, esto por su alto valor nutricional y digestivo al consumirse en fruta fresca así como también industrializada a nivel nacional e internacional. México a nivel mundial se encuentra en el cuarto lugar produciendo 1 034 532 t, siendo el principal país exportador de la papaya (12.13 % de la producción) a los Estados Unidos de Norteamérica (Aguilar et al. 2019).

Uno de los problemas más importantes en el cultivo de este frutal es el suministro inadecuado de agua, la deficiencia de agua por largos periodos, ocasiona poco amarre de frutos. Sin embargo, la falta de humedad en el suelo provoca escasa producción de látex y frutos. Se ha señalado que el exceso de agua por periodos superiores a 24 horas ocasiona muerte de la raíz por falta de oxigenación y proliferación de enfermedades (Castro, 2009).

El manejo del cultivo en cuanto a prevención de plagas y enfermedades es también deficiente, por lo cual se producen bajos rendimientos y se afecta considerablemente la calidad del fruto (Mariano, 2009). Otro problema relevante en este frutal es la aplicación inadecuada de nutrimentos minerales. La nutrición es uno de los factores que más influye en las características y rendimiento de este frutal. Una fertilización adecuada, del papayo, se manifiesta con tallos cortos, robustos y una producción temprana (Castro, 2009).

La papaya Maradol es susceptible al impacto de los factores externos durante el manejo de cosecha y poscosecha a causa de su frágil y delgada dermis. Se ha señalado que las pérdidas poscosecha oscilan entre 18 y 30 % y se presentan también daños causados por el virus de la mancha anular de la papaya y la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*); esta última es la enfermedad poscosecha responsable de las mayores pérdidas de calidad (Flórez et al. 2009).

Desarrollar nuevas tecnologías resulta ser importante para incrementar la producción de papaya, así como el desarrollo de las nuevas variedades y estudio de su manejo agronómico, siendo de gran ayuda para el cuidado del medio ambiente, así como también reducir los costos de la producción. Maradol es el genotipo más demandado por el productor y consumidor esto por su alta productividad y calidad en el mercado (Aguilar et al. 2019).

El estado de desarrollo del fruto al momento de la cosecha determinará la calidad y el tiempo de almacenamiento, casi todos los frutos alcanzan la calidad comestible cuando maduran completamente en la planta, sin embargo, no son capaces de resistir el manejo postcosecha. Esta calidad comestible se conoce como la madurez de consumo o madurez gustativa, que es cuando el fruto alcanza sus mejores características organolépticas y es apropiado para consumo directo (Santamaría, 2012).

2.- JUSTIFICACIÓN

La importancia del fruto de papaya radica en su dinamismo para su comercialización y su importancia económica, motivo por el cual se sitúa entre las cinco frutas de mayor producción mundial, y la tercera fruta tropical de mayor consumo. La producción mundial en el año 2014 fue de 12.7 millones de toneladas, estimando un comercio internacional de 300,000 t, siendo México el principal exportador con el 39 %, mientras que los países con mayor importación fueron Estados Unidos (57 %), Singapur (8 %) y Canadá (6 %) (Granados et al. 2015).

La teoría evolutiva del cambio en agricultura incluye la innovación; esta se ha consolidado con el empleo de semillas mejoradas, fertilizantes, pesticidas químicos y procesos de mecanización. Es muy importante destacar que el desarrollo y las aplicaciones de nuevas tecnologías han sido de mucha ayuda en el mejoramiento de las condiciones de la agricultura, dando como resultado una elevada rentabilidad en el mercado nacional e internacional. Al hablar de innovación, debemos saber que no solo se trata de inventar, alterar el estado de muchas cosas, así como aplicaciones de nuevas ideas o conocimientos, también debemos considerar el beneficio social (Granados et al. 2015).

Esta investigación se desarrolló con el fin de demostrar a los productores locales, que el rendimiento y la calidad de la fruta empleando semillas certificadas de la variedad Maradol Original y Maracub, mejorarían el precio en el mercado nacional e internacional, ya que las técnicas que utilizan los productores en esta zona son ineficientes en calidad y rendimiento de la producción, lo que ocasiona que su demanda de productos sea muy baja.

3.- OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar el crecimiento, rendimiento y calidad de las variedades Maradol Original y Maracub, utilizando semillas certificadas de papaya (*Carica papaya L.*) bajo un sistema intensivo de manejo.

3.2 Objetivos específicos

- Evaluar indicadores del crecimiento de las variedades de papaya Maradol Original y Maracub.
- Estimar el rendimiento por hectárea de las variedades de papaya Maradol Original y Maracub.
- Evaluar indicadores de calidad en cada una de las variedades de papaya estudiadas.

4.- HIPÓTESIS

La papaya Maradol Original tiene mejor desempeño en sus indicadores de crecimiento, rendimiento y calidad; en comparación con la variedad Maracub, manejadas bajo un sistema de producción intensivo.

5.- MARCO TEÓRICO

5.1 Aspectos generales de la papaya

5.1.1 Origen y distribución

La papaya (*Carica papaya* L.) es una especie originaria de América Central que pertenece a las Caricáceas, una pequeña familia principalmente americana compuesta por seis géneros (Storey, 1969). La papaya pertenece al género *Carica*, de la cual es la única representante. Este frutal se desarrolla en casi todas las áreas tropicales del mundo. Los principales países productores de este cultivo son la India, Brasil y México. Para el año 2007, la producción mundial se estimó en cerca de nueve millones de toneladas métricas.

La papaya se obtiene de un árbol llamado papayo, siendo originario de zonas tropicales de México y Centroamérica. Se cultiva en terrenos ricos en materia orgánica y con abundante humedad. Este cultivo fue descrito por primera vez por el cronista español Oviedo, mismo que la descubrió en el año de 1526 en las costas de Panamá y Colombia. Inmediatamente fue cultivada y distribuida por todos los trópicos, auxiliada por la abundancia y viabilidad de la semilla (Villavicencio, 2011).

El cultivo de papaya se adapta a diversas latitudes, condiciones de clima y suelo, siendo la principal limitante de producción la temperatura. Las mayores plantaciones comerciales se ubican entre las latitudes 23° N y 23° S; sin embargo, su producción se ha extendido hasta las latitudes 32° N y 32° S, siempre y cuando se encuentren al nivel del mar (Nakasone y Paull, 1998). La altitud óptima para la producción de este frutal es de 0 a 600 m.s.n.m. para mantener frutos de buena calidad con alto contenido de azúcares (Benacchio, 1982).

El cultivo de papaya requiere unos 1,500 milímetros de precipitación anual, o bien la disponibilidad de agua suficiente para riego. No soporta inundaciones o agua

estancada y las plantaciones se deben ubicar en terrenos entre los 0 y 600 metros sobre el nivel del mar. El fruto varía mucho en tamaño, forma y calidad dependiendo de la variedad utilizada. Cuando madura se utiliza como postre, en refresco y jugos, cuando la fruta está verde, se utiliza en pasta y en conservas en almíbar (CESAVECOL, 2015).

5.1.2 Antecedentes del cultivo de papaya

En el año 1500 aproximadamente inició la historia de la dispersión de la papaya, cuando los españoles llevaron semillas a Panamá y República Dominicana. Fue en el siglo XIV, cuando marinos y portugueses la llevaron a Filipinas, Malasia y la India. En el año 1600 aproximadamente, estaban cultivando papayas en regiones cálidas de Sur y Centro América, Sur de México, las Antillas, Bahamas, Bermudas y Florida. En ese siglo la semilla de papaya fue transportada de la India a Nápoles, Italia (Salazar, 2015). Entre 1800 y 1820 llegó a Hawaii y fue llevada en 1900 a Florida y probablemente de las Bahamas; se introdujeron a México en 1978 las primeras semillas de la variedad maradol a través de la CONAFRUT, en Xalapa, Veracruz. Esta variedad de papaya es producto de la ciencia popular obtenida en Cuba por el fitomejorador autodidacta, Adolfo Rodríguez Rivera y su esposa María Luisa Nodals Ochoa entre los años de 1938 – 1956 (Salazar, 2015).

La papaya, como muchas otras especies de plantas que consumimos, surgió por un proceso de domesticación a partir de plantas silvestres, las cuales fueron modificándose de acuerdo a las preferencias de los humanos durante muchos años. Incluso se podría decir que la papaya que comemos es un “invento” humano. Se cree que los mayas fueron los responsables del inicio de la domesticación de la especie al comenzar su cultivo. Después de la Conquista española en el siglo XVI, la papaya empezó a ser transportada y comercializada a otras partes del mundo. Esto permitió que actualmente existan una gran cantidad de variedades de papaya con diferentes características de tamaño, sabor o color (Chávez, 2018).

5.1.3. La producción de papaya en México y en el mundo

En nuestro país la papaya se ha visto como una serie de frutas tropicales y subtropicales, en el extranjero ha tenido una gran aceptación, Estados Unidos, Europa y Japón principalmente. En los últimos cinco años la papaya ha sostenido un mayor crecimiento en las zonas costeras de México. Por ser una excelente fuente de vitamina C tiene un alto valor nutritivo, tiene un sabor agradable, alto contenido de fibra y folato (vitamina B) requerida para la producción de glóbulos rojos normales, además la papaya roja por ser rica en vitamina A, es un auxiliar para la digestión (Mariano, 2009). México cuenta con otras ventajas respecto al cultivo de papaya, siendo las condiciones climatológicas las más aceptables, es decir las más importantes para cualquier cultivo. En el mundo la producción de papaya presenta un importante incremento anual, en un periodo de cinco años pasando en el año 2004 de 8 722,657 t a 10 486,290 t en el año 2009, el volumen de producción se incrementó en un 20 %. India y Brasil han sido los principales países productores, en la producción mundial México ha ocupado entre el segundo y quinto lugar, y junto a Nigeria e Indonesia, constituyen los principales cinco países productores en el mundo. La producción de México ha sido similar a la de Nigeria e Indonesia en los últimos años 2007 a 2009, pero representa menos de la mitad de Brasil (Santamaría, 2012).

La fruta de la papaya ha adquirido relevancia en los últimos años debido a su buena calidad gustativa y a su alto valor nutricional. A pesar del creciente interés por este cultivo como una nueva alternativa para la exportación, el mercado internacional continúa siendo relativamente pequeño. En particular, en nuestro país, el área de siembra total no ha llegado a superar las 1000 hectáreas (SEPSA, 2003-2009). Lo anterior se debe en parte a la saturación del mercado local, así como a diversos problemas técnicos que presenta este cultivo (Bogantes et al. 2011).

5.1.4 Importancia económica del cultivo de papaya

En exportaciones, el principal país exportador ha sido México, el volumen de exportación está muy por arriba de Brasil y Belice los cuales han ocupado el segundo y tercer lugar, sin embargo, Brasil exporta con mejores precios que México, su precio ha sido superior a 1,000 USD por tonelada mientras que el precio de la papaya mexicana se sitúa en menos de 600 USD por tonelada (Santamaría, 2012).

El mercado consumidor de frutas de papaya de gran tamaño va creciendo de manera considerable. Un ejemplo de ello, lo constituye un crecimiento considerable de las ventas de este tipo de frutos en Europa y Canadá, así como, en los Estados Unidos de América, donde el consumo del cultivar “Maradol” representa cerca de 75 % del consumo de papaya. Por tanto, es importante la obtención de nuevos genotipos con resistencia y con las características comerciales exigidas por el mercado para la utilización en investigaciones y en el uso directo por los productores. Por estas razones, el empleo de híbridos o nuevas líneas de papaya pueden constituir una opción con mayores potencialidades para satisfacer la demanda de los consumidores del cultivo (Alonso et al. 2008).

La papaya es una de las frutas cultivadas más importante en zonas tropicales y subtropicales (Teixeira et al. 2007). Principalmente se cultiva por el interés de su fruto, no obstante, en ciertas regiones se consumen otros órganos como las hojas jóvenes, con fines culinarios y medicinales, o las raíces y semillas en medicina popular (Aravind et al. 2013). El fruto maduro se consume como fruta fresca o platos preparados como ensaladas, también, el fruto sin madurar se emplea a modo de verdura. Como ocurre con muchas frutas, la papaya se procesa para elaborar postres, zumos o mermeladas (Villegas, 1991). También el látex es de interés, especialmente para la industria, tanto farmacéutica, como textil (para suavizar fibras) cervecera o de alimentación (para ablandar carne), entre otras (Toribio, 1969), ya que contiene enzimas proteolíticas, denominadas papaínas (García, 2021).

En México, las principales plantaciones de papaya están ubicadas al suroriente del país en los estados de Oaxaca, Veracruz, Chiapas, Campeche y Yucatán hay se encuentran más del 60 % del total de papaya en México. La producción de papaya según el SIAP en el año 2016 registró a Oaxaca con 169 434 t producidas, Veracruz 100 467 t y Chiapas con una producción de 86 879 t, siguiéndole el estado de Colima con 65 121 t de papaya, que fueron las entidades con mayor producción con un 74 % de la producción nacional obteniendo un valor de producción de \$1 385 150 (Lira, 2017).

5.1.5 Variedades de papaya con importancia económica

La variedad maradol ha destacado en los últimos años por su sabor y valores nutrimentales muy atractivos para el consumidor además de tener mucha demanda en el mercado por sus excelentes cualidades y por la rentabilidad que el producto ofrece (Mariano, 2009). El híbrido “HGxMA” se destaca por presentar frutos de gran tamaño y buen peso. De acuerdo con Pereira et al. (2002), el tamaño del fruto depende de las exigencias del mercado consumidor. En América Latina hay una fuerte preferencia por la papaya de frutos grandes en los mercados domésticos (Ferraguetti, 2003), lo que coincide con las exigencias del mercado interno cubano. Según Manica (1996), los grandes mercados consumidores prefieren los frutos de formatos elongados y cilíndricos, con longitud de entre 32.7 cm y 38 cm por lo que este híbrido cumple con estas características, lo que indica que lo hace de mucha demanda económica en el mercado (Alonso et al. 2008).

Según Picos (2017), en las áreas cultivadas las variaciones encontradas entre los numerosos tipos de papaya son muy amplias. Las variedades cultivadas de mayor exportación de nuestro país son: Solo Sunrise. Es una variedad originaria de Hawaii. La floración inicia a los cuatro meses después del trasplante y a una altura de 1 a 1.50 metros. Produce frutos en forma de pera y globosos, dependiendo del sexo, la pulpa es de color rojo y los frutos pesan entre 250 y 500 gramos en promedio; los sólidos

solubles (azúcares) están en el orden de 13 a 14° Brix. La variedad puede producir plantas masculinas, femeninas y hermafroditas. Un problema con esta variedad es cuando se cultiva en áreas con temperaturas más bajas que las de Hawaii, manifiestan un grado intenso de carpeloidia y esterilidad femenina, siendo necesario hacer trabajos de adaptación (Guzmán, 1998; Jiménez, 2002).

Maradol. Esta variedad es de origen cubano. Por su tamaño se clasifica como semi enana, desarrolla un tronco grueso, exuberante follaje y entrenudos cortos. Descendencia compuesta por plantas hermafroditas para frutas alargadas y plantas femeninas para frutas redonda. Es una planta de porte bajo con floraciones y fructificaciones tempranas. Con buen manejo el primer corte se realiza 130 a 150 días después del trasplante. El color externo es amarillo naranja brillante y presenta un intenso color interior rojo salmón que la hace muy apreciable al consumidor. El fruto es esférico, periforme, ovalado y/o alargado. Su peso varia, de 1500 a 2000 gramos. Su pulpa es de color rojo zapote intenso. Tiene una concentración de 12 % Brix y sólidos solubles alrededor del 18 %. Esta variedad tiene la desventaja de ser muy susceptible al virus de la mancha anular de la papaya. Por su consistencia posee una larga vida de anaquel y resistencia al manejo post cosecha y transporte (Jiménez, 2002).

Tainung. Las plantas son vigorosas y pueden medir a primera cosecha entre 2.50 a 3 metros de altura, desarrollan un follaje exuberante, inician la floración a tres meses de plantada en campo, la distancia entre nudos es corta, su producción de fruta es baja y es insignificante la carpeloidía lo mismo que la esterilidad, es resistente al Virus de la Mancha Anular de la Papaya. Las frutas de plantas hermafroditas, tienen forma alargada, presentando un verde brillante en pre cosecha, el tamaño de la fruta varía poco, con un peso promedio de 900 gramos, el largo promedio es de 20 cm y el ancho de 12 cm en relación con su tamaño. La cavidad es pequeña, no estrellada con pulpa suave y gruesa, su color es anaranjado intenso con 12 % Brix. Su cáscara y consistencia permite larga vida de anaquel y resistencia en el transporte (Gil, 2005).

Sensation. Excelente calidad interna con pulpa roja de 4 cm de grosor y una dulzura que supera los 13 ° Brix. No tiene un olor fuerte sino muy agradable, similar a la hawaiana y tiene larga vida de anaquel y su comercialización puede ser tanto como fruta entera o como precortados. Las papayas tienen un peso de entre 0.40 y 1.2 kg (Lobo et al. 2012).

5.1.6 Historia de la variedad Maradol Original

El agricultor cubano Adolfo Rodríguez Rivera, después de 11 años de estudio y cruzamientos, obtuvo una fruta de sabor dulce y consistencia relativamente dura. Una vez que tenía una fruta de su agrado, coincidentemente viajó a la parte Oriente de la isla, donde estando esperando a un amigo, observó que descargaban papayas de un camión y le llamó la atención una fruta de tamaño mediano, por lo que solicitó se la vendieran. Debido a lo largo de su estancia, se vió obligado a comer la fruta, pero guardó de cualquier forma las semillas y las llevó a su casa donde las sembró. De ello obtuvo 300 plantas aproximadamente e inició el proceso de cruzamiento con las que ya había logrado. Como resultado obtuvo las variedades maradol roja y amarilla, sin embargo, la segunda no tenía la consistencia de la primera (Salazar, 2015).

La papaya maradol es una variedad de origen cubano. Por su tamaño se clasifica como semi-enana; desarrolla un tronco grueso, exuberante follaje y entrenudos cortos. Se caracteriza por presentar descendencia compuesta por plantas hermafroditas para frutas alargadas y plantas femeninas para frutas redondas. La semilla certificada presenta un 66 % de plantas hermafroditas y 33 % de plantas hembras. Es una planta de porte bajo con floraciones y fructificaciones tempranas. Con buen manejo el primer corte se realiza de 130 a 150 días después del trasplante y tiene la desventaja de ser muy susceptible al virus de la mancha anular de la papaya (VMAP), pero con manejo de productos de tecnología actualizada, de sistemas de inmunidad y de resistencia sistémica adquirida se puede convivir con el virus y disminuir su efecto total (Salazar, 2015).

5.1.7 Historia de la variedad Maracub

La papaya Maracub es un híbrido proveniente de la papaya Maradol Original, la cual presenta características similares a los híbridos HGxMR y HGxMA. Estas plantas son de porte medio (inferiores a los 200 cm de altura), y no presentan diferencias significativas con el cultivar “Maradol Roja”. De acuerdo con Pereira et al. 2002, la productividad de este cultivo está directamente influenciada por la altura de las plantas, ya que en las plantas muy altas se dificulta la cosecha de los frutos. Es por ello, que los trabajos de mejoramiento del papayo tienen como finalidad disminuir la altura de la planta, seleccionando los genotipos de menor porte, manteniendo su vigor (Marín et al. 2003).

El híbrido Maracub emite la primera flor a una altura similar a la del híbrido “HGxMA” y HGxMR”. No obstante, los valores obtenidos para dicho carácter se consideran bajos dentro de los parámetros de selección de genotipos de papaya. En este sentido se prefieren aquellos cultivares que inicien la primera flor a una menor altura (Dantas et al. 2002). Esta característica es considerada muy positiva, ya que con ello se facilita la recolección y se disminuyen los costos de mano de obra (Alonso et al. 2008).

5.1.8 Calidad de la semilla

Según Osuna (2008), la calidad de las semillas se refleja en sus características genéticas, físicas, fisiológicas y sanitarias que observamos en campo. La semilla se caracteriza por viable o inviable dependiendo los atributos que refleja, tales atributos como: variedad germinación, vigor, sanidad, pureza, entre otros. También señala que los riesgos de una semilla de mala calidad son muy conocidos, por ejemplo problemas con el stand del cultivo, con la distribución de las plantas, pues la compensación tiene límites y una planta de semilla de vigorosa produce más, recalcando también que la diferencia entre una semilla de mala y buena calidad es de entre un 10 a 15 % en cuanto a producción.

5.1.9 Calidad de los frutos

Según Flores (2009), la calidad de un producto se puede determinar cuando este cumple los parámetros de calidad mínimos establecidos, o es superior en uno o varios atributos que son valorados objetiva o subjetivamente. En términos del servicio o satisfacción que produce a los consumidores, también se podría definirla como el grado de cumplimiento de un número de condiciones que determinan su aceptación por parte del consumidor.

La calidad de las frutas, en su sentido más amplio, puede ser considerada como un compendio de calidades donde se incluyen la calidad organoléptica, microbiológica, nutritiva y comercial. Se puede definir como el conjunto de propiedades de las frutas, que satisface las exigencias del consumidor. La calidad organoléptica, se refiere a contenido en zumo, aroma, índice de madurez, tamaño, textura, color, etc. La calidad microbiológica, se refiere, a la ausencia tanto interna como externa de hongos, bacterias y virus. La calidad nutritiva, es el equilibrio de azúcares y ácidos del contenido de vitamina C, la ausencia de semillas, cantidad de proteínas, etc. La calidad comercial, está basada en la producción, confección, conservación, transporte y distribución; es decir, todas aquellas operaciones realizadas con los frutos durante los procesos mencionados (Grau, 2014).

La importancia de cada uno de los factores de calidad depende del producto (fresco o procesado y su uso. Los factores relacionados con la apariencia son los atributos de calidad más juzgados por los consumidores a la hora de comprar productos frescos (Kader, 2000). El tamaño, color y forma apropiados también son criterios importantes de calidad. Un color y olor característico es deseable ya que indica el estado de madurez del fruto y refleja calidad. Generalmente, a los productos de mayor tamaño se les asigna el precio máximo. Las cicatrices, rasguños y otras marcas disminuyen la preferencia del consumidor en términos de calidad (Bruhn, 2007). El control de calidad comienza en el campo con la selección del momento adecuado de recolección para

maximizar la calidad del producto. El sabor mínimo aceptable para las frutas es determinado mediante la relación entre el contenido en sólidos solubles y la acidez titulable (Grau, 2014).

5.2 Taxonomía y morfología de la papaya

Cuadro 1. Descripción taxonómica de la papaya

Reino	Vegetal
Subreino	Embroyonta
Clase	Magnoliophyta
Subclase	Dillenidae
2º Grupo evolutivo	Diapetala
Orden	Parietales
Familia	Caricaceae
Genero	Carica
Especie	<i>Papaya</i>

(Adaptado de Jiménez, 2002).

El papayo es una planta herbácea, de rápido crecimiento, con tallo recto, erecto y cilíndrico que puede alcanzar una altura de 9 m; el tallo es coronado por un grupo denso de hojas grandes, palmatilobadas. Generalmente es un tallo único, aunque puede ramificar cuando se elimina el punto apical o cuando las plantas llegan a la vejez. El tronco está compuesto de un tejido más carnoso que leñoso, una de las manifestaciones son las cicatrices que van dejando los pecíolos al desprenderse. Los pecíolos de las hojas maduras se extienden horizontalmente desde el tallo principal hasta alcanzar una longitud aproximada de entre 45 y 75 cm, dependiendo del cultivar (De los Santos et al. 1997; Nakasone y Paull, 1998).

5.2.1 Raíz

El sistema de raíces de la papaya consta de pocas ramificaciones relativamente gruesas, las mismas que en su extremo están provistas de numerosas raicillas; son muy superficiales, lo que condiciona el laboreo del terreno (CONAFRUT, 1998). El sistema radicular es superficial y las raíces suaves, carnosas, succulentas, fáciles de dañar y sin tolerancias a excesos de humedad, aún por períodos cortos (Facho, 2004).

5.2.2 Tallo

La papaya tiene un tallo hueco, erecto y hojas grandes en corona, estas tienen un color verdoso, son anchas, palmeadas y lobuladas. Los peciolos de las hojas tienen una longitud que va de 70 a 90 cm.

5.2.3 Flores

Las flores emergen de las axilas de las hojas; nacen agrupadas en una inflorescencia cimosa modificada. El tipo de flor depende del sexo de la planta; hermafroditas o unisexuales de flores masculinas. La especie *Carica papaya* L. exhibe 3 formas sexuales primarias; plantas ginoicas, que producen flores exclusivamente femeninas; plantas androicas con flores exclusivamente masculinas y plantas andromonoicas, que contienen flores hermafroditas y femeninas en la misma inflorescencia (Facho, 2004).

5.2.4 Fruto

El fruto de la papaya es de forma ovoide. Posee una cavidad céntrica donde contiene las semillas. La pulpa es de color amarillo anaranjado o rojizo dependiendo cada variedad, apetitoso y aromática. El látex de la fruta inmadura posee una enzima, la papaína (Crecencio, 2016).

5.3 Etapas fenológicas del cultivo de papaya

Según Bogantes et al. (2011), en términos generales, el cultivo de papaya se puede dividir en las siguientes etapas:

1. Etapa vegetativa; de los 0 hasta los 2 ½ – 3 ½ meses.
2. Inicio de floración; hasta inicio de cosecha de los 2 1/2 – 3 ½ meses.
3. Cosecha; continua de los 8 o 9 hasta los 18 o 20 meses

5.4 Tipo de suelo

Este cultivo se adapta a diferentes tipos de suelo; su principal requerimiento es un buen drenaje, ya sea superficial y/o interno, para evitar encharcamientos mayores de 48 horas que podrían causar daños a la raíz, así como la muerte de la planta. Los mejores suelos para producir papaya son los de textura media, con un contenido de arcilla entre 10 y 30 %, profundidad mayor a 80 cm y pH entre 5.6 y 7.0. En suelos con pH menor a 5.6 es recomendable encalar, sobre todo si el porcentaje de saturación de aluminio es mayor al 15 % (De los Santos et al. 1997). Es posible cultivar en suelos con pH de hasta 8.0 siempre y cuando se utilicen acidificantes o fórmulas de fertilizantes de tipo ácido durante los riegos, para ayudar a regular el pH del suelo. De acuerdo con Benacchio (1982), el papayo es poco tolerante a la salinidad.

5.4.1 Clima

La temperatura promedio óptima para el cultivo de papaya se ubica entre 21 y 33 °C, con un óptimo para la fotosíntesis entre 25 y 30 °C. Este frutal es muy sensible a las temperaturas bajas, en especial las variedades con alto porcentaje de flores hermafroditas, ya que temperaturas menores a 17 °C durante la floración inducen a que los estambres de las flores se fusionen con los carpelos del ovario, provocando frutos deformes (carpeloides), sin valor comercial. Otros efectos de las temperaturas bajas son: a 15 °C se detiene el crecimiento de las plantas; a 0 °C se pueden presentar

daños al follaje; a -2 °C los frutos se dañan considerablemente y a - 4 °C la planta muere (Benacchio, 1982; De los Santos et al. 1997; Nakasone y Paull, 1998).

Para mejorar la efectividad del cultivo de papaya es preferible áreas soleadas ya que es un cultivo de zona tropical. Algunos autores (Nakasone y Paul, 1998), reportan que este cultivo crece mejor con cantidades de radiación fotosintéticas entre 1000 a 1650 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Jeyakumar et al. 2007). Cuando el papayo se encuentra en zona sobrada o que no recibe sus horas luz necesarias, la planta reduce su crecimiento, presenta menor área foliar, produce poco fruto, baja su densidad estomática e incrementa la longitud de entrenudos y peciolo.

Los árboles de papaya por su sistema radicular y estructura foliar son delicados y requieren protección de los vientos mayores de 64 km/h , ya que pueden afectar las plantas, al provocar mayor evaporación del agua del suelo y una transpiración intensa que les causa estrés hídrico. De hecho, vientos mayores a 120 km/h pueden quebrar plantas o tumbarlas completamente, provocando abscisión de flores y frutos, así como la disminución de los sólidos solubles de los frutos maduros (De los Santos et al, 1997; Nakasone y Paul, 1998).

5.5 Manejo del cultivo

5.5.1 Obtención de plántulas

La semilla de papaya Maradol Original y Maracub las cuales nos indican que su porcentaje de sexo es 66 % hermafrodita y 33 % femeninas, en cuanto a flores masculinas se presenta de manera esporádica, esto con la finalidad de tener una mejor genética a la comúnmente utilizada. El sexo influye en el tipo de planta. La temperatura y la humedad del suelo provocan la manifestación de muchas formas de transición que también se expresan en esterilidad femenina y fusión de estambres al ovario, o mejor conocida como carpeloidia (cara de gato) en plantas hermafroditas (Jiménez, 2002).

5.5.2 Poda de brotes y hojas

Según la literatura, las podas deben realizarse de forma manual y frecuente para evitar que las ramas o chupones no deseados crezcan. Estos brotes aparecen por encima del nódulo de ramas que está sobre el fruto. Por otra parte, es necesario eliminar las hojas secas para evitar daños a la fruta o que sirvan como hospedero de plagas u hongos que causen enfermedades. De igual manera las hojas que están muy cerca del suelo o que ya no alcanzan a captar rayos del sol y que solo servirán para expandir plagas y evitar la filtración de aire por la huerta, modificando la temperatura en la plantación. Además, es importante resaltar que llevar a cabo un buen programa de podas ayudara en la plantación, tanto en la temperatura relativa como en la sanidad y control de plagas y enfermedades (Jiménez, 2002).

De acuerdo con Hoyos y Salazar (2015), la poda temprana en el cultivo papaya Tainung tuvo un efecto positivo en parámetros productivos, como la altura de la planta, la aparición de botones floral temprano (precocidad) y en el número de flores. Asimismo, estos autores resaltan que la poda aumenta la altura de la planta siendo una desventaja al momento de la cosecha.

5.5.3 Fertilización

La materia orgánica es una buena alternativa para la fertilización del cultivo de papaya, ya que responde satisfactoriamente a los abonos verdes, estiércol y composta. Sin embargo, el cultivo exige muchos nutrientes durante su desarrollo por lo que es necesario complementar con fertilizantes minerales para que este exprese su potencial productivo.

En cuanto a los macro elementos, los que mayor demanda el cultivo del papayo son potasio (K) y nitrógeno (N), seguidos por calcio (Ca), fósforo (P), azufre (S) y magnesio (Mg). Respecto a los micro-elementos, los principales son hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn) y boro (B). Específicamente, el nitrógeno es un elemento importante

debido a que por lo general los suelos tienden a carecer más de este elemento que de cualquier otro, además la reducción severa en el suministro de N bloquea los procesos de crecimiento y producción en las plantas, ya que está presente en la mayor parte de los compuestos de las plantas, incluidos los aminoácidos, ácidos nucleicos, enzimas, clorofila, adenosín difosfato, adenosín trifosfato y otros compuestos. La deficiencia de N ocasiona que la planta exprese características como clorosis o tono amarillo de hojas adultas y en casos más severos se presentan daños en gran parte de las hojas (Vázquez et al. 2010).

El fósforo es otro de los elementos esenciales ya que sus compuestos participan en muchos de los procesos fisiológicos de la planta, tales como la fotosíntesis, respiración y otros procesos metabólicos. Este elemento está presente en ácidos nucleicos (ARN y ADN) y en las moléculas adenosín difosfato, adenosín trifosfato, que son esenciales en el metabolismo energético de las plantas. Por otra parte, la principal función del potasio en las plantas es activar enzimas que son esenciales en la fotosíntesis y la respiración, además que activa enzimas necesarias para formar azúcares y proteínas. También participa en la regulación del potencial osmótico de las células y en la presión de turgencia, especialmente bajo condiciones de estrés por sequía. Los microelementos también cumplen un papel importante en desarrollo y rendimiento de la planta, particularmente en la altura y ramificación de plantas, el diámetro de tallo, producción de hojas y frutos, así como en el peso y rendimiento de frutos (Vázquez et al. 2010).

5.5.4 La conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) de una solución se puede definir como la capacidad de transmisión de la corriente eléctrica por la misma. Suele expresarse en miliSiemens/cm (mS/cm), y está relacionada con la concentración de sales disueltas. Por ello se utiliza como lectura indirecta de la concentración de fertilizantes. Sin embargo, la CE es función de muchos otros parámetros que pueden desvirtuar la

correlación con la proporción, como el voltaje aplicado, la viscosidad del medio, temperatura, pH y tipo de iones y su concentración.

El voltaje aplicado depende del instrumento de medida, y es por tanto controlable. Trabajando con soluciones muy diluidas en agua, puede considerarse la viscosidad muy similar a la del agua, y existen actualmente sondas con compensación de temperatura que ofrecen la lectura equivalente a 25 ° C. El pH enmascara totalmente la lectura en medios relativamente ácidos; valores de pH inferiores a 5.5 elevan la conductividad a valores muy altos y no es factible la corrección de estas lecturas. Esta circunstancia desvirtúa el control por conductividad en soluciones a pH bajo, por lo que deberá ser tenido en cuenta cuando se desee trabajar con soluciones tan ácidas, poco comunes en la práctica agrícola (Martínez, 2004).

5.6 Plagas más comunes

El concepto de plaga se refiere a cualquier organismo, bacteria u hongo que sea capaz de causar un daño al cultivo sin importar que tan grave sea el daño. Este término ha ido evolucionando con el tiempo ya que anteriormente el concepto plaga se relacionaba únicamente con los insectos, pero conforme pasa el tiempo este tema ha sido cada vez más preocupante por lo que se ha estudiado de manera más concreta y se ha llegado a la conclusión de que cualquier organismo que sea capaz de perjudicar el cultivo se puede clasificar como una plaga (Pérez, 2004).

Entre las plagas más importantes se encuentran los áfidos, ya que estos tienen relación con la transmisión de virus, los ácaros por su desbastador daño a las hojas y la deformación de los frutos y las moscas por su relación con plagas epidémicas, que afectan a muchos cultivos frutales, por lo que los procesos de desafección son complicados. Sin embargo, estas últimas podrían infectar frutos solamente cuando la fruta presenta un cambio de color de un 25 %. Por lo tanto, la prevención implica una programación adecuada de la cosecha (Jiménez, 2002).

5.6.1 Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)

Es un insecto muy pequeño de color blanco y con dos pares de alas; los adultos son muy activos y vuelan rápidamente, las ninfas son translúcidas y permanecen pegadas a las hojas. Al alimentarse succionan la savia, causando distorsiones en el desarrollo de la planta.

5.6.2 Ácaros (*Tetranychus urticae*)

Los ácaros figuran entre las plagas más serias de la papaya, son muy pequeños y difíciles de observar a simple vista, hasta que son abundantes y el daño más es visible. Dañan parte de las plantas chupando el jugo de los tejidos. Provocan la caída prematura de hojas, reducen el vigor del árbol y causan imperfecciones externas sobre la superficie de la fruta. A menudo ocasionan el manchado con látex de las frutas verdes. Algunos son estacionarios (en verano), mientras que otros están presentes todo el año en grandes cantidades. Tres especies de ácaros tipo araña se alimentan de las hojas maduras: el ácaro cítrico rojo, el de Texas y el acaro carnesí.

Para el control de ácaros se debe aplicar productos como malathion® (30cm³ + azufre (15 cm³) en 20 litros de agua. Los ácaros anchos dañan severamente a las plantas jóvenes, se alimentan de la superficie interior de las hojas tiernas, causando su atrofia y distorsión. Son de color cremoso o blanco. Su control se realiza con aplicaciones de azufre en 20 cm³ en 20 litros de agua.

Una de las principales plagas de la papaya es el acaro rojo y negro los cuales causan cicatrización de la superficie de las frutas y las vuelven no comerciables. El color del cuerpo varía entre rojo y rojo con manchas de pigmentación negra. Se encuentran en las hojas más bajas que están unidas al tallo. Mientras aumenta la población gradualmente, se alimentan hacia arriba y hacia afuera sobre el peciolo de la hoja y la fruta (Calderón y Cepeda, 1996).

5.6.3 Lorito verde o salta hojas (*Empoasca sp*)

En los últimos años, loritos verdes o salta hojas *Empoasca sp*, han incrementado su presencia en los cultivos de papaya, se ha relacionado este insecto con la transmisión de un virus que produce la melanosis del papayo. Son insectos chupadores de 3 a 4 mm, color verde translúcido que viven en el envés de las hojas y se sitúan generalmente cerca de las nervaduras centrales de las hojas nuevas para chupar la savia. El daño que produce principalmente es son áreas amarillentas en las hojas. Los ataques intensos producen entorchamientos y acartonamiento que posteriormente tornan las hojas de un color marrón bronceado. Para el control químico se puede aplicar productos sistémicos como el triclorfon® o dimetoato®, en dosis de 30 a 50 cc por bomba de 20 litros de agua. Se aplican, sobre el envés de las hojas y los sitios en donde se observen los insectos (Acosta y León, 2003).

5.6.4 Nematodos

Se ha identificado a *Meloydogine incógnita* como la causa principal de los problemas relacionados con nematodos en suelos húmedos y arenosos. Los síntomas son amarillamiento y marchitamiento progresivo de la planta hasta ocasionar la muerte. Las raíces presentan agallas o nudos en forma rosarios. Hay destrucción de raíces finas. También se ha identificado a los nematodos *Pratylenchus sp.* y *Potylenchulus reniformis* como enemigos de las raíces de la papaya. La fumigación al suelo con methan sodio (vapam) es el único control. Esta fumigación es probablemente el mejor curso de acción y debe aplicarse 15 días antes de la siembra y como último paso de preparación de suelos; esto consiste en hacer una solución de 7 u 8 gramos por litro de agua y en aplicar por cada m³ de suelo sobre los lomillos por sembrar. (Jiménez, 2002).

5.6.5 Caracol africano (*Achatina fulica*)

El caracol terrestre se encuentra en muchas regiones del mundo. Entre sus principales características se encuentra que son hermafroditas, posee ojos en sus tentáculos, actúan mayormente en la noche y su época de vida ideal es en los periodos de lluvia debido a la humedad, ya que en los periodos secos tienden a cambiar de fase. Es un molusco protegido por una concha espiral y su locomoción es ventral. El medio ideal para su desarrollo son los suelos calizos y con humedad. Sus actividades vitales y reproductivas están relacionadas con el fotoperiodo y evitan los fuertes vientos porque estos lo deshidratan (Fontanillas, 1989).

Estos moluscos poseen cabeza con tentáculos (en dos de ellos se encuentran los ojos) y un pie que les permite deslizarse. Cuando se traslada de un lado a otro deja visible su rastro debido a la baba que produce su cuerpo para facilitar el movimiento. Para alimentarse, impregnan con su secreción el tejido vegetal, lo presionan con la mandíbula y lo frotan con sus "dientes" causando perforaciones. Para el control de esta plaga se encuentra en el mercado una gran variedad de compuestos químicos, siendo el cobre uno de los activos más utilizados. Estos productos generalmente se recomienda aplicarlos directamente en el suelo, evitando que se mojen. El resultado es que desintegra el organismo del molusco por completo, dejando solo el cascarón. Son muy comunes las formulaciones con metaldehído, se utiliza granulado y no necesita mayor esfuerzo, debido a su poder atrayente, basta con administrar una pequeña cantidad cerca de la planta y los caracoles se encargan de salir y comer el producto, lo que les provoca muerte (García, 2014).

5.6.6 Araña roja (*Tetranychus spp*)

Son ácaros de la familia Tetranychidae, ponen huevos globulares individuales, generalmente en el envés de las hojas, en el ángulo de la vena o dentro de las yemas fijados por un hilo de seda. Estos insectos eclosionan en 3 o 5 días, pasando por tres etapas de crecimiento, que terminan entre los 5 a 10 días; se alimentan del haz y del

envés de las hojas. Los adultos miden entre 0.5 a 0.7 milímetros, llegan a su madurez sexual entre los 9 y los 21 días, en los primeros estadios de desarrollo, se dispersan generalmente por el viento. El daño es causado al succionar la savia de las plantas, el cual se agrava en condiciones de sequía prolongada, donde las manchas amarillas se extienden por toda la hoja, provocando así su caída. (CESAVECOL, 2015).

5.6.7 Mosca de la fruta (*Toxotrypana curvicauda*. GERST.)

Es un insecto que ataca solo a la papaya. La hembra oviposita huevos blancos y elongados, que son colocados en grupos de 10 o algunas veces más, entre las semillas del fruto tierno. Los huevecillos eclosionan a los 12 días y las larvas son ápodas, (sin patas) de color blanco o amarillo pálido, se alimentan del mucílago de las semillas y del tejido placentario dentro de la fruta inmadura; ésta es la fase destructiva de esta plaga al fruto de papayo. Generalmente la fruta cae y se pudre en el suelo; alrededor de los 15 o 16 días con un tamaño de 30 milímetros como máximo. La larva sale del fruto podrido y se entierra para pupar, el capullo es color café claro de 8 a 9 milímetros de largo dentro del cual se desarrolla la mosca adulta que sale después de 14 a 21 días. La hembra mide alrededor de 25 milímetros, es de color amarillento y se asemeja mucho a una avispa. La mosca adulta posee un ovipositor largo y curvado que le permite atravesar la pulpa de la fruta y colocar los huevos en la cavidad central, cuando realiza la oviposición provoca el exudado de látex. Las frutas pequeñas de 5 a 8 centímetros son las preferidas. Este insecto puede llegar a convertirse en una plaga de importancia económica cuando muchos de los frutos infestados caen perdiéndose gran parte de la cosecha (CESAVECOL, 2015).

5.7 Enfermedades

5.7.1 Mancha anular de la papaya (PRV)

Maruchi et al. (2015), mencionan que la mancha anular de la papaya es una enfermedad endémica causada por un virus. Se encuentra distribuida en las zonas

productoras de papaya en la zona costera de Ecuador, en donde se ha reducido drásticamente las áreas sembradas por causa de esta enfermedad.

Debido al uso de variedades susceptibles y prácticas de manejo inadecuadas, se presentan factores favorables para la alta incidencia y severidad del virus, el cual causa pérdidas en el rendimiento, calidad y en el ciclo productivo del cultivo, lo cual ha llevado al cultivo de papaya a ser considerado como un cultivo transitorio en varias zonas de producción (Santillán, 2021).

Los síntomas que manifiestan las plantas infestadas son: decoloraciones o amarillamiento de las hojas y las nervaduras. Se pueden observar con diferentes intensidades de color en forma de mosaico. En las hojas se presentan deformaciones, alargamientos, y reducción de su tamaño (Rodríguez, 2022).

5.7.2 Pudrición del pie (*Phytophthora palmivora*)

Esta enfermedad es causada por hongos perteneciente a la Clase Oomycetes. El organismo causa una enfermedad limitante para la producción. Los ataques severos de esta enfermedad ocasionan daños que llegan a afectar a las plantaciones hasta el 40 %. Se han reportado las especies *P. cinnamomi* y *P. parasitica*. También se ha indicado que en esta pudrición pueden intervenir otros patógenos como *Pythium sp.*, *Rhizoctonia sp.*, y *Fusarium sp.*, lo cual agrava más la situación para efecto de manejo de la enfermedad.

En condiciones favorables con alta humedad en el suelo el hongo se desarrolla rápidamente. Las plantas jóvenes de 30 días de edad manifiestan la enfermedad a solo 7 días de la infección. El hongo induce en la planta una pudrición del pivote central que asciende hasta el nivel del suelo; además, se pueden observar manchas oscuras alrededor de la base del tallo, los tejidos centrales se van desintegrando y manifiestan un olor desagradable. La cavidad del tallo se amplía y va en aumento progresivamente hasta ocasionar la caída y muerte de la planta. En condiciones de alta humedad, el

hongo puede llegar a atacar seriamente el follaje, en estos casos se presenta un "derrite" en las hojas, fácilmente reconocible. Sin embargo, no es lo más frecuente, es más factible que la alta humedad relativa permita a este hongo atacar los frutos más bajos, en ellos se manifiestan manchas circulares recubiertas de una mota blanca (micelio) (CESAVECOL, 2015).

5.7.3 Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.)

Esta enfermedad es causada por hongos del género *Colletotrichum*, además de esta especie existen otras como *Colletotrichum acutatum*, *C. demtium* y *Gloeosporium sp.* Todos estos capaces de causar antracnosis. Los síntomas de la enfermedad en el cultivo son variados dependiendo del patógeno que causa la enfermedad.

Algunos de los síntomas que se han observado sobre los frutos pueden agruparse de la siguiente manera:

- a) Exudado gomoso y pequeñas manchas de 1 cm de diámetro, rojizos y aspecto seco, posteriormente tienden a hundirse en los bordes, y abarcan grandes áreas del fruto
- b) Se ha visto como algunas toman color café generalizado, mientras que otras solo se oscurecen en el centro de la lesión de color café o negro
- c) La lesión puede penetrar mucho en la parte central, presentan mayor cantidad de lesiones poco definidas, además puede darse el caso que no penetren y solo se mantengan a nivel de la epidermis
- d) Una variación es la denominada "chorreadas", que son lesiones que corren a todo lo largo del fruto, de color café y aspecto acuoso, con muchos acérvulos en forma de "costras".

5.8 Manejo poscosecha

5.8.1 Condiciones de almacenamiento

La papaya debe almacenarse refrigerada para alargar su vida de comercialización, transporte y consumo. Esta fruta es susceptible al daño por enfriamiento por lo cual no debe almacenarse a menos de 7 °C. Asimismo puede conservarse de 1-3 semanas a

7° - 13 °C y 85- 90 % de humedad relativa dependiendo del grado de maduración. La fruta 100 % madura es más resistente al frío que la parcialmente madura. La temperatura para maduración organoléptica es de 21-27 °C (Crescencio, 2016).

5.9 Características fisicoquímicas

5.9.1 Físicas

5.9.1.1 Peso y crecimiento de la fruta

El peso promedio de alrededor de 1.5 a 2.6 kg, especialmente en frutas hermafroditas, (Mariano, 2009). El crecimiento del fruto se desarrolla en dos grandes fases: 1) la postantésis, que dura alrededor de 80 días, que se caracteriza por un gran incremento de peso seco, justo antes del inicio de la etapa de madurez, y 2) la fase de maduración fisiológica, en la cual se presenta un cambio gradual de color de la pulpa, de blanca a rosada, amarilla o salmón, dependiendo del tipo de cultivar. En esta fase la acumulación de almidones disminuye de 0.4 a 0.1 %, y a partir de los 110 días de la antesis se incrementa en forma gradual el contenido de sólidos solubles totales de la pulpa. El proceso de crecimiento total de los frutos puede tardar entre 150 y 164 días (Vázquez, 2010).

5.9.1.2 Pérdida de peso

El agua que pierden las frutas durante el almacenamiento y pos cosecha es irrecuperable y afecta la calidad del producto, por esta razón se aplican técnicas para una buena conservación, se recomiendan humedades relativas del 85 al 95 %. Es recomendable regular la humedad relativa de diferentes maneras, por ejemplo, adicionando agua al aire con ayuda de humidificadores por aspersión, regulando el movimiento del aire en la cámara de almacenamiento, minimizando las diferencias de temperatura existentes entre el aire y el refrigerante, mojando el piso de la cámara de almacenamiento, colocando recipientes con agua en el almacén, evitando el ingreso

de aire caliente para que no modifique la humedad relativa, entre otros (Vásquez, 2010).

5.9.1.3 Firmeza

Uno de los principales indicadores en la evaluación de la calidad de los frutos es la firmeza. El cambio de la firmeza es provocado por el rompimiento de los polisacáridos durante la maduración, esto ocasiona la debilidad de las paredes celulares provocando así el ablandamiento de la fruta. Este indicador se mide mediante N o kg, y va disminuyendo conforme el fruto va madurando hasta llegar a su punto final; es decir, cuando la fruta ya no es aceptable para el consumo (Pontigo et al. 2015).

5.9.1.4 Color de la cáscara y pulpa de los frutos

El color, en algunas frutas, está relacionado con el contenido de carotenoides, que determina la calidad nutritiva, siendo un atributo importante en la percepción del consumidor. Este carácter es de suma importancia e influye en la aceptación de frutos en los diferentes mercados nacionales e internacionales, ya que tiende a existir mayor preferencia del consumidor por frutos de pulpa anaranjada oscura. Sin embargo, numerosos cultivares de pulpa amarilla tales como Maradol Amarilla y HG/MA de origen cubano, Amarilla Mexicana, Melona Amarilla, Tainung entre otras, gozan de gran aceptación en el mercado nacional e internacional (Rodríguez, 2014).

En papayas Hawaianas de pulpa roja, Yamamoto (1964), mostró que los frutos de color rojo acumulan licopeno, que representa 63 % del contenido total de carotenoides. Por otra parte, los frutos amarillos deben su color a una acumulación de β -caroteno y β -criptoxantina, que representa 75 % del contenido total de carotenoides. Para determinar el color de pulpa que tendrán los frutos de una determinada variedad por métodos fenotípicos, se requiere esperar a que la planta produzca sus primeros frutos (Vásquez, 2016).

5.9.2 Químicas

5.9.2.1 pH

En relación con el pH, en la evaluación de diferentes genotipos de papaya se obtuvieron promedios de alrededor de 5.22 y 5.64, los cuales fueron similares a la Maradol roja. La papaya Maradol es significativamente superior al pH de la de la papaya silvestre (4.9), No obstante, los valores mostrados son buenos y se encuentran en el rango de 4.5 y 6.0, que son adecuados para frutos de Carica, notables por su bajo contenido de ácidos en la porción comestible (Rodríguez, 2014).

5.9.2.2 AT

El incremento del ácido málico (AT) puede ser una característica de los frutos de papaya o posiblemente por la acción de bacterias lácticas u hongos. A diferencia del comportamiento respecto al incremento o disminución del ácido málico en otros frutos como el mango que se reducen, ya que son utilizados como sustrato en la actividad respiratoria de los frutos durante su almacenamiento (Acosta et al. 2001).

5.9.2.3 SST

El parámetro de sólido solubles totales es un indicador de consumo de la fruta, el cual se ha reportado que alcanza su madurez consumo a los 7 y 10 días de almacenamiento por lo que después de los 13 y 14 días, el fruto entra en un proceso de senescencia en el cual disminuyen el contenido de azúcares, el cual se debe al proceso de hidrólisis de los polisacáridos (Acosta et al. 2001).

6.- MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Descripción del área de estudio

El presente estudio se realizó en la parcela “Miranda 2” (Figura 1) de la empresa Big Bang S.A de C.V, ubicada en la localidad Cerro de la Esperanza perteneciente al Municipio Santiago Pinotepa Nacional en la Costa de Oaxaca, México. Sus coordenadas geográficas son: 16°13'.014” Latitud Norte y 097° 59'. 146” Longitud Oeste, a una altitud de 24 m.s.n.m.

La región presenta un clima Aw¹ (Cálido subhúmedo con lluvias en verano) y una temperatura promedio anual de 33 °C y precipitación media anual de 1, 048 mm (García, 2004).



Figura 1. Localización del área de estudio

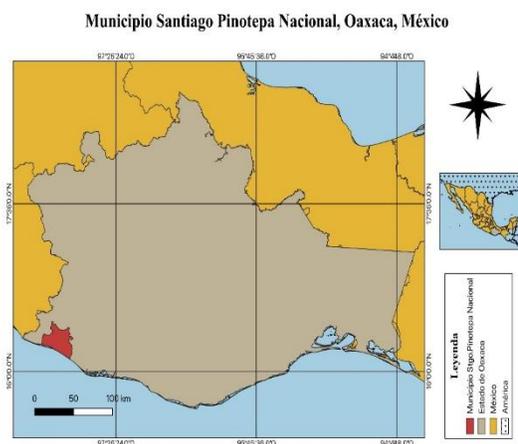


Figura 2. Macrolocalización del municipio de Santiago Pinotepa Nacional Oax.

6.2 Material experimental

El material que se utilizó para la obtención de la plántula se adquirió de semilla certificada de las variedades Maradol Original y Maracub exportada de Cuba.

Primeramente, se establecieron las semillas en charolas para su germinación y así obtener la plántula.

6.2.1 Descripción de los tratamientos

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos y número de plantas

Tratamiento	Genotipos	Repeticiones
T1	Maradol original	5
T2	Maracub	5

Para las variables de crecimiento y rendimiento se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos y cinco repeticiones. Para el caso de la variable calidad, se empleó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 6; donde el Factor 1 fue la variedad (Maradol Original vs Maracub) y el Factor 2 fueron seis estados de madurez (0, 3, 6, 9, 12, 15 días).

6.3 Variables evaluadas

Las variables evaluadas en el estudio se describen a continuación:

6.3.1 Crecimiento

Número de hojas adultas. Se contaron todas las hojas adultas de las plantas seleccionadas.

Número de hojas jóvenes. Se contaron todas las hojas jóvenes de las plantas seleccionadas.

Número de brotes. Se contaron el número de brotes en cada planta.

Altura de la planta. Se midió a nivel del suelo hasta la punta de la planta usando un flexómetro.

Altura de inserción de primer fruto. Se midió a nivel del suelo hasta el primer fruto usando un flexómetro.

6.3.2 Rendimiento:

Número de frutos buenos. Se contabilizaron cada uno de los frutos buenos obtenidos de cada planta.

Número de frutos dañados. Se contabilizaron todos los frutos dañados, deformes y afectados por plagas y enfermedades.

Peso promedio de frutos. Se seleccionaron tres frutos de cada tamaño (grandes, medianos y chicos) por variedad en la primera corta hasta la tercera cosecha y se pesaron usando una báscula electrónica (STAY ELIT ®) con capacidad para 40 kg.

Número de toneladas por hectárea. Se determinó por hectárea, considerando los valores promedio del peso del fruto, el número de frutos por planta y la densidad de población por hectárea.

Número de flores buenas. Se contabilizaron cada una de las flores buenas de la planta.

Número de flores dañadas. Se contabilizaron todas las flores dañadas o afectadas por plagas y enfermedades.

Número de flores cornetas. Se contabilizaron todas las flores cornetas (carpelodías).

6.3.3 Calidad

Se evaluaron los siguientes parámetros físicos y químicos:

Firmeza exterior de la fruta: se evaluó usando un penetrómetro digital. La firmeza se tomó con un (dinamómetro) modelo SF-500 FORCE GAUGE de empuje tracción. Se perforaron 12 puntos de cada una de las frutas y se tomaron tres frutas para cada variedad.

Color de cascará. Se determinó usando un colorímetro portátil marca VTSYIQI 8 mm CIELAB CIELCH MODO VISUALIZADOR, considerando tres papayas para cada

variedad los datos se registraron por encima de la cáscara tomando 12 puntos alrededor de la fruta y sacar un promedio.

Color de pulpa. Se partieron cada una de las papayas por la mitad, considerando cuatro puntos distintos a lo largo de la fruta para sacar un promedio, usando un colorímetro digital marca VTSYIQI 8 mm CIELAB CIELCH MODO VISUALIZADOR.

Vida de anaquel del fruto. Se pesaron diariamente dos frutas por cada variedad durante 15 días, registrando la pérdida de peso. Este indicador nos sirvió para sacar el peso promedio de cada uno de las frutas.

Parámetros químicos

pH. Se midió usando un potenciómetro de la marca PH PHS-3C , utilizamos una licuadora Oster para licuar la pulpa de la papaya de cada una de las variedades y en unos recipientes vaciamos las muestras para tomarles lectura. Necesitamos tres muestras de cada una de las variedades para posteriormente hacer el promedio general tanto en la variedad Maracub como la Maradol Original.

Acidez titulable. Se utilizó una bureta de titulación, reactivo NaOH 1N, 1 lt agua pura, fenolftaleína, alcohol al 80 % y 20 g de muestra de papaya. La cantidad de NaOH que se necesitó para cambiar el color de la muestra nos sirvió para sacar la acidez titulable la cual la obtuvimos a través de la fórmula:

$\%AT = (\text{mL gastados}) (\text{Normalidad del NaOH}) (\text{factor}) * 100 / \text{mL de jugo}.$

Necesitamos 600 mL de agua desnaturalizada para aplicarle tres gotas de fenolftaleína al 1 % y dos de NaOH. Una vez teniendo esta sustancia se prepararon muestras licuando 100 ml de esta sustancia con 20 g de pulpa de papaya, de las que obtuvimos la AT las cuales fueron tres muestras de Maradol Original y tres muestras de Maracub.

Sólidos solubles totales. Se determinó utilizando un refractómetro de la marca HERCHR °Brix. Utilizamos muestras de pulpa molida disuelta en agua desmineralizada. Se le aplicó 3 gotas de jugo de pulpa de papaya en la lámina del refractómetro para tomar lectura. Esto se hizo con cada una de las variedades.

Densidad de pulpa. Se utilizó 15 mL de agua destilada y 10 pedazos de fruta menores de 3 g. Se obtuvo a través de la fórmula $\rho=m/v$. para obtener el volumen se sumergieron 10 trocitos de pulpa de cada una de las papayas y pesando cada uno mismo para obtener la masa. Una vez teniendo el volumen y la masa se aplicó la fórmula a las dos variedades. Posteriormente se promedió la densidad de cada una de las frutas para así obtener la densidad.

6.4 Análisis estadístico de datos

Los datos de las variables crecimiento y rendimiento se analizaron usando estadística descriptiva (medias y desviación estándar) y se representaron en gráficos de líneas para observar su comportamiento. Para el caso de la variable calidad, se hizo una prueba de análisis de varianza (ANOVA) usando el paquete estadístico Minitab 19. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95 %.

6.5 Labores culturales en la huerta

6.5.1 Preparación del suelo y trasplante a campo

La preparación del suelo se realizó tomando en cuenta el tipo de suelo, realizando dos labores de rastra para disminuir pendientes. Enseguida se formaron los surcos o camas. Para llevar a cabo estas actividades se rentó maquinaria ya que la empresa no contaba con ello. La distancia entre camas fue de 3.30 m y el ancho de camas fue de 0.80 m. La plantación se manejó a una distancia de 0.40 m para que al terminar con el sexado, el cual fue a los 3 meses, terminar a una distancia de 1.20 m, obteniendo una densidad promedio de 1800 plantas/h.

6.5.2 Manejo de la maleza

Para el control de maleza se emplearon prácticas culturales. Se limpió un contorno amplio al tallo de la planta usando un azadón y el resto de maleza se eliminó usando productos químicos (Dicloruro de Paraquat). Para un mejor control de maleza se sugiere realizarlo antes del trasplante de la plántula para tener ventaja en el crecimiento de la planta. Asimismo, es importante aplicar productos químicos pre emergentes (s-metolaclor), ya que también inactivan las semilla de la maleza.

6.5.3 Práctica de sexado

Esta actividad cultural se realizó para la selección de las plantas hermafroditas después del trasplante mediante observación directa de las flores. Esto se realiza para darle preferencia a la papaya hermafrodita ya que aparte de que tiene mayor rendimiento y calidad, es la que tiene mayor importancia comercial. Por el contrario, la femenina no tiene mucha demanda en el mercado por su apariencia redonda y hueca. La aplicación de fertilizantes se realizó a través del sistema de riego por goteo, debido a su utilidad y rentabilidad.

6.5.4 Manejo de plagas en la huerta

Los principales productos que se aplicaron para atacar las plagas fueron el extracto de ajo haciendo rotación con imidacloprid, abamectina y permetrina de forma semanal, con el propósito de no crear resistencia en las plagas con un mismo ingrediente activo. Para la aplicación de productos químicos se consideró la zona que tenía mayor afectación de plagas. Un punto importante que se debe tomar en cuenta es que cultivar cerca de una huerta vieja o abandonada aumenta la probabilidad de tener incidencias más severas de plagas por transporte aéreo de las plagas de una huerta a otra.

6.5.5 Manejo de enfermedades en la huerta

Las enfermedades que afectaron mayormente al cultivo fueron la pudrición de raíz causadas por *Phytophthora spp.*, *Rhizoctonia spp.*, *Pythium spp.* y *Fusarium spp.* Dichas enfermedades se presentaron debido a las cantidades de agua que estuvieron por encima de lo necesario para el crecimiento del cultivo, así como pudrición u ahorcamiento del cuello causado por el hongo *Botrytis aclada*. Otra enfermedad de mucha importancia es *Ringspot virosis* que es un potyvirus y afecta toda la planta incluyendo frutos hasta llegar a terminar con todas las hojas provocando la muerte de la planta.

La virosis se propaga de una planta a otra a través de las plagas por lo que la afectación aumento de manera rápida. Por esta razón, se atacó preferentemente a la plaga para disminuir la afectación del número de plantas. Para esto diariamente se revisaban todas las plantas durante los primeros 3 meses.

El tizón temprano se controló con fumigaciones foliares de fungicidas, recubriendo toda el área foliar de la planta. Otra alternativa usada para disminuir el número de plantas infectadas fue la eliminación de ellas y se desecharon fuera de la huerta para que no se contaminarán las plantas sanas.

Algunos productos que se utilizaron para el control de enfermedades fueron: la terramicina, la cual se aplicó bañando toda la planta en una solución de 1 kg/200 l de agua acompañado con 500 mL de key plex 360 OR®, esto con la finalidad de ayudar al desarrollo de hojas y reducir afectaciones por virosis. Para el control del hongo de pudrición del cuello se aplicó una solución de 3 a 5 kg de cuvrek® en 200 l de agua, dependiendo el avance del hongo y el grado de humedad del suelo. Además, se aplicaron oxiforte®, captan® y malation®, para la prevención de hongos y bacterias.

6.6 Sistema de riego

Se aplicaron dos tipos de riego; estos fueron sistema de riego por goteo con orificio de distancia de entre cada 0.20 m, con la finalidad de optimizar la humedad en el suelo, y sistema de riego por micro aspersion el cual se instaló después de los 6 meses después del cultivo con la finalidad de ayudar en la humedad en el suelo y especialmente para reducir las altas temperaturas ambientales, reduciendo estrés y trastornos de la planta para favorecer la producción o disminuir abortos de frutos.

El agua fue obtenida de un pozo subterráneo. La parcela se dividió en 5 válvulas y 3 llaves por cada válvula. El tiempo de riego por válvula fue de 20 a 30 min al día (excepto días lluviosos) dependiendo la necesidad del suelo. Las cantidades de fertilizantes fueron distribuidas de la siguiente manera, tomando en cuenta que se dividió en cinco secciones y que cada sección es equivalente a 7000 m³ (0.7h):

Cuadro 3. Fertilización aplicada en la huerta por etapas del cultivo

Fertilizante	Fertilización * sección * semana		
	0 a 3 meses (kg)	De 3 a 6 Meses (kg)	6 a 9 Meses (kg)
MAP	13.08		
NKS	28.29	21.00	
FOSFONIT	12.96		12.6
MICROS	0.466	1.260	1.260
CALCIO	9.6	21.200	8.406
BORO	0.279	0.420	346.8
SOP	20.37	16.800	
SULMAG	12.96	14.700	5.682
CARBOXY			
ZINC			2.400
SUPER K			2.400 L
MKP			7.62

6.7 Cosecha

Esta actividad se realizó de la manera tradicional, apoyándose de peones para la cosecha de la fruta, empapelándola y llevándola en carretillas a un punto específico de la huerta, donde fue lavada y empapelada de nuevo para subirla al camión para su traslado a los mercados.

Para el lavado de la fruta se aplicaron productos comerciales. Este proceso inició con un prelavado usando suavitel en relación 500 mL / 200 L de agua mezclando con 400 mL de purex®. Para el lavado se aplicó una mezcla de mancozeb (1 kg), pack hard® (1 L), spor tak® (200 mL), key taak® (200 mL) con 200 L de agua, con la finalidad de evitar hongos que puedan dañar el producto durante el tiempo de almacenamiento.

6.8 Almacenamiento

La fruta se almacenó en una habitación cerrada para controlar las condiciones ambientales. Se mantuvo una temperatura de 19 °C a 22 °C; además se colocaron recipientes de agua dentro en la habitación, lo que también contribuyó a la humedad relativa. El control de las condiciones ambientales nos ayudó a extender la vida de anaquel de la fruta, lo que permitió que se mantuviera los quince días en buenas condiciones.

7.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Variables de crecimiento

La Figura 3 muestra el comportamiento respecto al número de hojas y brotes para la variedad Maradol Original y Maracub. Se observaron diferencias estadísticas en ambas variedades, respecto al número de hojas adultas a los 82 días de trasplante, lo que podría deberse a algunos factores como la nutrición, genética, el manejo en el deshoje, actividades agronómicas y problemas de inundación en época de lluvia. Los periodos siguientes el número de hojas fue similar en ambas variedades, debido al deshoje que se realizó para la facilitación de las aplicaciones foliares a la planta.

En cuanto al número de brotes (Figura 4) no se presentaron diferencias estadísticas entre las variedades de papaya evaluadas, lo que indica que ambas variedades estuvieron en desarrollo uniformemente en brotes.

De acuerdo con García (2021), el número mínimo de hojas para que se desarrolle bien una planta es de 15, debido a que cada hoja emitida supondrá una flor en su axila, y si las condiciones son favorables, un fruto. Así mismo en estudios realizados por Ravitchandirane et al. (2002), quienes evaluaron la influencia de diferentes densidades de plantación y niveles de nutrientes en papaya cultivar CO.2, se observó un mayor número de hojas (80.7) en los tratamientos donde la aplicación de NPK se realizó mensualmente, en comparación con las realizadas a cada dos meses.

Al respecto, con Storey (1969) y Mahouachi et al. (2005) señalan que, el número de hojas producidas por año, servirá de base al momento de seleccionar los cultivares que tienen mejor crecimiento vegetativo y a su vez, es un indicador claro de la productividad del cultivo, al considerar que en la axila de cada hoja se forma al menos un sólo fruto.

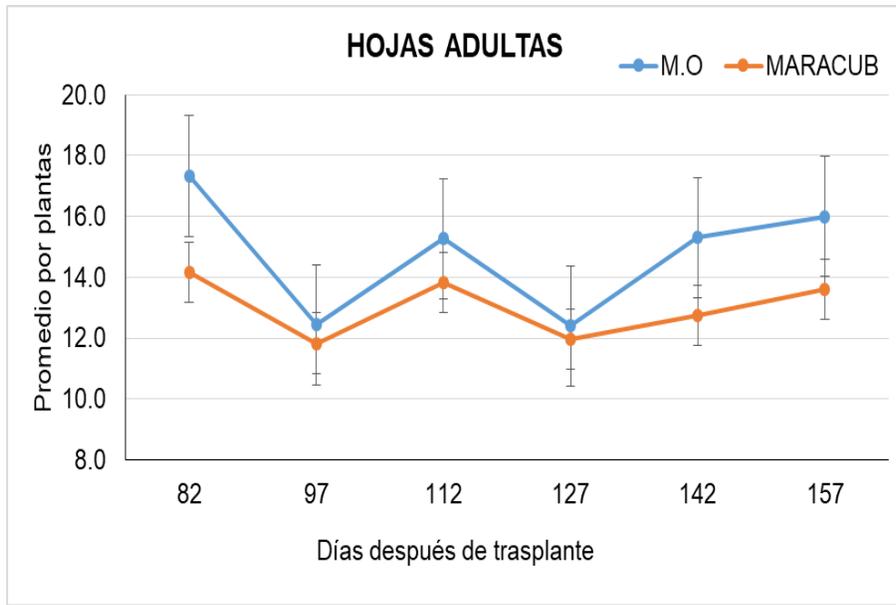


Figura 3. Número de hojas adultas por variedad en el cultivo de papaya.

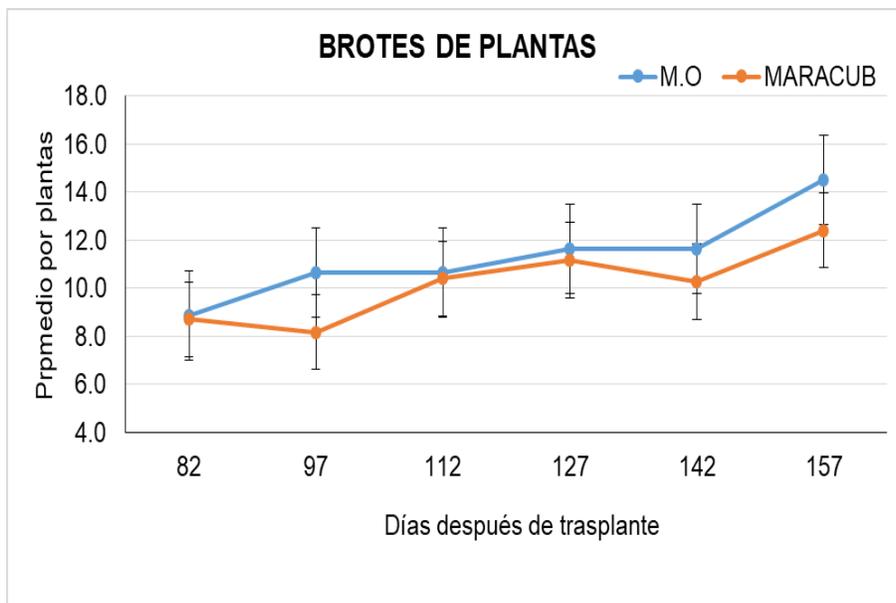


Figura 4. Número de brotes por variedad en el cultivo de papaya.

7.1.1 Promedio de número de hojas jóvenes por planta

La Figura 5 muestra el comportamiento respecto a número de hojas jóvenes de la variedad Maradol Original y Maracub, donde no se observaron diferencias estadísticas entre ambas variedades, ya que se mantuvo constante por las aplicaciones de N, P y K al riego. Por otro lado, la planta estaba en la etapa de crecimiento y hubo un incremento foliar en las dos variedades.

Esto coincide con lo reportado por Ramos (2002), quienes observaron que entre los 80 y 180 días ocurre la mayor emisión foliar en el cultivo de la papaya. Al respecto Jiménez (2002), reporta que en plantas sanas se debe observar alrededor de 30 hojas en buen estado. Peñate (1999), también menciona que la mayor cantidad de hojas (34) se obtuvieron con la inoculación de micorriza nativa más fertilización con N, P y K. En el estudio realizado por Hernández et al. (2015), se evaluó el efecto de la nutrición vegetal sobre el desarrollo de plántulas de papaya Maradol roja, observando que el número de hojas es constante durante los primeros 80 días, mientras que la emisión foliar incrementa hasta los 180 días después del trasplante.

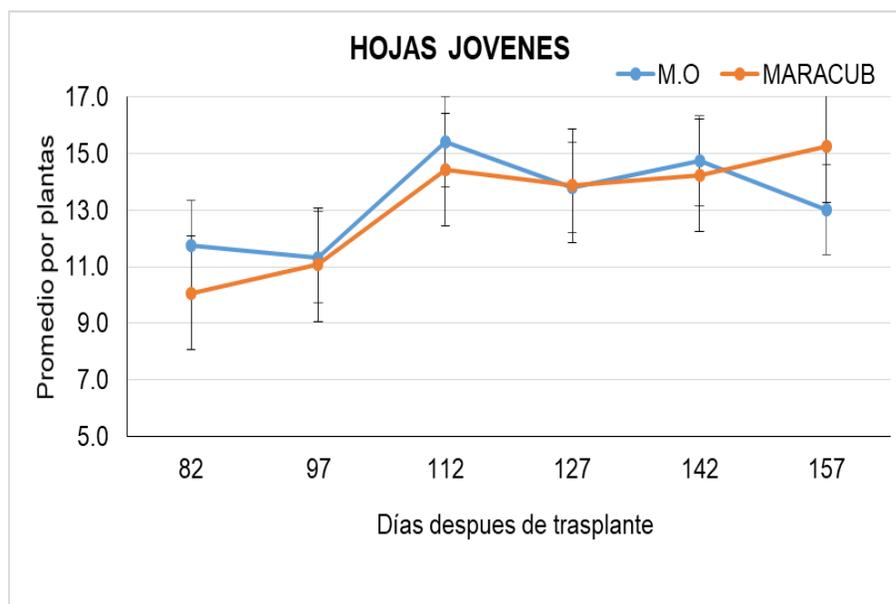


Figura 5. Número de hojas jóvenes por variedad en el cultivo de papaya.

7.1.2 Altura promedio por plantas

Los valores de la altura de la planta (Figura 6) no mostraron diferencias estadísticas. El comportamiento de la altura de la planta fue similar para ambas variedades, observando un aumento constante y uniforme, esto debido a las altas concentraciones de N, P y K, dando como resultado plantas altas y con peciolos de más de 70 cm de largos con entre nudos distanciados. Contrariamente, la variedad Maracub no tuvo un crecimiento acelerado debido a que son plantas de porte bajo.

En el estudio realizado por Hoyos y Hurtado, (2017), donde evaluaron la Poda temprana de brotes laterales en el inicio de la floración de papaya Tainung y de acuerdo con Pereira et al. (2002), el rendimiento del cultivo de papaya está directamente influenciado por la altura (71.66 cm) a los 180 días de trasplante. Sin embargo, las plantas altas no son deseables por mostrar entrenudos más largos, lo que hace difícil la cosecha, así mismo influye en la reducción de la longevidad del cultivo.

Escamilla et al. (2003), evaluaron la fertilización orgánica, mineral y foliar sobre el desarrollo y la producción de papaya Maradol y demostraron que las altas concentraciones de N, P y K aceleran el crecimiento la producción de plantas altas. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Cripps y Allan (1997), quienes informaron que dosis altas de N, P y K resultan en un crecimiento de la planta. Por su parte, Purohit (1977), encontró diferencias significativas respecto a la altura de las plantas de papaya, debido a la fertilización usando N y P.

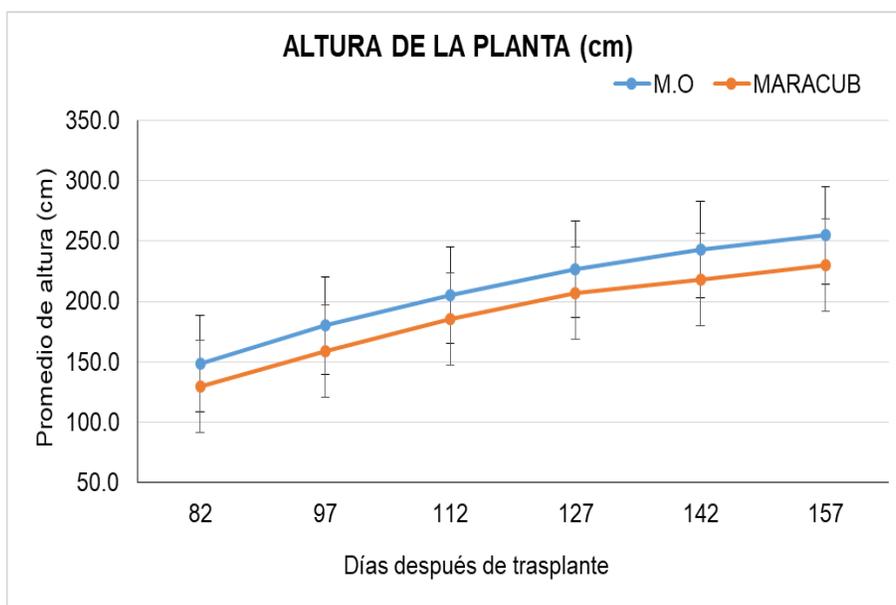


Figura 6. Crecimiento de las plantas por variedad en el cultivo de papaya.

7.1.3 Altura de inserción promedio de fruto por planta

Los valores del comportamiento de la altura de inserción de primer fruto (Figura 7) mostraron diferencias estadísticas en el día 127 y 157 después de trasplante en relación con la altura acelerada que mantuvo la planta por las altas concentraciones de N y entrenudos distanciados. La variedad Maradol Original presento una mayor altura de inserción de primer fruto en comparación con la variedad Maracub.

Nuestros resultados coinciden con aquellos informados por Escamilla et al. (2003), quienes evaluaron la fertilización orgánica, mineral y foliar sobre el desarrollo y la producción de papaya Maradol y observaron que la altura promedio al primer fruto fue de 47 cm. Similarmente, Cituk et al. (1996), reportaron que la altura al primer fruto en papaya Maradol cultivada en Yucatán fue de (50 cm). En su estudio Castro (2009), evaluó diferentes frecuencias de aplicaciones de nutrimentos minerales en el cultivo de papaya Maradol y registró una altura al primer fruto de 47.34 y 48.42 cm. Por lo contrario, Mirafuentes (1997) indicó una altura al primer fruto de 70 cm para el mismo cultivar bajo las condiciones agroambientales del estado de Tabasco.

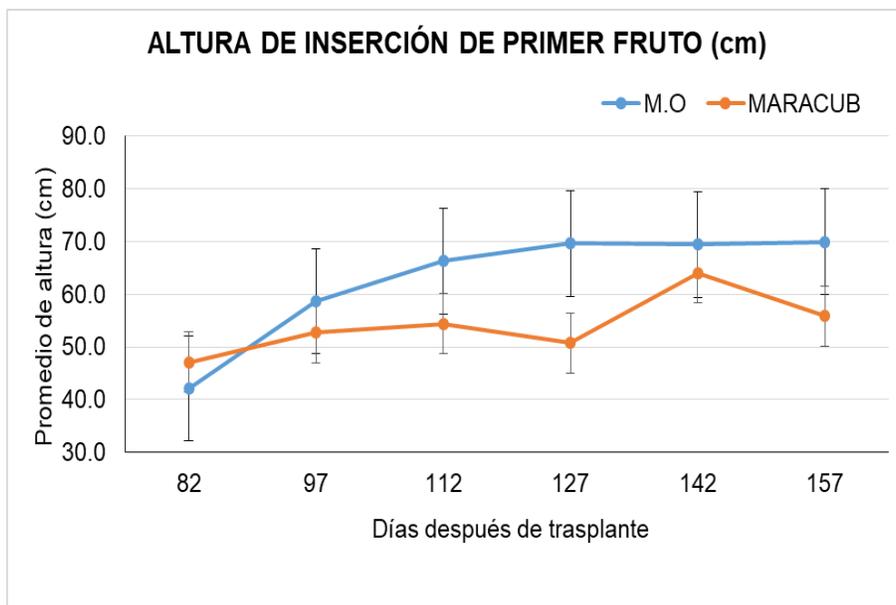


Figura 7. Promedio de altura de inserción de primer fruto en cada variedad en el cultivo de papaya.

7.2 Variables de rendimiento

7.2.1. Promedio de frutos buenos por planta

El comportamiento del número de frutos buenos se muestra en la (Figura 8). No se presentaron diferencias estadísticas entre las variedades estudiadas; sin embargo, se puede observar que la variedad Maracub tuvo mayor número de frutos buenos ($n=11$) en el día 97 después del trasplante en comparación con la variedad Maradol Original ($n=4$), lo que indica que las fertilizaciones al fertirriego y aplicaciones dirigidas a la planta para el amarre y cuajado de frutos fueron mejor optimizadas aprovechadas por la variedad Maracub.

En contraste, Castro (2009), evaluó diferentes frecuencias de aplicaciones de nutrimentos minerales en el cultivo de papaya "Maradol" bajo condiciones de fertirriego y determino que el cultivo tratado con una frecuencia de fertirriego de cada

3 días tuvo un total de 33.38 frutos por planta. Lo anterior, coincide con los resultados obtenidos por Romero-Montero et al. (1998), quienes evaluaron diferentes niveles de fertilización a base de nitrógeno y boro y determinaron que las plantas que tuvieron fertirriego más frecuente (3, 6 y 12 días) tuvieron un total de 33, 30 y 29 frutos por planta, respectivamente, que aquellas plantas con un fertirriego cada 24 días.

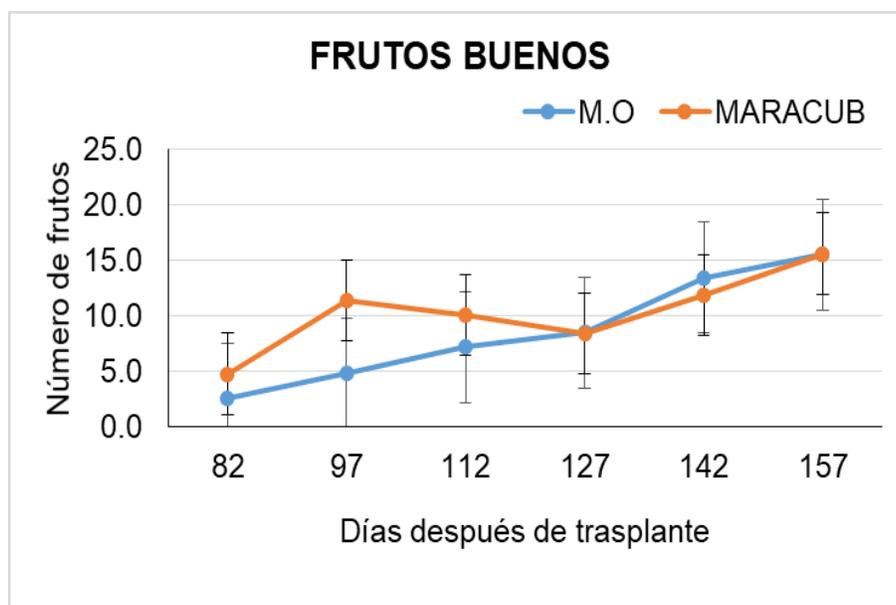


Figura 8. Número de frutos buenos por variedad en el cultivo de papaya.

7.2.2 Promedio de frutos dañados por planta

La Figura 9 muestra el comportamiento del número de frutos dañados en ambas variedades, evidenciando que los valores no presentaron diferencias estadísticas. Particularmente, en el día 127 de trasplante las dos variedades elevaron su número de frutos dañados, provocado por factores que afectaron a la planta, como el exceso de humedad, estrés hídrico, desequilibrio nutricional y daños en los frutos provocados por Antracnosis. Asimismo, la compactación del suelo provocó que la raíz no se desarrollará adecuadamente y absorbieran los nutrientes necesarios. También se presentaron problemas en la raíz de la planta, como hongos y bacterias que

ocasionando abortos y deformaciones de frutos. Cabe resaltar que estos frutos dañados afectaron negativamente el rendimiento total por ha.

De acuerdo con (Escamilla et al. 2003), en el cultivo de la papaya Maradol algunos frutos muestran deformaciones, atribuidas a las condiciones climáticas y a las deficiencias nutrimentales. Al respecto, se ha reportado que una deficiencia de B en condiciones de campo, ocasiona la aparición de frutos deformes y una exudación de látex en la epidermis de los frutos en crecimiento (Escamilla et al. 2003).

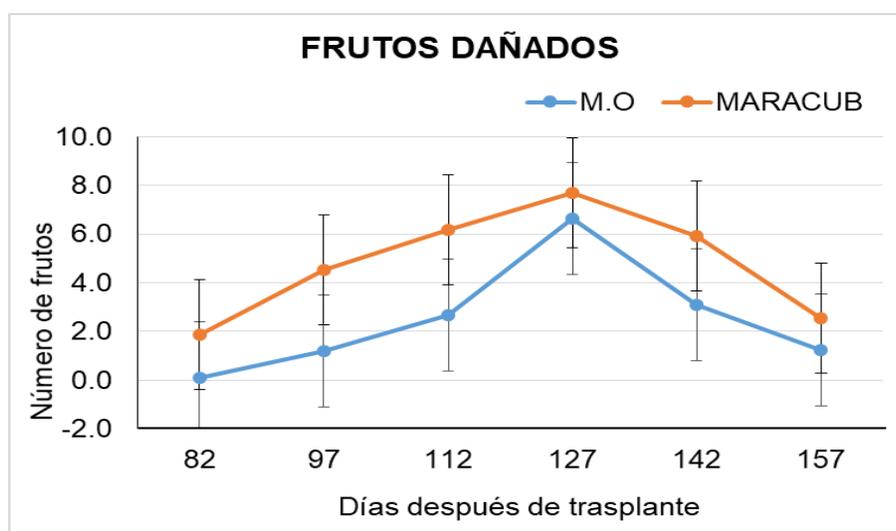


Figura 9. Número de frutos dañados por variedad en el cultivo de papaya.

7.2.3 Promedio de flores buenas por planta

El número de flores buenas (Figura 10) en ambas variedades no presentaron diferencias estadísticas, se observó una buena floración en ambas variedades, debido a los estimuladores de floración aplicados al inicio de la etapa de floración de la planta para el amarre de flores obteniendo buenos resultados desde el día 82 al 127 de trasplante. Después la planta se vio afectada por problemas de hongos en la flor, por lo que la floración decreció en ambas variedades.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Hernández et al. (2015), quienes demostraron que con el uso de activadores fisiológicos a partir de los 80 días, comienzan a aparecer los primordios florales, y con ello se originan las flores en el cultivo de papaya. Estos autores también observaron que entre los 80 y 130 días se presentó un pico en la formación de primordios florales en el cultivo y comenzó a producirse un mayor número de estos a medida que pasan los días; sin embargo, a partir de los 180 días no se destacaron cambios sustanciales en cuanto a la formación de primordios, considerando que el cultivo comienza a fructificar y producir a los 9 meses.

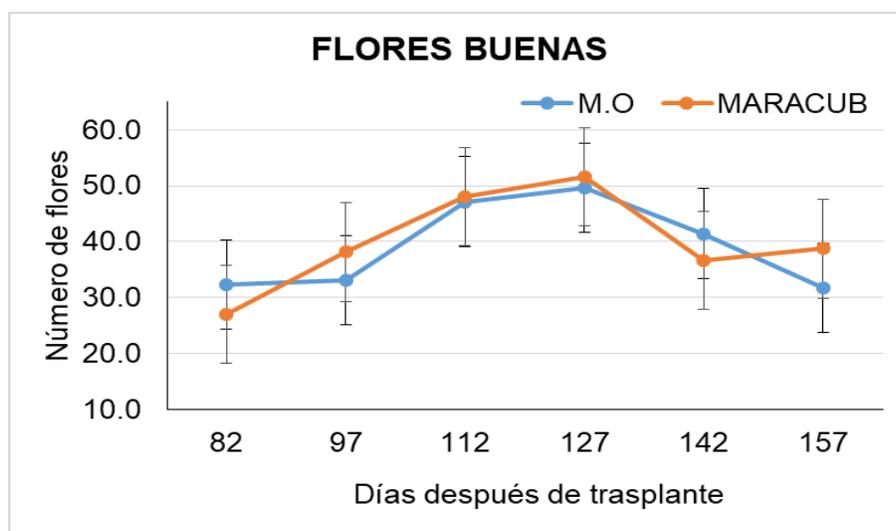


Figura 10. Número de flores buenas por variedad en el cultivo de papaya.

7.2.4 Promedio de flores quemadas por plantas

En cuanto al comportamiento de número de flores dañadas o abortos (Figura 11) no se presentaron diferencias estadísticas entre las variedades de papaya evaluadas. Sin embargo, el daño en flores se vio ligeramente afectado desde la etapa de inicio de floración, lo que podría deberse a diferentes factores que sufrió el cultivo, como la temperatura, larvas, exceso de Fósforo, estrés por exceso de humedad, hongos, bacterias, ácaros, y daño por el hongo *Botrytis*.

Al respecto, Sadras et al. (2017), describieron que las temperaturas excesivamente altas en los cultivos provocan reducción del índice de cosecha (harvest index) debido a la reducción de la polinización o al aborto de las semillas. Por su parte, Allan (1997) y Hueso et al. (2014), ratifican esta afirmación para el cultivo de la papaya, ya que demostraron que a temperaturas mayores a los 30 °C, la polinización y fecundación de las flores se ven afectadas; en consecuencia, la producción disminuye. Cabe señalar que las flores; y por tanto, los frutos que se forman en las plantas de papaya están considerablemente influenciados por la temperatura del ambiente (Jeyakumar et al. 2007).

Asimismo, temperaturas superiores a los 35 °C originan un proceso gradual de esterilidad femenina, dando lugar a frutos sin interés comercial en los casos más leves, y flores no productivas en los más severos. Esto coincide con lo descrito previamente por Armella (2020), quien reporto que las causas del aborto de flores en la planta por temperaturas por encima de los 35 °C o muy bajas por debajo de los 12 °C, amplitud térmica alta de 20 °C y estrés hídrico. El rango óptimo de temperaturas para el cultivo de papaya oscila entre los 31 °C. Los problemas de raíz ocasionados por nematodos y otros hongos de suelo generan un estrés general en la planta. También las formas las enfermedades que atacan la columna floral provocan aborto de flores y frutos recién cuajados.

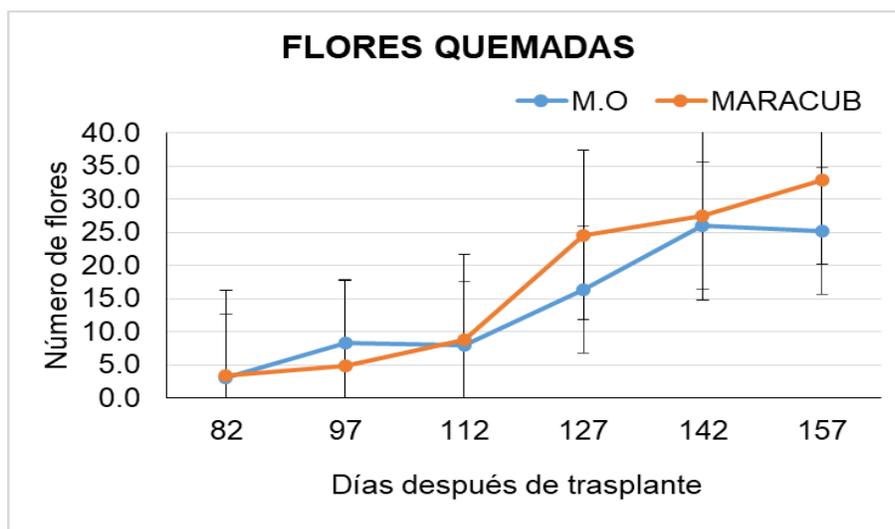


Figura 11. Número de flores quemadas por variedad en el cultivo de papaya.

7.2.5 Promedio de flores cornetas por planta

Los valores del comportamiento del número de flores cornetas (Figura 12), de las variedades de papaya no mostraron diferencias estadísticas; sin embargo, la variedad Maradol Original presentó un mayor número de floración corneta desde el día 82 al 142 después del trasplante. Lo anterior podría asociarse a las afectaciones del cambio climático que causaban estrés a la planta, al desbalance nutricional y a las actividades laborales de manejo. En el día 157 se observó que la variedad Maracub tuvo un promedio de 32.9 flores cornetas por planta, superior al promedio observado en la variedad Maradol Original, debido al exceso de humedad provocado por las lluvias que se presentaron esos días.

Según García (2021), el sexo de las flores está controlado genéticamente por un sistema de cromosomas X/Y, siendo el Y el responsable del desarrollo de flores masculinas o bisexuales, según una pequeña región específica que posee (Jiménez et al. 2014; Hueso et al. 2014). Sin embargo, las condiciones medioambientales como la temperatura o la humedad del suelo pueden provocar variaciones en la expresión de los caracteres sexuales, traduciéndose en cambios temporales del sexo de las flores (Rodríguez et al. 2015).

Jeyakumar et al. (2007), afirman que el estrés hídrico prolongado además de ralentizar el crecimiento general de las plantas fomenta el proceso de esterilidad femenina en flores hermafroditas, provocando un déficit productivo como ya se hizo referencia en flores. Arango y Román (1999) y Agustí (2014), también recalcan que se produce abscisión de flores, el cuajado se reduce y los frutos desarrollados presentan mala calidad.

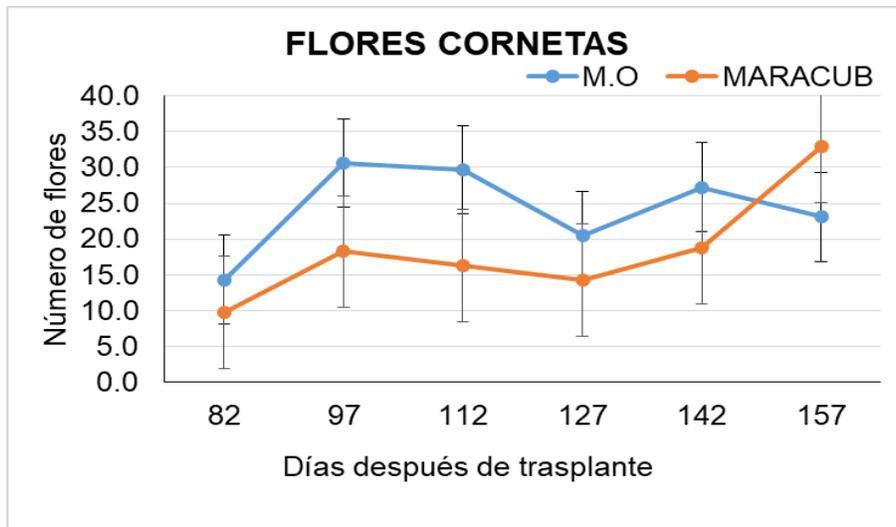


Figura 12. Número de flores cornetas por variedad en el cultivo de papaya.

7.2.6 Rendimiento de fruto

En el Cuadro 4 se observan los resultados obtenidos respecto al rendimiento por hectárea de las variedades de papaya Maradol Original y Maracub, se observó que la variedad Maradol Original mostro un mayor rendimiento por hectárea (65.120 t ha^{-1}), que la variedad Maracub (60.450 t ha^{-1}). Rodríguez et al. (2011), informaron un rendimiento de 53.8 t ha^{-1} en el cultivar Maradol usando tratamiento químico; mientras que con orgánico observaron un rendimiento de 56.4 t ha^{-1} . Por su parte, Maruchi et al. (2008), reportaron un rendimiento total de 140.8 t ha^{-1} en el cultivo de papaya tratada mediante nutrición química y orgánica (citricomposta). Posteriormente, Vázquez (2011) obtuvo rendimientos de 70.6 y 144.9 t ha^{-1} en papaya Maradol usando tratamientos químicos y micorrizas (*Glomus musseae*), respectivamente.

Cuadro 4. Estimación por hectárea para cada variedad de papaya evaluada

Estimaciones	Genotipos evaluados	
	Maradol Original	Maracub
Peso del fruto (ton)	2.2507	2.2951
Núm. Frutos por planta	15.56	15.63
Núm. Plantas	3995	2543
Ha. Sembradas	2.1485	1.5094
Rendimiento (t ha ⁻¹).	65.120	60.450
Total por variedad	139.911	91.243

7.3 Variable calidad

7.3.1. Densidad de pulpa (\bar{d}).

En la Figura 13 se observan los valores de los resultados obtenidos de la densidad de pulpa de papaya de la variedad Maradol Original y Maracub donde ambas variedades no presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) desde el día 0 al 15, lo que indica que la fruta no tuvo cambios notorios al respecto durante estos días. Asimismo, no se observaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre los días de muestreo.

La densidad de pulpa está influenciada por la cantidad de sólidos solubles totales, al presentar un mayor contenido de sólidos, la densidad tiende a aumentar, de igual manera durante el proceso de almacenamiento los frutos tienden a perder agua debido a la respiración de la fruta, esta pérdida de agua propicia una pérdida de la estructura celular de frutas ocasionando que exista mayor separación entre células originando una menor densidad (Porrás et al. 2011), esto se observa en los primeros días de almacenamiento, presentando una densidad mayor a la inicial hasta el día 9 seguido de un descenso en los últimos días de almacenamiento.

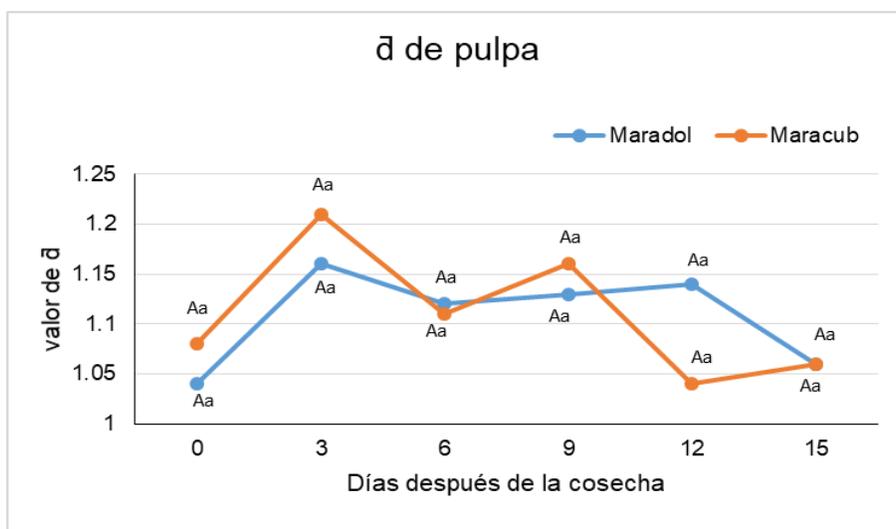


Figura 13. Densidad (\bar{d}) de la variedad Maradol Original y Maracub.

*Letras mayúsculas diferentes indican diferencia estadística significativa por columna ($\alpha = 0.05$).

**Letras minúsculas indican diferencia estadística significativa por fila ($\alpha = 0.05$).

7.3.2. Acidez Titulable (AT).

En la Figura 14 se observa los resultados de la Acidez Titulable de las variedades Maradol Original y Maracub, donde la variedad Maradol no mostro diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en los días de muestreo, iniciando en el día 0 (0.15). Sin embargo, la variedad Maracub presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) desde el día 6 (0.02) pero con valores similares en los días diferentes de muestreo. Entre las variedades si se observa diferencias significativas en los días de muestreo. La mayor actividad de la AT puede estar asociada con la escisión mejorada de la sacarosa en glucosa y fructosa durante la maduración de la fruta de papaya.

La baja AT en la fruta de papaya limita su papel en la influencia del sabor de la fruta. Se ha notado una tendencia general de leve disminución o ningún cambio en AT durante la maduración de la fruta en papaya. Los ácidos cítrico y málico son los ácidos orgánicos predominantes que contribuyen casi por igual a la acidez total. Los otros ácidos orgánicos presentes en concentraciones menores incluyen los ácidos ascórbicos, químico, succínico, tartárico, oxálico, galacturónico, α -cetoglutárico y

fumárico. Al contrario de TA, la concentración de ácido ascórbico aumenta durante la maduración de la fruta en papayas (Singh & Rao, 2011).

Pinto et al. (2006), señalan que la disminución de la acidez de la fruta se debe al aumento de la actividad metabólica, aumentando la producción de azúcares y disminuyendo con ello los ácidos orgánicos, propiciando también, por un aumento de la respiración de la fruta.

Según lo reportado por Hinojosa y Montgomery (1988), los frutos de papaya presentan una acidez titulable entre 0.12-0.15 % considerándose un fruto ideal para su consumo en personas con problemas de gastritis y úlceras. Cervantes (2017), obtuvo valores de acidez titulable de $(0.07 \pm 0.005, 0.04 \pm 0.002$ y $0.02 \pm 0.002)$ % ácido cítrico, en cáscara, pulpa y semilla, presentando diferencia significativa entre las tres partes estructurales y siendo la semilla la que obtuvo mayor contenido de acidez titulable. Cabe destacar que las papayas utilizadas tenían un estado de madurez 5 (avanzado pero no sobremaduro).

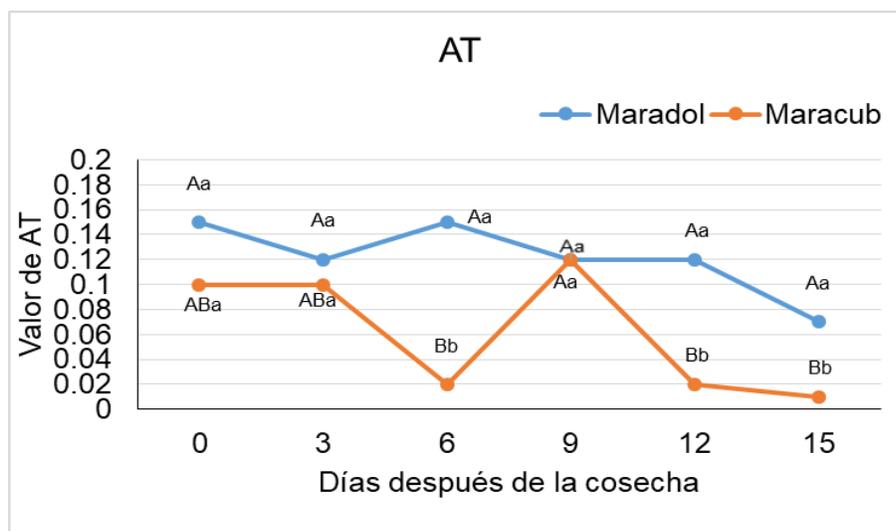


Figura 14. AT (Acidez titulable) de la variedad Maradol Original y Maracub.

*Letras mayúsculas diferentes indican diferencia estadística significativa por columna ($\alpha = 0.05$).

**Letras minúsculas indican diferencia estadística significativa por fila ($\alpha = 0.05$).

7.3.3. Sólidos solubles totales (SST).

En la Figura 15 se muestran los resultados en cuanto al contenido de SST, no se observaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en la variedad Maradol Original entre los días 0 al 15; en cambio, la variedad Maracub mostró diferencias significativas del día 0 (9.6) al día 3 (13.8) siendo el día más alto en cuanto a días de muestreo y variedades, observando los siguientes días desde el día 6 al 15 resultados similares al día 0 y 3. Por otra parte, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) por efecto de la variedad de papaya en el día 3, donde la variedad Maracub tuvo el valor más alto respecto a esta variable.

(Singh & Rao, 2011), los niveles de azúcares solubles aumentan significativamente durante la fase final del desarrollo del fruto en papaya. En frutas de papaya los sólidos se componen principalmente de sacarosa sin embargo este valor es menor en los inicios de desarrollo de los frutos ($\leq 18\%$), aumentando al llegar a la madurez fisiológica ($\geq 80\%$) (Chan et al.1979). La maduración de la fruta poscosecha implica un pequeño cambio ($\pm 1-2\%$) en los niveles de azúcares solubles en la fruta de papaya (Singh & Rao, 2011). Lo cual se observa en los datos reportados en este estudio debido a que los valores de SST presentaron una tendencia de $\pm 3\%$ al pasar del día 6.

El contenido de SST de los frutos maduros depende del material genético, los materiales híbridos como Siluet y Sensation pueden tener valores mayores a 12°Brix , Azteca puede tener ente 10 y 12°Brix . Para la variedad Maradol, el contenido de SST reportado en frutos en su madurez de consumo va de 8.9 a 11.2 (Santamaría, 2012) y de 9.4 a 10.4°Brix . Los frutos verdes de Maradol tienen un contenido de SST de aproximadamente 6°Brix , cuando inicia la maduración este contenido se incrementa a cerca de 9°Brix y sigue incrementándose a 10°Brix o más al llegar a la madurez de consumo (Santamaría, 2012).

Nuestros resultados fueron superiores a los reportados por De los Santos et al. (2000) y Mirafuentes (2000), quienes mencionan que la variedad Maradol en estado de madurez fisiológica, puede llegar a registrar 8 ° Brix. Sin embargo, fueron similares a los reportados por Peñate (1999), quien concluye que, aun sin presentarse diferencias significativas entre tratamientos, al evaluar el efecto de la inoculación con hongos endomicorrizimos arbusculares y la aplicación de fertilizante NPK en el cultivo de papaya Maradol, los sólidos solubles fueron superiores a 9. 8° Brix.

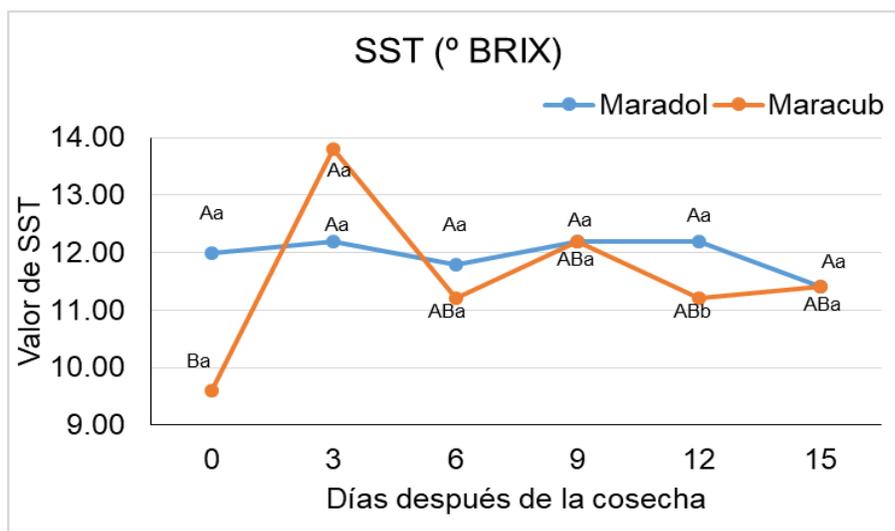


Figura 15. SST (Sólidos solubles totales) de la variedad Maradol Original y Maracub.

*Letras mayúsculas diferentes indican diferencia estadística significativa por columna ($\alpha = 0.05$).

**Letras minúsculas indican diferencia estadística significativa por fila ($\alpha = 0.05$).

7.3.4. Firmeza de la pulpa.

En la Figura 16 muestra los resultados de la pérdida de firmeza de las variedades Maradol Original y Maracub. Se observaron, diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la pérdida de firmeza por efecto de los días de muestreo en ambas variedades. En el día 0, el valor de firmeza de la variedad Maracub fue mayor (169 N) que la variedad Maradol Original (148 N) a los observados en los siguientes días de muestreo,

provocando un decrecimiento para ambas variedades. Asimismo, se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) por efecto de la variedad. La variedad de papaya Maracub mostro valores más altos de firmeza que la variedad Maradol Original en todos los días de muestreo.

Las modificaciones enzimáticas y no enzimáticas en la matriz de carbohidratos de la pared celular son responsables del ablandamiento de los tejidos durante la maduración de la fruta. Las actividades de varias enzimas hidrolíticas como la pectina metilesterasa (PME), la poligalacturonasa (PG), la β -1,4-glucanasa, la galactosidasa, la endoxilanasas, la celulasa y la proteinasa y los cambios en la composición de la pared celular se han asociado con el ablandamiento de la fruta en las papayas (Singh & Rao, 2011).

Se ha informado que la firmeza de la pulpa de la fruta está relacionada con la maduración, implicando que, en frutos maduros, la firmeza de la pulpa es menor (Buitrago y Escobar 2009). Durante la maduración de la papaya la firmeza de la pulpa decrece más rápido en la parte cercana a la cavidad central, por lo que, en el fruto maduro, la parte interna es más suave que la parte externa (Santamaría, 2012). La maduración del fruto está acompañada del cambio en la textura, que es derivada de cambios estructurales de la pared celular. Estos cambios contribuyen al ablandamiento del fruto e incrementan la susceptibilidad a los patógenos y al deterioro del tejido. El ablandamiento del fruto de papaya, derivado de la acción de hidrolasas inducidas por etileno, es un factor de calidad difícil de controlar durante poscosecha (Ruelas, 2016).

En la variedad Maradol, Santamaría (2012), encontró que los frutos verdes (inmaduros) presentan una firmeza de pulpa de 150 N. Cuando los frutos inician la maduración y presentan una franja amarilla leve muestran una firmeza de 130 N, la cual va disminuyendo a 117 N a los siete días después de la cosecha. Del día 7 al día 11 se observa una disminución drástica al bajar a 9.8 N, posteriormente la firmeza alcanza a 6.7 N en la madurez de consumo. Ruelas (2016), señala que el

ablandamiento de papayas es una respuesta inducida por la percepción de etileno. De acuerdo con la NOM-FF-041-SCF-2007, el fruto debe tener una firmeza en estado de madurez de consumo de 45 N.cm⁻² utilizando un puntal de 1.0 a 0.6 cm de diámetro.

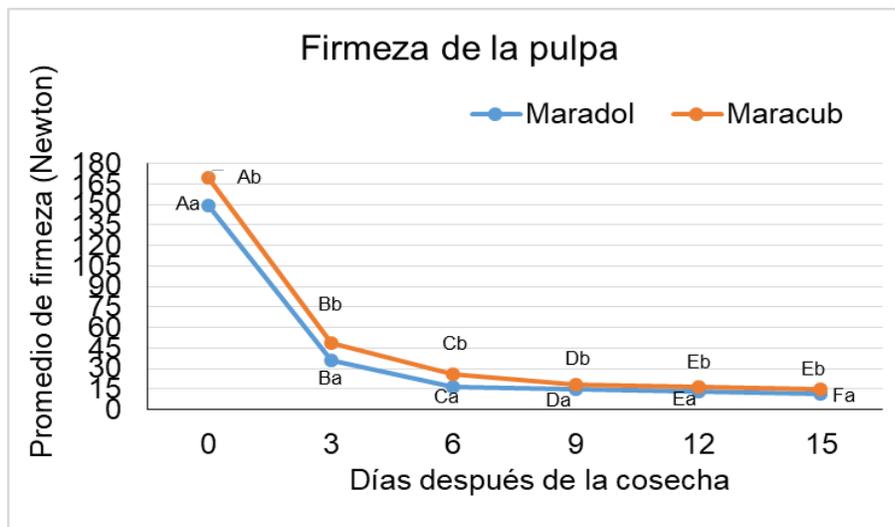


Figura 16. Firmeza de la variedad Maradol Original y Maracub.

*Letras mayúsculas diferentes indican diferencia estadística significativa por columna ($\alpha = 0.05$).

**Letras minúsculas indican diferencia estadística significativa por fila ($\alpha = 0.05$).

7.3.5. pH.

En la Figura 17 se muestran los datos obtenidos de pH, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los días de muestreo, en la variedad Maradol Original (6.4) como en la variedad Maracub (6.5) del día 3 con el pH más cercano al neutro, respecto a los demás días de muestreo se observa un pH cercano al neutro. Sin embargo, no se presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en los valores de pH entre variedades manteniendo un pH neutro.

Al respecto, se ha observado que el pH es influenciado por el estado de madurez de los frutos; es decir, un incremento en el estado de madurez del fruto ocasiona un aumento en el pH (Ruelas, 2016). Los frutos de papaya no se caracterizan por mostrar alto contenido de ácidos orgánicos por lo cual tienden a presentar valores de pH cercanos al neutro. Después de 10 días en frío, las papayas de todos los tratamientos

mostraban valores de pH entre 5.5 y 5.6 incrementando el primer día de simulación mercadeo a valores de alrededor de 5.9 (Ruelas (2016)).

Yang (1995), reportó que la relación entre pH y acidez titulable es inversa, ya que conforme la AT aumenta, el pH disminuye y viceversa, mientras el pH aumenta al AT disminuye. Castricini (2009), indicó que el aumento del pH en la papaya luego de 8 días de almacenamiento está relacionado con el efecto tampón de compuestos que se producen en respuesta a la mayor acidez que puede causar reacciones adversas a los frutos, tales como cambios en el sabor.

Pinto et al. (2006) y Buitrago y Escobar (2009), establecen que la razón de la disminución del pH puede ser debido a la mayor actividad metabólica en el pico climatérico característico de la papaya, lo que llevaría a la síntesis de ácidos orgánicos de la fruta como el ácido abscísico, málico, cítrico, oxálico y otros; que se originan a partir de la ruptura de la pared celular. Cervantes (2017), obtuvieron valores de pH de 5.16 ± 0.2 para cáscara, 5.65 ± 0.06 para pulpa y 6.06 ± 0.1 para semilla, presentando diferencia significativa entre las tres partes estructurales y siendo la semilla la que presentó mayor pH con respecto a pulpa y a cáscara, también reportó valores similares de pH para pulpa de 4.65 a 5.84, en papaya variedad Maradol.

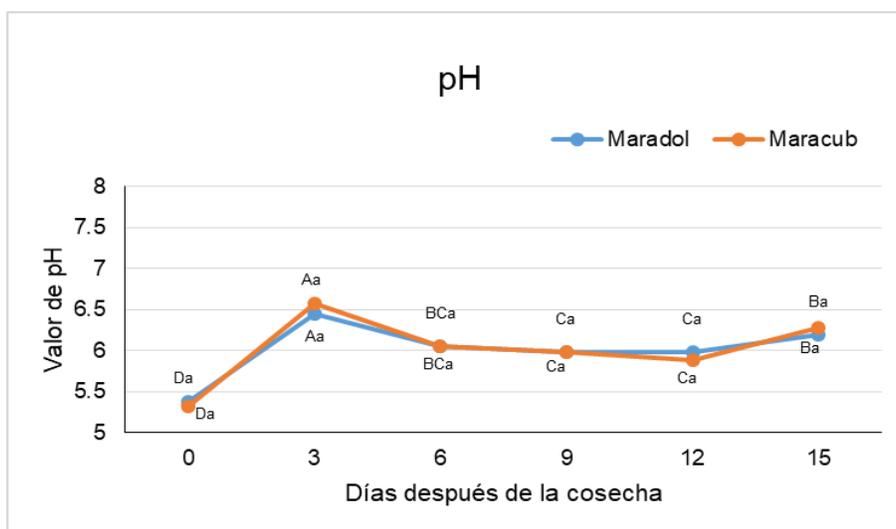


Figura 17. pH de la variedad Maradol Original y Maracub.

*Letras mayúsculas diferentes indican diferencia estadística significativa por columna ($\alpha = 0.05$).

**Letras minúsculas indican diferencia estadística significativa por fila ($\alpha = 0.05$).

7.3.6. Cambios de color de cascara L^* , a^* y b^* .

En la figura 18 se presentan los resultados obtenidos del comportamiento del color de cascara de las variedades Maradol Original y Maracub, se observa que los frutos presentaron valores de L^* menores a 50 lo que demuestra frutos más opacos, en cuanto a los valores de a^* y b^* se encuentran entre los rangos de colores amarillo-naranja, se observa que el color de cascara paso de un tono verde opaco a un tono naranja-amarillo en los días de almacenamiento, demostrando una buena maduración. En la variedad Maradol Original se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el valor de L^* en el día 15, el cual fue mayor a los observados en los primeros días de muestreo. En la variedad Maracub se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los parámetros de color entre variedades solo en los días 12 y 15 de muestreo bajando su color a un tono más opaco.

Durante la maduración de la fruta, la clorofila en el tejido de la piel se degrada, los carotenoides subyacentes se desenmascaran y se produce una biosíntesis de novo en los cromoplastos que conducen al desarrollo de un color de piel amarillo o naranja, según el cultivar. El color de la cáscara es la característica más utilizada para evaluar el estado de maduración de los frutos de papaya, la intensidad y uniformidad del color influyen en la calidad del fruto (Santamaria, 2015).

Los cambios de color de la fruta implican combinaciones de degradación de clorofila y la síntesis y degradación de carotenoides y pigmentos fenólicos como las antocianinas. El color de la cáscara es la característica más utilizada para definir el estado de madurez de la papaya. Las recomendaciones para ser cosechada se basan en el cambio del color verde oscuro a verde claro y con ligeras tonalidades amarillas en el extremo distal (Ruelas, 2016). Al respecto, se ha informado que el desarrollo de los carotenoides y la pérdida de clorofila durante la maduración influyen en la luminosidad L^* , que presenta un ascenso acentuado para el grado de madurez 4 (Buevas, 2017), sin embargo las condiciones de almacenamiento durante el periodo de mercadeo

influyen en los valores de color, siendo el rango L* el de mayor afectación por quemaduras de frío o deshidratación excesiva de frutos.

Al respecto, Santamaría et al. (2009), reportan valores de la coordenada a* en cáscara para la variedad de papaya Maradol de -18 a -10 al momento de la cosecha y 10,25 durante la madurez de consumo, valores de luminosidad L* de 43,12 al momento de la cosecha hasta 57,21 en madurez de consumo y valores de la coordenada b* que aumentan de 30 a 45,77 en la madurez de consumo en cáscara. El desarrollo de los carotenoides y la pérdida de clorofila durante la maduración influyen en la luminosidad L*, que presenta un ascenso acentuado para el grado de madurez 4, datos similares son presentados para papayas cultivadas en España.

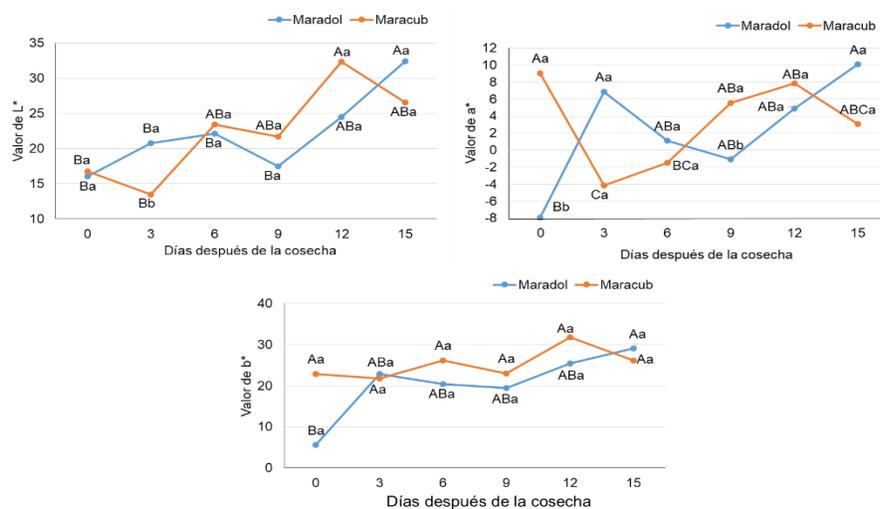


Figura 18. Componentes del color de cáscara durante la maduración de frutos de papaya Maradol Original y Maracub con valores L*, a* y b*.

*Letras mayúsculas diferentes indican diferencia estadística significativa por columna ($\alpha = 0.05$).

**Letras minúsculas indican diferencia estadística significativa por fila ($\alpha = 0.05$).

7.3.7. Cambios de color de pulpa L*, a* y b*.

En la Figura 19 se muestran los resultados del color de la pulpa de las variedades de papaya Maradol Original y Maracub, evidenciando que no se presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre ambas variedades mostrando una luminosidad menores a 40 siendo un color más opaco. En cuanto a los valores de a* y b* se observa valores menores a 30, dando un color opaco en los primeros días de almacenamiento, en los diferentes días se observa que el color fue aumentando y pasando de un color opaco a un color rojo-naranja en ambas variedades. El color de la pulpa de papaya está controlado por un simple gen, siendo el color amarillo dominante sobre el rojo. La presencia de carotenoides determina el color, las papayas de pulpa roja contienen licopeno mientras que las papayas de pulpa amarilla no lo contienen (Santamaría, 2012).

Bibiano et al. (2021). Menciona que la intensidad en la coloración de la pulpa está relacionada con el contenido de carotenoides y a su vez estos establecen la calidad nutricional. El color de la pulpa se intensifica paralelamente a los cambios de color de la piel durante la maduración. Los principales carotenoides presentes en los cultivares de pulpa amarilla son β -criptoxantina, β -caroteno, luteína y ζ -caroteno; mientras que los cultivares de pulpa roja contienen licopeno como principal pigmento carotenoide además de la presencia de otros (Singh & Rao, 2011).

Buevas (2017). Demostró en la pulpa los valores de a* fueron positivos desde el primer grado de madurez. Las coordenadas a* y b* presentan un ascenso desde $19,95 \pm 0,26$ hasta $34,60 \pm 1,23$ y $30,36 \pm 0,43$ hasta $38,61 \pm 1,24$ respectivamente. Cervantes (2017), mostró para el caso de pulpa los valores de L*, a*, b*, fueron 55.3 ± 0.7 , 24.3 ± 0.7 , 44.0 ± 0.6 , lo cual indica un color amarillo anaranjado., también reportó valores similares de L* 55 y a* 24. Este color puede atribuirse a que la clorofila comienza degradarse durante la maduración, coincidiendo con la síntesis de carotenoides y resultando en un aumento del color amarillo-naranja.

Hernández et al. 2017. Encontró en la luminosidad valorada (L^*) el cultivar `Maradol Roja´ valores significativamente más bajos (56,8) en el color de la cáscara y 52,3 en el color de la pulpa, así como en b^* (47,1 y 41,4) respectivamente, mientras que en a^* superó a papaya silvestre con valores de 14,9 y 25,3 en la cáscara y pulpa respectivamente. Esto mostró el color más intenso debido a la mayor acumulación de caroteno, teniendo en cuenta que se ha referido que el color de la masa de la fruta de papaya es determinado mayormente por el contenido de carotenoide, mostrando los frutos de papaya de masa roja altos niveles de licopeno. Los frutos de papaya silvestre mostraron colores más cercanos al amarillo en la cáscara y pulpa con valores de 4,9 y 7,3 en a^* y 57,2 y 48,5 en b^* . Los resultados mostrados se asemejan a los encontrados para el cultivar `Maradol Roja´ en diferentes localidades de México.

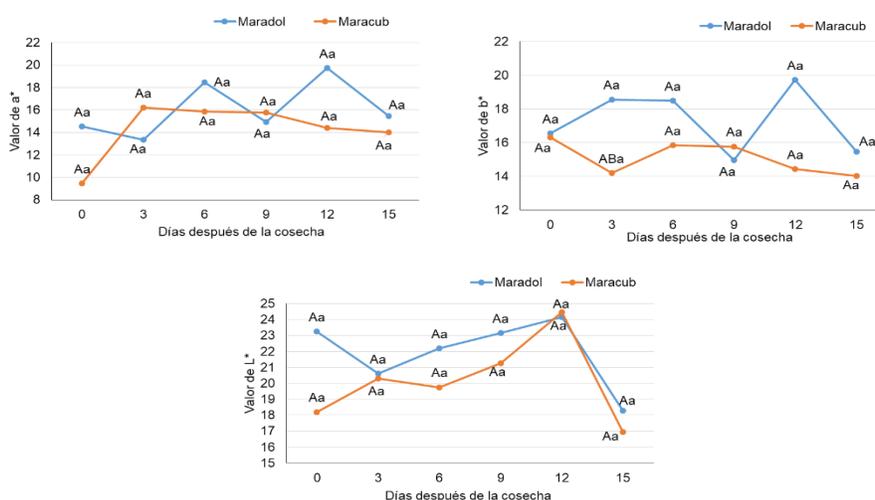


Figura 19. Componentes del color de pulpa durante la maduración de frutos de papaya Maradol Original y Maracub con valores L^* , a^* y b^* .

*Letras mayúsculas diferentes indican diferencia estadística significativa por columna ($\alpha = 0.05$).

**Letras minúsculas indican diferencia estadística significativa por fila ($\alpha = 0.05$).

8.- CONCLUSIONES

En este estudio se evaluó el crecimiento, rendimiento y calidad de dos variedades certificadas de papaya (*Carica papaya* L.) en un sistema intensivo y al término de esta investigación se concluye lo siguiente:

El comportamiento de la variable crecimiento para las dos variedades de papaya fue similar para hojas adultas y jóvenes; así también para los brotes. No fue así para el caso de la altura de la planta y altura de inserción de primer fruto, donde la variedad Maradol Original se mostró con una altura mayor que la variedad Maracub.

La variedad Maradol Original obtuvo la mayor producción de frutos por hectárea, en comparación con la variedad Maracub. En cuanto a la calidad de la fruta, las dos variedades mostraron resultados similares, lo que permite que ambas variedades sean exportadas a los diferentes países del mundo y ser consumidas satisfactoriamente.

9.- RECOMENDACIONES

- ✓ Capacitación y asesorías técnicas a los productores en el manejo de plagas y enfermedades del cultivo.
- ✓ Utilizar variedades de papaya con semillas certificadas para impulsar mejoras en su producción.
- ✓ Aplicar una nutrición balanceada de acuerdo a los requerimientos nutricionales en las diferentes etapas del cultivo.
- ✓ Hacer un análisis de suelo antes de sembrar, ya que el pH del suelo es muy importante para el cultivo.

10.- LITERATURA CITADA

- ❖ Acosta Enciso N. y León Martínez G. A. 2003 “Enfermedades y plagas de la papaya” biblioteca agropecuaria de Colombia.
- ❖ Acosta et al. 2001.” Calidad y tolerancia en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) a la inoculación del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., en postcosecha”. 2001, pp. 1-6.
- ❖ Aguilar et al. 2019. Rendimiento y rentabilidad de genotipos de papaya en función de la fertilización química, orgánica y biológica. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen 10 número 3.
- ❖ Agustí, M.2014. Frutales tropicales de mayor interés. En: AGUSTÍ, M. Fruticultura. 2ª ed. Madrid: Ediciones Mundi-Presa.
- ❖ Alonso Esquivel N. et al. 2008. “Caracterización y evaluación de dos híbridos de papaya en Cuba”. Agricultura Técnica en México Vol. 34 Núm. 3.
- ❖ Arango W, L. V. y Román H, C. A.1999. Requerimientos de clima y suelo. El cultivo de la papaya en los Llanos Orientales de Colombia. Manual de asistencia técnica n.º 4. Villavicencio: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA).
- ❖ Aravind, G., et al. 2013. Usos tradicionales y medicinales de *Carica papaya*. Revista de Estudios de Plantas Medicinales, 1, 7-15.
- ❖ Armella C. 2020. “El cultivo de papaya (*Carica papaya* L.)”. Ministerio de agricultura, ganadería y pesca. Argentina.
- ❖ Arredondo Eduardo C. 2016. Cosecha y postcosecha de la papaya. Universidad Autónoma Chapingo Departamento de Fitotecnia.
- ❖ Benacchio S. S. 1982. Algunas Exigencias Agroecológicas en Especies de Cultivo con Potencial de Producción en el Trópico Americano. FONAIAPCentro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay Venezuela. 202 p.
- ❖ Bogantes Antonio et al. 2011. “Guía para la producción de la papaya en Costa Rica”. 2011, pp. 1-10.

- ❖ Bruhn, C. M. 2007. Aspectos de calidad y seguridad alimentaria de interés para el consumidor., Oakland, California, USA, Universidad de California, División de Agricultura y Recursos Naturales.
- ❖ Buelvas, 2017. Estudio de las propiedades fisiológicas, fisicoquímicas y nutraceuticas en el periodo postcosecha de la papaya (*Carica papaya* L.) Tainung f1 tipo exportación del Departamento de Córdoba. Universidad de Córdoba. Facultad de Ingeniería.
- ❖ Buitrago, J. y Escobar, A. 2009. Aplicación de Levadura *Cándida* spp. como una alternativa viable para la retardación en la pudrición del banano. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C.
- ❖ Calderón y Cepeda, 1996. Control de enfermedades y plagas en Melón y papaya. Instituto Colombiano Agropecuario.
- ❖ Castricini, A. 2009. Aplicación de Revestimientos Comestibles para Conservación de Mamones (*Carica papaya* L.) 'Golden. Tesis Doctoral. Universidad Federal Rural De Rio De Janeiro, Instituto De Agronomía.
- ❖ Castro, 2009. Diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en el cultivo de papaya 'Maradol' bajo condiciones de fertirriego. Montecillo, Texcoco. Edo. De México.
- ❖ Cervantes, R.G. 2017. Caracterización física, química, fitoquímica y de capacidad antioxidante de partes estructurales de papaya (*Carica papaya* L.). Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias Químico Biológicas Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Culiacán, Sinaloa, México.
- ❖ CESAVECOL, 2015. "Guía para el control de plagas y enfermedades en el cultivo del papayo, en el Estado de Colima."
- ❖ Chan-León AC, Estrella-Maldonado H, Dubé P, Fuentes OG, Espadas-Gil F, Talavera MC, Ramírez PJ, Desjardins Y, Santamaría M (2017). El alto contenido de β -caroteno presente en los frutos de pulpa de naranja de *Carica papaya* L. no se correlacionó con una alta expresión del gen CpLCY- β 2. *Investigación alimentaria internacional* 100: 45-56.

- ❖ Chávez, 2018. La papaya silvestre, el reservorio natural de una especie de gran valor. Unidad de Recursos Naturales. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Mérida, Yucatán, México.
- ❖ Cituk, C.D.E., J.M.S. Tun, A.R. Trejo, L.G. Borges, M.F. Soria y R.M. Arzápalo. 1996. Producción del papaya (*Carica papaya* L.) variedad Maradol para Yucatán. Resultados preliminares. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Centro de Investigación y Graduados Agropecuarios. Merida, Yucatán, México.
- ❖ CONAFRUT. 1998. El cultivo de papayo. Boletín Técnico Comisión Nacional de Fruticultura N° 13. Lima, Perú. 30 p.
- ❖ Crecencio, 2016. Cosecha y postcosecha de la papaya. Universidad Autónoma de Chapingo. Fruticultura General. Departamento de fitotecnia.
- ❖ Cripps, R. y P. Allan. 1997. Efectos de N, P Y K en papaya Honey Gold. J. Sociedad del Sur de África. Ciencia. 7: 62-64.
- ❖ Dantas, L. J. L; Dantas, A. C. V. L y Lima, J. F. 2002. Mamon. In: Bruckner, C.H (Eds). Mejoramiento de frutas tropicales, Viscosa: UFV, 2002, p. 309-349.
- ❖ De los Santos, de la R., F., E.N. Becerra L, R. Mosqueda V., A. Vázquez H., A. B. Vargas G. 2000. Manual de producción de papaya en el estado de Veracruz INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla, Folleto Técnico Núm. 17. Primera edición. Veracruz, México. 87 p.
- ❖ De los Santos, F., L.E.N. Becerra, V.R Mosqueda, H.A. Vázquez y G.A.B. Vargas (1997). Manual de producción de papaya en el estado de Veracruz. Folleto técnico No. 17. SAGAR-INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla.
- ❖ Escamilla et al. 2003. Fertilización orgánica, mineral y foliar sobre el desarrollo y la producción de papaya cv. maradol. Terra Latinoamericana, Vol. 21, núm. 2. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- ❖ Facho Alfaro Mirtha L. 2004. Estudio fenológico y de rendimiento de dos cultivares: PTU-405 Y PTM-331 de papayo (*Carica papaya* L.) en Tulumayo": "Unasinos hacia el desarrollo de un nuevo ecomilenio" .TINGO MARIA – PERU.

- ❖ Ferraguetti, G. A. 2003. CALIMAN 01- Primer híbrido de mamao, Formosa Brasileiro. In: Martins, D dos S. (eds). Papaya Brasil: cualidades de mamao para mercado interno. Vitoria, ES: Incaper, 2003. p. 211-218.
- ❖ Flores, K. U. 2009. Determinación no destructiva de parámetros de calidad de frutas y hortalizas mediante espectroscopia de reflectancia en el infarrojo cercano. Universidad de Córdoba.
- ❖ Flórez et al. 2009. Estudio de las prácticas de cosecha y poscosecha de la papaya (Carica papaya cv. Maradol), en el Departamento del Huila, Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental.
- ❖ Fontanillas, J. 1989. El Caracol. Biología, patología y helicultura. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 17,36.
- ❖ García Chacón G. I. 2014. Población y control de caracol en el cultivar papaya, en San Antonio, Santa Rosa.
- ❖ García, 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de koppen. Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México D.F
- ❖ García, 2021. Estudio de las respuestas de plántulas de Carica papaya frente a condiciones de salinidad. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (EPSI) sección de ingeniería agraria, Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural.
- ❖ Gil A, Miranda D. 2005. Morfología floral y de la semilla de papaya (*Carica papaya* L.) variedad Maradol e híbrido Tainung-1. Agronomía Colombiana. 23:217-222.
- ❖ Granados et al. 2015. Situación actual y perspectivas tecnológicas para la papaya (*Carica papaya* L.) en el distrito de Veracruz, Veracruz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.6 Núm.4.
- ❖ Grau, 2014. Propiedades físico-químicas y mecánicas de la fruta bomba (*Carica Papaya* L.) para su posterior manejo poscosecha. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ingeniería Agrícola.

- ❖ Hernández. P. R. et al. 2015. Nuevo activador fisiológico potencializador de la fructificación en papaya (*Carica papaya* L). Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 37, n. 4, p. 1065-1073.
- ❖ Hinojosa R.L., Montgomery M.W. (1988). Industrialización de papaya: aspectos químicos y tecnológicos de la producción de puré aséptico. En: Simposio sobre cultivo de papaya, .2., Jaboticabal, 1988. Anais. Jaboticabal, FCAV/UNESP, pág.89-110. 1988.
- ❖ Hoyos Jerónimo y Alejandro Hurtado 2017. Efecto de la poda temprana de brotes laterales en el inicio de la floración de papaya Tainung 1.
- ❖ Hueso Martín, J. J. 2014. La papaya en el Sur de España. Fichas de transferencia, n. ° 001, 1-6.
- ❖ Jeyakumar, P., et al. Comportamiento fisiológico de cultivares de papaya bajo condiciones de estrés abiótico, 2007, 740, 209-215.
- ❖ Jiménez, J. 2002. Manual práctico para el cultivo de la papaya hawaiana. 1 ed. Earth 20-22.
- ❖ Kader, A. A. 2000. Avances en Aplicaciones CA/MA. Manejo de Perecederos Trimestral. 104, 8- 9.
- ❖ Lira, 2017. Caracterización de *Colletotricum ssp.* En frutos de papaya CV. Maradol de diferentes Estados de la República Mexicana y su control postcosecha. Colegio de Postgraduados. Institución de Enseñanzas e Investigación en Ciencias Agrícolas.
- ❖ Lobo G, Pérez E, Perrera S. 2012. Estudio preliminar de parámetros postcosecha de cinco variedades de papaya en Tenerife. Informe Técnico Cabildo de Tenerife.
- ❖ Mahouachi, J; Pio, A.; Socorro, R. A; Regalado, C. y Rodríguez P, M. C 2005. Respuestas de la papaya (*Carica papaya*, L.) frente al estrés hídrico: crecimiento vegetativo y contenido de elementos minerales. Actas Portuguesas de Horticultura (Portugal) 6:193-199.

- ❖ Manica, I. 1996. Cultivares de mejoramiento de mamón. In: Mendes, L. G.; Dantas, J. L. L.; Morales, C. F. G. Mameo en Brasil. Cruz de Almas: EMBRAPACNPMF, 1996. p. 121-143.
- ❖ Mariano Marcos J. 2009. “Análisis de la rentabilidad de la papaya maradol (*Carica papaya*) en el estado de Campeche con la tecnología BMF”. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. División de Ciencias Socioeconómicas. Departamento de Economía agrícola. Coahuila, México.
- ❖ Martínez Sagarra X. 2004.” ¿Es el control de la conductividad un parámetro adecuado para la gestión de la fertirrigación?”. Publicado en riegos y drenajes.
- ❖ Maruchi, A. E.; Tornet, Q. Y.; Ramos, R. R.; Farrés, A. E.; Aranguren, G. M. y Rodríguez, M. D. 2008. Caracterización y evaluación de dos híbridos de papaya en Cuba. Agric.
- ❖ Maruchi, A., Tornet, R., Ramos, E., Farrés, J., Castro, C., Rodríguez, L. 2015. Evaluación de tres cultivares de papaya del grupo Solo basada en caracteres de crecimiento y productividad. Cultivos Tropicales 29: 59- 64.
- ❖ Mirafuentes, H., F. 2000. Manual para producir papaya en Tabasco. Folleto para productores No.9 SAGAR-INIFAP. Tabasco. México .90 p.
- ❖ Mirafuentes, H.F. 1997. Manual para producir papaya en Tabasco. Folleto para productores. ISPROTAB. Gobierno del Estado de Tabasco. INIFAP Produce. Huimanguillo, Tabasco.
- ❖ Muy R D; Espinoza V B; Siller C J; Sañudo B A; Valdez T J; Osuna E T. 2009. Efecto del 1-Metilciclopropeno (1-MCP) y de una película comestible sobre la actividad enzimática y calidad poscosecha del mango ‘Ataulfo’. Revista Fitotecnia Mexicana. 32:53-60 pp.
- ❖ Nakasone, H. y R.E. Paull (1998). Frutas tropicales. CAB Internacional, Wallingford.
- ❖ Osuna Ruiz R. 2008. Evaluación de extractos orgánicos sobre la germinación de semillas de papaya (*Carica papaya L.*) Cv. Maradol. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

- ❖ Peñate, F., R.E. 1999. Efecto de hongos micorrizicos y fertilización NPK en el crecimiento, nutrición, producción y calidad de fruta en papaya (*Carica papaya* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Texcoco. México 127 p.
- ❖ Pereira, G. M; Marín, L. S. D; Martelleto, P. L. A; Ide, D. C; Martins, P. S y Pereira, S. T. N. 2002. Mejoramiento genético de mamón (*Carica papaya* L.): comportamiento de híbridos del norte de Estado de Río de Janeiro. In: XVIII Congreso Brasileiro de Fruticultura: Tecnología, competitividad, sustentabilidad, 22 a 26 de nov. 2002, Sta. Catarina, Brasil.
- ❖ Pérez Consuegra C. N. 2004. "Manejo Ecológico Manejo Ecológico Manejo Ecológico de Plagas". Centro de Estudios de Desarrollo Agrario y Rural-CEDAR. Universidad Agraria de La Habana Autopista Nacional, km 23, San José, La Habana, Cuba.
- ❖ Picos, 2017. Caracterización fenotípica, genotípica y secretómica de lasiodiplodia spp. patogénicas en frutos de papaya en México. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Culiacán, Sinaloa.
- ❖ Pinto, A., Martins, M., Dutra, E., Vitorazi, I. y Pereira, S. 2006. Influencia de la atmosfera modificada por filmes plásticos sobre las cualidades de mamón almacenado sobre refrigeración. Ciencia y tecnología de alimentos. 26: 744-748.
- ❖ Pontigo-Suárez, A. G.; Trejo-Márquez, M. A.; Lira-Vargas, A. A. 2015. Desarrollo de un recubrimiento con efecto antifúngico y antibacteriano a base de aceite esencial de orégano para conservación de papaya 'Maradol'. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, Vol. 16, núm. 1, pp. 58-63. Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C. Hermosillo, México.
- ❖ Porras. O. O. 2011. Efecto de la aplicación de ondas de ultrasonido sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) variedad común. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias y Tecnología de Alimentos. Vol. 20, No 23.

- ❖ Ramos, R.; Farrés, E. 2002. Nutrición en Papaya: Curso internacional de papaya, Guatemala. p.39-42.
- ❖ Ravitchandirane, V. N. Kumar, P. Jeyakumar, K. Soorianathasundaram y R.M. Vijayakumar, 2002. Influencia de los niveles de nutrientes de densidad de siembra en el crecimiento y rendimiento de papaya. CV. CO.2. HORT del Sur de la India. 50: 36-43.
- ❖ Rodríguez Cabello, Jesús; Díaz Hernández, Yusnier; Pérez González, Aymara; Natali Cruz, Zulma y Rodríguez Hernández, Pedro. Evaluación de la calidad y el rendimiento en *Carica sp.* nativas de Cuba. Cultivos Tropicales, 2014, Vol. 35, no. 3, pp. 36-44. ISSN 1819-4087.
- ❖ Rodríguez, M. A.; Rodríguez, N. A.; Dibut, Á. B.; Arozarena, D. N.; Lino, A.; Aile, de la C. V.; Rodríguez, M. A.; Martínez, A.; Montero, L.; García, M. X. y Rodríguez, J. 2011. Manejo agroecológico de la nutrición de papaya “Maradol roja” en plantaciones de ciclo corto. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. Habana, Cuba. 10 p.
- ❖ Rodríguez-Velásquez G. M. 2022. “Incidencia de las principales enfermedades que se presentan en el cultivo de papaya (*Carica papaya*), en el Ecuador”. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Ingeniería Agronómica.
- ❖ Romero-Montero et al. 1998. Efecto de la fertilización con Nitrogeno y Boro sobre la producción en papayo (*Carica papaya* L.) Tipo ‘Cera’. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma de Chapingo.
- ❖ Ruelas-González F. M. 2016. 1-metilciclopropeno para retrasar la maduración de papaya ‘maradol’ con destino a exportación. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Culiacán, Sinaloa.
- ❖ Sadras, V. O., Villalobos, F. J. y Fereres, E, 2017. Las limitaciones a la productividad de los cultivos. En: Villalobos Martín, F. J. y Fereres Castiel, E. Fitotecnia. Principios de agronomía para una agricultura sostenible. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

- ❖ Salazar, 2015. “Problemática y perspectivas de la producción y comercialización de la papaya maradol en la huasteca alta veracruzana, México”. El colegio de Veracruz. Maestría en Desarrollo Regional Sustentable.
- ❖ Santamaría, B. F. et al. 2015. Características de calidad de frutos de papaya maradol en la madurez de consumo. Agricultura Técnica en México Vol. 35 Núm.3.
- ❖ Santamaría, F.; Díaz, R.; Sauri, E.; Espadas, F.; Santamaría, J. M. y Larqué, A. Características de calidad de frutos de papaya Maradol en la madurez de consumo. Agric. Téc. Méx., 2009, Vol. 35 no. 3, pp. 347-353. ISSN 0568-2517.
- ❖ Santillán, M. 2021. Evaluación del efecto de aceite ozonizado sobre la incidencia de la enfermedad de la mancha anular (Papaya ringspot virus P, PRSV-P) en papaya (*Carica papaya*) en condiciones de campo. Tesis Ing. Agrp. Guayaquil, Ecuador. UCSG. 38 p.
- ❖ Singh, S.P. y Rao, D.S. (2011). Papaya (*Carica papaya* L.). Biotecnología y tecnología poscosecha de frutas tropicales y subtropicales. 86-12E.
- ❖ Storey, B. W. 1969. Papaya. In: F. D. Ferwerda and F. Wit, eds. Esquemas del mejoramiento de cultivos perennes en los trópicos. Varios Papers 4, Escuela Landbouwhoge, Wageningen, Países Bajos, p. 389-407. Téc. Méx. 34:333-339.
- ❖ Teixeira Da Silva, J. A., et al. Papaya (*Carica papaya* L.) Biología y Biotecnología. Libros de ciencia global, 2007, 1, 47-73.
- ❖ Toribio-Fernández, C. Cultivo de la papaya. En ABAD CATALINA, M., et al. Diez temas sobre plantas subtropicales. Madrid: Ministerio de Agricultura, 1969. Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- ❖ Vázquez Calderón M. 2014. Validación de marcadores ‘QTL’ asociadas al tipo sexual y morfología de fruto de (*Carica papaya* L.) var. Maradol, su implementación en la selección asistida por marcadores moleculares (SAM) y obtención de la huella genética mediante AFLP. Centro de Investigación Científica De Yucatán, México.

- ❖ Vázquez et al. 2016. “Validación del uso de marcadores moleculares de sexo y color en híbridos obtenidos de cruzas de Maradol x papaya criolla”. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.7 Núm.4.
- ❖ Vázquez García E. et al. 2010. “Producción y manejo postcosecha de papaya maradol en la Planicie Huasteca”. Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental las Huastecas Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas. Diciembre 2010 libro técnico No. 4 ISBN: 978-607-425-464-8.
- ❖ Vázquez, H. M. V. 2011. Nutrición mineral e inoculación con hongos micorrizicos en la calidad post cosecha de frutos de papaya Maradol. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- ❖ Villegas, V. N. Carica papaya L. En: VERHEIJ, E. W. M. y CORONEL, R. Recursos Vegetales del Sudeste Asiático #2: Frutas y Nueces Comestibles. Bogor: Fundación PROSEA, 1991.
- ❖ Yamamoto, H. Y. 1964. Comparación de los carotenoides en Carica papaya de pulpa amarilla y roja. Naturaleza 201:1049-1050
- ❖ Yang S F. 1985 Biosíntesis y acción del etileno. Ciencias Hortícolas. 20:41 p.

11.- ANEXOS

Anexo 1. Evidencias fotográficas de actividades de campo



Figura 1. Preparación del terreno



Figura 2. Plántula de papaya



Figura 3. Plántula trasplantada



Figura 4. Trasplante de plántulas



Figura 5. Resiembra de plantas



Figura 6. Encalado de plantas



Figura 7. Lavado de raíces



Figura 8. Monitoreo nutricional con lisímetro de succión



Figura 9. Deshoje de hojas adultas



Figura 10. Bordeo de camellones



Figura 11. Muestreo de suelo con extracto de pasta de suelo



Figura 12. Aplicación de fertilización granulado

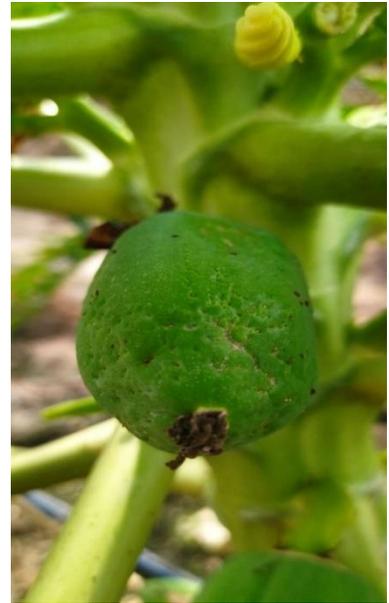


Figura 13. Fruto con daños por ácaros y araña roja



Figura 14. Raíz principal con daños de Phytophthora



Figura 15. Preparación de peciolo para análisis de savia en la planta



Figura 16. Riego por goteo de plantas



Figura 17. Fruto deforme



Figura 18. Cosecha de papaya



Figura 19. Lavado de fruta



Figura 20. Prelavado, lavado y empacado de la fruta.

Anexo II. Evidencias fotográficas de muestras de laboratorio



Figura 21. Medición de diámetro máximo



Figura 22. Medición diámetro mínimo



Figura 23. Toma de color de cascara



Figura 24. Toma de firmeza de la fruta



Figura 25. Toma de color de pulpa



Figura 26. Tamaño de placenta de la fruta



Figura 27. Toma del pH de jugo de papaya



Figura 28. Toma de grados brix



Figura 29. Molido de la fruta

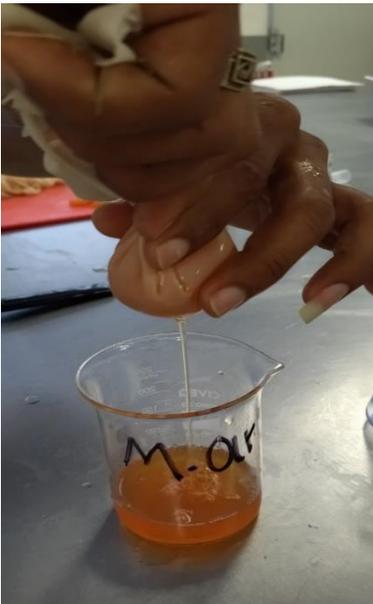


Figura 30. Filtrado del jugo de papaya



Figura 31. Preparación para la titulación



Figura 32. Proceso de titulación



Figura 33. Semillas de papaya

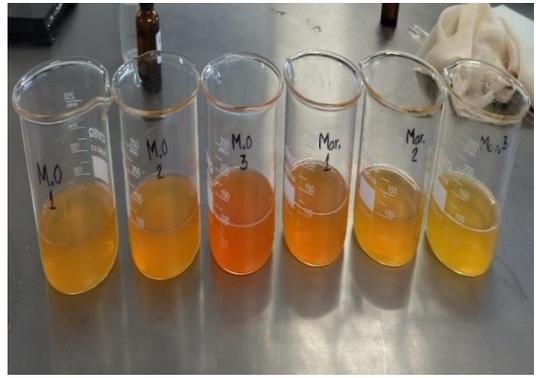


Figura 34. Muestra para grados brix



Figura 35. Etapa final de titulación