

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS PARA LA
PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE PAPAYA (*Carica papaya*),
HÍBRIDO TAINUNG F1.

Trabajo de graduación presentado en modalidad de Trabajo profesional por
Marco Antonio Xinic Gómez
para optar al título universitario de Ingeniero en Tecnología Agrícola y
Pecuaria en el grado académico de Licenciado

Guatemala
2018

EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS PARA LA
PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE PAPAYA (*Carica papaya*),
HÍBRIDO TAINUNG F1.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería

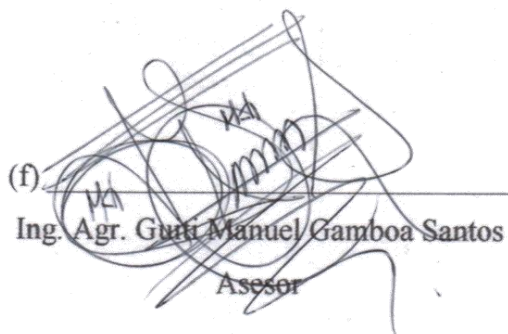


EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS PARA LA
PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE PAPAYA (*Carica papaya*),
HÍBRIDO TAINUNG F1.

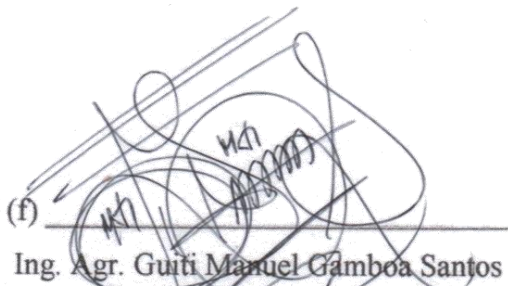
Trabajo de graduación presentado en modalidad de Trabajo profesional por
Marco Antonio Xinic Gómez
para optar al título universitario de Ingeniero en Tecnología Agrícola y
Pecuaria en el grado académico de Licenciado

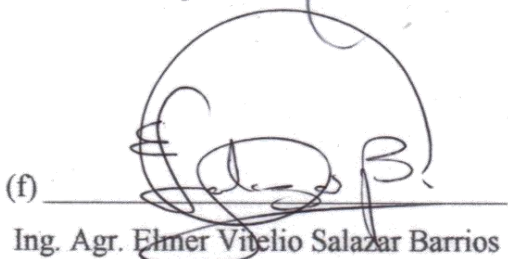
Guatemala
2018

Vo Bo.:

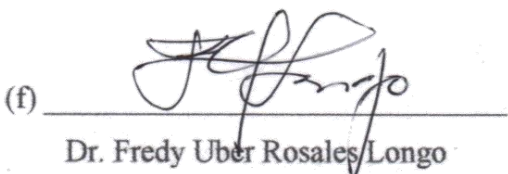
(f) 
Ing. Agr. Guiti Manuel Gamboa Santos
Asesor

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Agr. Guiti Manuel Gamboa Santos

(f) 
Ing. Agr. Elmer Vitelio Salazar Barrios

Director Ingeniería en Tecnología Agrícola y Pecuaria, UVG campus sur.

(f) 
Dr. Fredy Uber Rosales Longo

Fecha de aprobación: Guatemala, 25 de enero 2018

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE ILUSTRACIONES	vii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
A. Objetivo general.....	2
B. Objetivo específico	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	3
IV. MARCO TEÓRICO.....	4
A. Cultivo de papaya en Guatemala	4
B. Sustratos.....	16
V. MARCO METODOLÓGICO	23
A. Ubicación del estudio.....	23
B. Materiales	24
C. Plan experimental	28
VI. RESULTADOS.....	41
A. Variables de respuesta.....	41
VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
VIII. CONCLUSIONES.....	47
IX. RECOMENDACIONES	48
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
XI. ANEXOS	53

LISTA DE TABLAS

	Página
1. Oferta de papaya a nivel nacional en miles de toneladas	5
2. Consumo por persona de papaya en centros urbanos a nivel nacional en kg/ año	5
3. Evolución de demanda insatisfecha de papaya a nivel nacional en toneladas	5
4. Evolución de precios promedio de papaya en cientos de quetzales	5
5. Aporte nutricional de la papaya en general por cada 100 gramos	15
6. Diferencias fundamentales entre cultivo en suelo y en sustrato	16
7. Especificaciones del Peat Moss	25
8. Disposición de los tratamientos a evaluar	28
9. Análisis de varianza generalizado para las variables de respuesta	33
10. Dimensiones de las bolsas utilizadas en los sustratos	38
11. Variables de respuesta del experimento	42
12. Análisis de varianza del diámetro del tallo de las plántulas en los sustratos	42
13. Análisis Tukey del diámetro de las plántulas de papaya	43
14. Análisis de varianza de la longitud del tallo de las plántulas en los sustratos	44
15. Análisis Tukey de la longitud de las plántulas de papaya	44
16. Datos de altura de las plántulas de papaya híbrido Tainung F1	54
17. Datos del diámetro del tallo de las plántulas de papaya híbrido Tainung F1	54
18. Datos de la cantidad de hojas verdaderas de las plántulas de papaya híbrido Tainung F1	54

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Página
1. Planta de papaya.....	6
2. Raíz de papaya	7
3. Tallo de papaya	7
4. Hoja de papaya.....	7
5. Fruto de papaya.....	8
6. Carta de colores de las hojas	13
7. Mal de talluelo	14
8. Sustrato Peat Moss.....	20
9. Área de vivero segmentada para uso en la evaluación	23
10. Distribución del área experimental.....	24
11. Semillas de papaya híbrido Tainung F1 en presentación de lata.....	24
12. Sustrato Peat Moss	25
13. Sustrato Floratropic®.....	26
14. Informe de análisis de laboratorio del sustrato Floratropic®	26
15. Tierra proveniente del campo agrícola experimental de la Universidad del Valle de Guatemala, Campus Sur	27
16. Arena blanca proveniente de Patulul, Suchitepéquez.....	27
17. Posicionamiento de las repeticiones del experimento según el diseño completamente al azar	29
18. Carta de colores para hojas a utilizar en la investigación ²	30
19. Desarrollo de las plántulas de papaya a 15 días después de la siembra.....	31
20. Desarrollo de las plántulas de papaya a 45 días después de la siembra.....	32
21. Plántulas de papaya desarrolladas en los sustratos en fase final de vivero.....	33
22. Pre germinación de la semilla de papaya	36
23. Efecto de la pre germinación en las semillas.....	36
24. Medición de temperatura en el agua para desinfección de sustratos	37
25. Desinfección de sustratos con agua a 85° C.....	38
26. Sustratos listos para su uso.....	38
27. Implementos utilizados para la aplicación de agroquímicos	40
28. Tabla Munsell para botánica utilizada para rectificación de nutrición vegetal	40
29. Porcentaje de germinación de las semillas por tratamiento.....	41

	Página
30. Promedio del diámetro del tallo de las plántulas en los sustratos a 45 dds	43
31. Promedio de la longitud del tallo de las plántulas en los sustratos a 45 dds	44
32. Promedio de la cantidad de hojas verdaderas en fase final de vivero.....	45

RESUMEN

El propósito de la presente investigación fue evaluar cuatro sustratos para la producción de plántula de papaya (*Carica papaya*), híbrido Tainung F1 con la finalidad de contribuir en los avances de tecnologías agrícolas, para la costa sur del país orientados a la fase de vivero.

La evaluación se orientó a establecer el nivel de desarrollo de plantas de papaya en cuatro diferentes sustratos mediante la evaluación de las variables de respuesta propuestas: porcentaje de germinación y mortalidad, diámetro del tallo (mm), longitud del tallo (cm) y la cantidad de hojas verdaderas en fase final de vivero a 45 días después de la siembra. Los tratamientos (sustratos) en evaluación fueron: a) Peat Moss, b) Floratropic®, c) tierra y arena en proporción 40:60 y d) tierra o suelo de la región.

El sustrato Peat Moss fue el tratamiento del que se obtuvieron los mejores indicadores del desarrollo de las plántulas ya que germinó el 95% de semillas a 16.67 mm de diámetro y 19.95 cm de longitud/plántula a 45 días, como duración de la fase de vivero con 12 hojas verdaderas promedio.

I.INTRODUCCIÓN

El sector frutícola de Guatemala ha ampliado sus horizontes en la disposición de especies para ser competitivos en el mercado nacional e internacional, en el caso del cultivo de papaya (*Carica papaya*) éste se ha desarrollado principalmente en el norte del país, en donde se posiciona como un cultivo de exportación, principalmente a Estados Unidos y Europa (Flores Sánchez, 2005). El país ha hecho financiamientos considerables en el cultivo de papaya y ha adelantado a Belice. En el 2016 Guatemala pasó a ser oficialmente, el mayor exportador de esta fruta tropical. (Fresh Plaza, 2016)

El cultivo de papaya se inició con variedades criollas, hacia el 2004 se empezó el establecimiento agrícola del híbrido mejorado Tainung que se destaca por producir frutos de pulpa de color rojo y de 12 – 13% dulzura en °Brix. El comienzo de floración es a 218 días después de la siembra y se propaga a través de semillas (Martínez Frías, 2012); es crucial el manejo adecuado de las plantaciones debido a las altas inversiones que se realizan en el cultivo.

La mayor productividad y calidad de frutos se logra a altitudes no mayores a los 600 metros, a mayor altura se desarrollan frutos insípidos, con menor contenido de azúcares y, por lo tanto, menor calidad. (Ministerio de economía de Guatemala, 2015). Con el establecimiento eficiente de este cultivo se fortalecerían las zonas frágiles de la costa sur de Guatemala al volverse productivas agrícola y económicamente beneficiando además a los agricultores pequeños con participación en el mercado local. Esta variedad de papaya ha venido a sustituir a la papaya criolla, que se comercializa en pequeñas cantidades. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2017) .

Uno de los pasos para lograr una buena producción en papaya, es en la fase de propagación en vivero. Para contribuir a la mejora de procesos en su propagación, se realizó una investigación con fines de comparar el desarrollo vegetativo de la papaya en cuatro sustratos diferentes: Peat Moss, Floratropic®, suelo de la región y mezcla de suelo de la región con arena blanca (40:60) en el híbrido de papaya Tainung F1 en el campo experimental de la Universidad del Valle de Guatemala, Campus Sur; ubicado en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. El experimento se estableció con diseño estadístico completamente al azar distribuido en tres repeticiones. Los datos fueron analizados con el paquete estadístico de Microsoft Excel 2016 a través del análisis de varianza ANOVA a 5% de margen de error.

Para la prueba experimental, se consideró únicamente la fase de vivero la cual duró 45 días, dicho tiempo suele ser la modalidad (Véliz, 2017). Se midieron las principales variables de respuesta, que se relacionan con el desarrollo y vigor de las plantas en esta fase.

II.OBJETIVOS

A. Objetivo general

- * Contribuir con el desarrollo tecnológico de la propagación de papaya en condiciones de vivero.

B. Objetivo específico

1. Evaluar la respuesta de la papaya en términos de capacidad de germinación y desarrollo de plantas en condiciones protegidas en la fase de vivero, con respecto al uso de cuatro sustratos.

III.JUSTIFICACIÓN

El territorio nacional durante las últimas décadas se ha expandido en las exportaciones frutícolas con la incorporación de frutos de papaya, además de registrar mayor cantidad de área dedicada a su cultivo; ya que en el 2000 era de 700 hectáreas (ha) mientras que para el 2013 fue de 2 280 ha, por su parte, el rendimiento de toneladas métricas de frutos (TM) / ha disminuyó 35.49% pues 34.34 TM/ha se reportaron en los primeros años dedicados a su manejo, y para el 2013 se estimaron 22.15 TM/ha (Ministerio de economía del gobierno de Guatemala, 2014). El costo de producción de una hectárea de papaya es de Q. 150 000.00 pudiendo generar ingresos aproximados de Q214 000.00 en dos años (Flores Sánchez, 2005); razón por la cual los procesos deben ser eficientes teniendo en cuenta que existe demanda del fruto en el país y en el extranjero, ya que para el 2013 se registraba un incremento de 25% comparado con el 2012 que reportaba 268 toneladas de papaya, así es necesario generar tecnología en todas las fases del cultivo, que disminuya los costos de producción sin afectar la producción de las plantas. Esto además contribuye con la diversificación de cultivos en la costa sur.

El potencial de desarrollo del cultivo de la papaya en la costa sur de Guatemala, abre las posibilidades de iniciar la producción para la exportación y la producción para consumo nacional. Estos eventos requieren que la explotación de la especie se realice con los mejores niveles de rentabilidad posibles. El desarrollo de conocimiento y tecnologías apropiadas, pueden contribuir notablemente en el desarrollo global del cultivo y en el mejoramiento de los beneficios económicos. Dentro de las fases críticas del cultivo, se encuentra la propagación por semillas en viveros adecuados. Los conocimientos al respecto pueden ser de suma utilidad, ya que la producción de papaya está en función directa con la calidad del material vegetal que se lleva desde el invernadero hacia el campo definitivo.

Este trabajo busca desarrollar conocimiento y metodologías que ayuden a mejorar las condiciones de propagación de la papaya en condiciones de vivero.

IV.MARCO TEÓRICO

A. Cultivo de papaya en Guatemala

1. Sector productor de papaya. Hasta el momento, la papaya en Guatemala no es un producto en el mercado internacional por diversas razones entre los que destacan la falta de tecnología de producción adecuada, las enfermedades, uso de semillas criollas no seleccionadas, y otros. La papaya, sin embargo; se considera con gran potencial para ser un rubro muy alto en las exportaciones guatemaltecas, ya que estudios en Estados Unidos indican que la papaya tiene una demanda creciente de 15 años (Sullivan, comunicación personal, 1999 a Sánchez, Palmieri, Vergara y López). Además, Guatemala posee el clima y extensiones grandes con las condiciones apropiadas para su cultivo.

El cultivo de papaya para consumo interno es de alta rentabilidad y de gran aceptación forma fresca y procesada. Sin embargo, para Guatemala, la mayor restricción para la exportación al exterior ha sido la infestación por la mosca del mediterráneo; este producto puede ser cultivado con éxito y de hecho se está sembrando en el área de Petén. (Sánchez, Palmieri, Vergara, & López, 1999)

La cosecha de esta fruta en Petén ha sido tecnificada con el apoyo del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, MAGA, y la Misión Técnica de la República de China en Taiwán. Según Barquín Aldecoa (2002), del proyecto Fitosanitario del MAGA, el plan de la cosecha de papaya nació a raíz de que Petén fue declarado área libre de la mosca del Mediterráneo. (Escobar López, 2002)

Las regiones con grandes potenciales para el cultivo de la papaya y los cuales se están explotando son: las regiones de Sur Oriente, Nor Oriente y Costa Sur, las cuales en su mayoría poseen la papaya nativa. (Lima Sigüina, 2005)

Los principales departamentos que producen papaya son los siguientes: El Progreso, Escuintla, Jutiapa, Retalhuleu, Suchitepéquez y Zacapa con papaya variedad criolla desde 1998. En el 2000 el Departamento de Chiquimula empezó a cultivar la variedad Maradol y Retalhuleu con la variedad Sunrise. En el 2001 El Progreso, Retalhuleu, Petén y Jalapa empezaron a cultivar también la variedad Maradol. En ese mismo año también el departamento de Retalhuleu empezó a cultivar la variedad Hawaiana, San Marcos y Santa Rosa la variedad Criolla (Quintana Lindo, 2011).

En el 2002 Jutiapa, Quetzaltenango, Suchitepéquez y Zacapa empezaron con el cultivo de la variedad Maradol. En el año 2003 Petén empieza a cultivar la variedad Criolla y Escuintla con Maradol. En el año 2004 Petén empieza a cultivar Tainung, Quetzaltenango la criolla y Suchitepéquez la Hawaiana. En el 2005 Santa Rosa además de otras variedades empieza a cultivar Maradol. La producción de papaya a nivel nacional

según el sector agrícola expresada en miles de toneladas desde el año 1995 fue de 13.85 y en el año 2000 fue de 23.69, es importante aclarar que la unidad de papaya en mención pesa aproximadamente 3 libras, por lo que una tonelada equivale a 667 de éstas (Quintana Lindo, 2011).

Tabla 1. Oferta de papaya a nivel nacional en miles de toneladas¹

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Papaya	23.7	28.8	29.83	30.86	31.89	32.92	33.95	35.05	36.18

¹Proyecciones a partir del año 2000

Fuente: (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2000)

Tabla 2. Consumo por persona de papaya en centros urbanos a nivel nacional en kg/ año

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Papaya	4.56	4.85	5.14	5.4	5.7	6.0	6.3	6.63	6.98

Fuente: (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2000)

2. Evolución de demanda insatisfecha de Papaya a nivel nacional. En Guatemala se tenía demanda insatisfecha de papaya a nivel nacional con promedio de 482.56 toneladas, desde 1994 al 2009 equivalente a 965,120 libras o 321,707 unidades de Papaya.

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA- en su sección de DEFRUTA, se tiene en cabeceras departamentales o cascos urbanos consumo per cápita de papaya de 1 Kg x persona x año, es decir, 1.4 unidades de papaya x persona x año que para los años 1993 y 2000 fue de 2.4 Kg x persona x año.

Tabla 3. Evolución de demanda insatisfecha de papaya a nivel nacional en toneladas

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Papaya	0	17	62.35	120.02	151.2	182.38	213.56	267.14	334.16

Fuente: (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2000)

3. Análisis de precios.

Tabla 4. Evolución de precios promedio de papaya en cientos de quetzales*

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Papaya	482.17	613.59	444.55	706.66	738.84	784.44	840.04	887.05	936.69

*Precio equivalente a cien unidades de papaya.

Fuente: (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2000)

4. Descripción taxonómica del cultivo.

Ilustración 1. Planta de papaya



Fuente: (Schoepke, 2011)

División: Spermatophyta
 Subdivisión: Magnoliophita
 Clase: Magnoliopsida
 Orden: Violales
 Familia: Caricaceae
 Género: *Carica*
 Especie: *Carica papaya*

La Papaya es una planta herbácea, de crecimiento relativamente rápido, y de vida corta (de 3 a 15 años), tiene un tallo hueco, segmentado y erecto, presenta gran número de hojas grandes, y lobuladas, puede alcanzar varios metros, presentando un incremento de 1.5 a 2 metros después de un año; sobre todo en las variedades más silvestres, en la actualidad se trabaja en variedades de porte bajo para facilitar la cosecha. (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México, 2017) Esta especie es considerada de origen americano, específicamente de Centroamérica, entre México y Costa Rica (León, 1987).

a. Raíz. Formada por una raíz principal o primaria o secundarias, alcanza profundidades de 0.60 – 1.00 m, se forman en forma vertical y radial, esto depende del marco de plantación que se emplee, si el marco responde a un área de espacio vital cuadrada o rectangular la raíz es nabiforme, cónica, tiene un alto contenido de agua y su corteza es blanda, para los pequeños agricultores este conocimiento es de gran importancia, ya que se puede inferir en las labores agro técnicas del cultivo.

Ilustración 2. Raíz de papaya



Fuente: (Armas, 2012)

b. Tallo. Es cónico y muy rara vez es ramificado, la altura y diámetro depende de la variedad, su centro es hueco, en los estadios de adulto es fibrosa su corteza, formado por una medula acuosa, cuando la planta es joven tiene alto contenido de agua y su color es verde morado, al ser mayor toma un color verde grisáceo, la corteza puede ser lisa o rugosa, depende de la variedad. El tallo es dispuesto de cicatrices al volverse senescentes los pecíolos.

Ilustración 3. Tallo de papaya



Fuente: (Armas, 2012)

c. Hojas. Las hojas son de color verde, presentan un pecíolo largo hueco de color verde o morado dependiendo de la variedad, las hojas pueden tener un diámetro de 0.50- 0.60 m, permitiendo una gran actividad fotosintética por su tamaño y número de hojas, según investigaciones realizadas por Mederos (1983), las hojas tienen un ritmo de emisión de una a dos por semana de vida, de acuerdo con el estado de desarrollo de la planta.

Ilustración 4. Hoja de papaya



Fuente: (Armas, 2012)

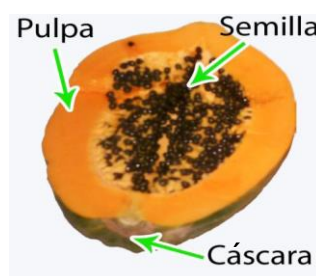
d. Flores. Se caracteriza por tener una gran diversidad, lo que origina a la vez variabilidad de plantas, su origen es caulinar y se agrupa alrededor del tallo, En la misma planta se pueden encontrar flores masculinas, hermafroditas y femeninas, la floración se inicia después de los 2 – 3 meses de plantada, y su inicio va a estar relacionada con el desarrollo y crecimiento general de la planta, y más en particular con el aumento del diámetro de la planta.

1) Composición floral. La fruta baya posee tres formas florales: pistiladas, estaminadas y hermafroditas, se polinizan de manera entomófila (por insectos) o anemófila (por viento) con seis tipos de flores:

e. Fruto. El fruto tiene diversidad de formas, es una baya de gran tamaño, distinta según la variedad, y tipo de flor que se trate, su coloración es de verde claro a oscuro, al madurar adquiere coloración amarillenta, el contenido de látex es mayor cuando se encuentra verde, los frutos pueden aparecer en solitario o en racimos. La cantidad por planta va a estar determinada por el tipo de flor que exista y por el contenido de reserva, varios investigadores (Mederos 1993), relacionan el diámetro del tallo con la fructificación de la planta, dependiendo el 50 % de la misma de este parámetro.

La cáscara del fruto puede ser lisa o tener surcos longitudinales, más menos profundos, su pulpa también es variable; presenta una coloración blanca crema cuando esta verde, se torna amarilla oro o mamey cuando está madura.

Ilustración 5. Fruto de papaya



Fuente: (Armas, 2012)

f. Semilla. Es de forma ovoide y de color marrón oscuro en la madurez. Su tamaño fluctúa entre 4 y 6 mm, considerándose de tamaño pequeño (Moreno, 1980) (Niembro, 1988).

5. Fenología del cultivo. La fenología una rama de la agrometeorología que trata de las condiciones climatológicas (luz, temperatura, humedad, etc.) y los fenómenos biológicos periódicos, por ejemplo: las primeras hojas, brotación de yemas, floración, migración de aves, etc. Estos fenómenos se denominan fases fenológicas, siendo la aparición, transformación o desaparición rápida de los órganos vegetales, es desde la emergencia o germinación de las plantas, considerando el desarrollo vegetativo, floración y fructificación,

en definición; como los rasgos o cambios morfológicos cíclicos que experimentan los vegetales, en función a la influencia ambiental. (M. C. Lorenzana, 2013)

a. Fases de desarrollo.

1) Germinación o emergencia. Es el período comprendido desde el estado de semilla hasta la aparición de la radícula, las semillas de papaya generalmente germinan a los 7 – 10 días dependiendo de las condiciones climáticas.

2) Desarrollo vegetativo. Es la fase de desarrollo del tallo y las hojas verdaderas de la papaya, es decir, ya han brotado los cotiledones y aparecen los primeros pecíolos. Las plantas alcanzan una altura de 15 a 20 cm en un período que puede oscilar entre 30 y 50 días dependiendo de las condiciones climáticas.

Para el ciclo completo del cultivo, deben considerarse las fases de floración y fructificación.

b. Vivero. El establecimiento y manejo del vivero constituye la etapa de mayor importancia en el proceso productivo. Plantas sanas y vigorosas aseguran buenas plantaciones. Para el logro de una planta con calidad óptima para el trasplante es imprescindible la utilización de semillas certificadas.

El vivero debe establecerse cercano al área de plantación y lejos de viejas plantaciones (1000 metros mínimo). Se debe contar con barreras naturales para protección contra el viento, así como cercado perimetral con malla antiáfidos para protección contra el Virus de la Mancha Anular.

También pueden ser utilizados invernaderos o casas de cultivo protegido, que bordeen una mejor protección fitosanitaria y un mejor desarrollo de las plantas.

El suelo o sustrato que se necesita para el llenado de los envases debe poseer un pH en rango entre 6.5 y 7.5, alto porcentaje de materia orgánica, libre de nematodos, hongos (*Phytophthora palmivora*) y otros hongos de suelo.

El agua que se utilizará en el vivero no debe sobrepasar las 200 ppm de sales totales ni ser de estanques biológicamente activos (lagunas y otros).

1) Llenado de bolsas y delimitación de área. Las bolsas más recomendables para papaya son de 20 cm x 15 cm capaces de contener aproximadamente 1 Kg de sustrato. El suelo debe cernirse con una malla de 3 a 4 cm. de diámetro y una proporción de 50 % de M.O. y 50 % de suelo.

Al colocar las bolsas el área asignada deberá tenerse cuidado de rellenarlas hasta el borde con sustrato cernido y desinfectado para facilitar la siembra y evitar que al doblarse hacia adentro la parte sobrante contribuya a la falta de uniformidad en el riego y otras aplicaciones.

El área de vivero puede ser, opcionalmente, de 0.80 m, 1.00 m a 1.20 m de ancho dejando 60 cm de caminos entre surcos de bolsas. El largo estará en dependencia del tamaño del vivero, sistema de riego, etc. Utilizando este tipo de bolsa se deberá lograrse una densidad de 144 bolsas / m².

2) Siembra. Las semillas se remojarán durante un período entre 24 y 48 horas, pudiendo llegar a 72 horas, dependiendo de la temperatura. Transcurridas 24 horas mínimo, las semillas que floten se pasarán a otro recipiente y si en 24 horas más no precipitan, se eliminarán. Se sugiere usar cualquier fungicida recomendado para tratamiento húmedo de semillas.

3) Trasplante. Durante su crecimiento vegetativo, las plantas son observadas para analizar su desarrollo radicular, el cual indica el momento óptimo de trasplante. Las raíces no deben sobrepasar el largo de la bolsa que las contiene. Es preferible trasplantar plantas pequeñas, pues son más fáciles de acarrear y adaptar. Cuando las plantas sobrepasan el tiempo y talla en el vivero son muy susceptibles a daños durante el traslado y trasplante.

4) Control fitosanitario en vivero. Es de gran importancia la aplicación de un programa preventivo para lograr plantas de calidad. Como en el vivero debe mantenerse una alta humedad tanto en el suelo como ambiental, hay que mantener una cobertura constante contra hongos tanto del suelo como del follaje. Los hongos se pueden controlar mediante la desinfección del suelo o sustrato como se explica anteriormente y los que pueden afectar la parte aérea se pueden prevenir con aplicaciones semanales en fungicidas convencionales.

Los insecticidas, dosis y frecuencia de aplicación se harán en función del tipo de insecto a controlar. Pueden usarse productos de contacto o sistémicos evitando la aplicación de parathion, metil-parathion, diazinón y otros que tienen efectos fitotóxicos sobre la papaya. En los casos que sean necesarios se usarán molusquicidas o se pueden preparar cebos con este objeto. También las hormigas cortadoras (*Atta* sp.) pueden causar daños, por lo que se vigilará la presencia de las mismas y se usarán los cebos apropiados para cada caso. (Armas, 2012)

5) Riego de las bolsas. El tiempo o frecuencia de esta labor está en función directa del tipo de sustrato, tamaño de la planta y del medio ambiente del vivero. Las plántulas en el vivero se deben de mantener con humedad constante, manteniendo el suelo o sustrato siempre a capacidad de campo. El agua que se utilice debe ser de pozo o del sistema de agua potable que no esté clorada. Nunca se debe utilizar agua estancada,

salina o con altos niveles de cloro (Cl) o sodio (Na). Es recomendable un análisis previo de la calidad o estandarización.

6) Fertilización del sustrato. Para estimular mayor desarrollo del sistema radical se aplica al suelo un estimulador de enraizamiento cuando se tengan de 3–5 hojas verdaderas, además de un fertilizante foliar completo, se pueden aplicar otras formulaciones como urea desbiuretizada (44-0-0) si las plantas muestran clorosis o fertilizante foliar 20-30-10 para su fortalecimiento. Algunas fórmulas que pueden aplicarse son: 12- 61-0 eficiente para la raíz y 20-20-0 para color y follaje.

6. Características edafoclimáticas

a. Temperatura. Por debajo de 12° C grados afectan en gran medida el crecimiento de la planta, la temperatura óptima de desarrollo de la papaya está entre 23- 26° C, las altas temperaturas constantes a 30° C, afectan el desarrollo de la planta.

b. Humedad. El agua es el constituyente principal de la planta, 85 %, en las fases de vivero, trasplante y desarrollo la planta es exigente al agua, por lo que se debe realizar riegos semanales, en caso de no contar con este, debe sembrarse en zonas de precipitaciones abundantes que garanticen el desarrollo de la planta, el agua no debe ser un limitante para el cultivo.

c. Vientos. Los vientos fuertes pueden causar la caída de los frutos, flores y en ocasiones del tallo, la intensidad del viento constante aumenta la transpiración de la planta, de no existir una humedad requerida la planta se puede ver afectada.

d. Luz. La papaya necesita abundante iluminación para sus procesos fisiológicos, la distancia de plantación juega un papel fundamental en la intensidad de luz para la planta, debe tener como mínimo 4 m² de espacio vital y marco de plantación de 2 x 2 metros, desarrollando su ciclo metabólico sin dificultad.

e. Suelo. La papaya se desarrolla en suelos de buen drenaje tanto interno como superficial, suelto y húmedo, alto contenido de materia orgánica, pH de 6 – 7, rico en nutrientes y materia orgánica.

7. Principales plagas y enfermedades en vivero

a. Enfermedades fungosas

1) Pudrición del tallo, pie y del cuello *Phytophthora palmivora*. Esta enfermedad se conoce también como *Damping off*. La enfermedad comienza en el tallo a nivel del suelo y avanza con rapidez hacia arriba y hacia abajo. Cuando se detectan afectaciones en condiciones de vivero, las raíces de las plántulas jóvenes se observan totalmente podridas. En el cuello de estas plantas se observan manchas oscuras acuosas, que provocan su rápida declinación se secan y mueren cuando la necrosis ya ha rodeado el tallo.

La enfermedad es más frecuente en suelos con mucha materia orgánica, mal drenaje y poca aireación y cuando el riego es excesivo.

a) Síntomas y epidemiología. Los primeros síntomas se presentan con marchitez de las hojas, seguidos por estrangulamiento de los tallos a nivel del suelo y finalmente pudrición de la raíz estos daños son causados por los hongos de los géneros *Phytophthora* sp., y *Fusarium* sp., que ocasionan las pudriciones de los tallos después del trasplante a campo.

Este hongo causa la pudrición del pie y de los frutos y persiste en el suelo, causando problemas al replantar. Las infecciones de las raíces ocurren durante el desarrollo de las plantas jóvenes causando necrosis de las raíces, marchitez y muerte de las plantas jóvenes en los viveros y la primera etapa del desarrollo del campo. La enfermedad durante los períodos húmedos ataca además los frutos produciendo manchas acuosas en la superficie del fruto que rápidamente se cubren de un moho de color blanco sucio cubierto de esporas. Las lesiones pueden presentarse en cualquier parte del fruto, incluyendo la base del fruto.

b) Manejo de la enfermedad de pudrición de la raíz. El establecimiento de plantaciones en los campos infectados puede ser llevado a cabo llenando los huecos con suelo virgen de áreas no infectadas o utilizando el hongo antagonista *Trichoderma harzianum*; además de mejorar drenaje de los campos.

c) Control. Los factores que afectan produciendo enfermedades fungosas son: el exceso de humedad, el suelo reciclado y la temperatura, algunos ejemplos de productos que puede utilizarse, en el caso de agro químicos, para combatir las enfermedades fungosas, implementados con ferti riego, son los siguientes:

- Boscalida 25.2% + piraclostrobina 12.8%: 10 copas Bayer por 20 litros de agua.
- Etridiazole 15% + metiltiofanato 25% e imidacloprid 20% :14 y 5 copas Bayer por 20 litros de agua.
- Dimethomorph 12% + pyraclostrobin 6.7%: 10 copas Bayer por 20 litros de agua.
- Fosetil aluminio + propomocarb.

(Beltran Véliz, 2016)

8. **Nutrición vegetal.** Los agricultores por lo general usan el color de las hojas como un indicador subjetivo y visual de la necesidad de nitrógeno por parte del cultivo. Cuando las hojas son pálidas o de color verde - amarillento en lugar de verde oscuro, los agricultores consideran que necesitan más nitrógeno. Los investigadores también han encontrado que la intensidad del color de las hojas está directamente relacionada con el contenido de clorofila y con la cantidad de nitrógeno en la hoja. Una carta de colores de las hojas preparada a partir del diseño japonés original (Balasubramanian *et al.*, 1998) puede ayudar a los agricultores a medir la intensidad del color de las hojas.

La carta de colores es una herramienta simple, fácil de usar y de bajo costo para determinar el momento en que es necesario aplicar nitrógeno en cobertura al cultivo. Puede ser útil para promover la aplicación de dosis variables de nitrógeno según la necesidad del cultivo y en base al nitrógeno disponible en el suelo y la demanda del cultivo. Es una herramienta ideal para optimizar la eficiencia del uso del nitrógeno sin tener ninguna relación con la fuente de nitrógeno aplicado, ya sea orgánico, biofertilizantes o químicos.

a. **Carta de colores.** Consiste en seis tonalidades de verde: desde el verde - amarillento - número 1 en la carta - hasta el verde oscuro - número 6 en la carta.

Ilustración 6. Carta de colores de las hojas



Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2017)

b. **Plagas y enfermedades en vivero**

1) **Enfermedades.**

a) **Mal de talluelo.** Esta enfermedad es producida por los hongos: *Phythium* sp., *Rhizoctonia* sp., y *Fusarium* sp., los cuales los cuales atacan las plántulas a nivel de los viveros y después del trasplante, iniciando con un estrangulamiento a nivel del cuello, el cual se pudre y la plántula muere; sin embargo, cuando van madurando y lignificando sus tejidos, desarrollan una resistencia al daño por estos hongos. Generalmente, el sistema radicular no sufre ningún daño, para evitarlo, deben utilizarse sustratos con buen drenaje.

Ilustración 7. Mal de talluelo



Fuente: (Álvarez Córdova, 2010)

9. Papaya híbrido Tainung F1. En los últimos años se está produciendo variedades mejoradas y los híbridos como Tainung F1, de origen taiwanés, no sólo por su exquisito sabor, sino también por sus características de duración en pos cosecha y su resistencia al transporte en largas distancias. (Gil & Miranda, 2005) Es uno de los frutos de mayor consumo en el interior del país, debido a sus poderes digestivos, pues la papaya, en general, es sumamente rica en antioxidantes, entre los que destaca especialmente el contenido de licopeno, un carotenoide natural que contribuye a la particular coloración de esta fruta, y que es precisamente la que aporta esas cualidades antioxidantes. Por este motivo, la papaya es especialmente útil a la hora de reducir la acción negativa de los radicales libres, que son agentes oxidantes resultado del transcurso del metabolismo natural del organismo, de manera que si nuestro organismo los produce en exceso causan daños en el ADN y en el tejido conjuntivo, además de ocasionar deterioro celular.

En la papaya también encontramos flavonoides, que al igual que el licopeno, actúan como antioxidantes naturales frente a los radicales libres. De esta forma, la papaya se convierte en una fruta excelente en la prevención de enfermedades cardiovasculares. Particularmente, los flavonoides son especialmente útiles a la hora de proteger a nuestro organismo de la oxidación del colesterol LDL. (Pérez, 2008)

Es una planta grande cuya floración comienza 218 días después de la siembra y los primeros conjuntos de fruta cuando las plantas son de 36 pulgadas (91cm) de altura. Frutas promedio 2.2 libras (1 kg) cada uno, se mantienen bien durante el transporte y tienen pulpa de color naranja-rojo brillante dulce que es 9 pulgadas (2.3cm) de espesor.

Tabla 5. Aporte nutricional de la papaya en general por cada 100 gramos

Nutriente	Contenido/ aporte
Calorías (kcal)	43
Hidratos de carbono	10.82 g
Proteínas	0.5 g
Grasas	0.25 g
Fibra	1.90 g
Vitamina A	3.8125 mcg
Vitamina C	80 mg
Vitamina B1	0.02 mg
Vitamina E	0.3 mg
Calcio	20 mg
Magnesio	21 mg
Fósforo	10 mg
Potasio	182 mg
Sodio	8 mg

Fuente: (Pérez, 2008)

a. Particularidades botánicas del híbrido Tainung F1

1) Planta. Es una planta de crecimiento acelerado, de tallo sencillo, aunque algunas veces este es ramificado, su altura aproximada es de 2 10 metros de altura su tronco es suave, recto, cilíndrico, jugoso hueco y de color gris, su diámetro aproximado es de 10 a 30 cm. Y duro por la presencia de cicatrices muy notables.

2) Hojas. Repartidas en la copa del tronco y en las ramas, alargadas, con un diámetro de 25 a 75 cm., lisas, con nervaduras notables en su centro, por encima es de color verde oscuro o verde amarillo con muchas nervaduras de color blanco amarillento, por debajo de esta es de color verde amarillento, pálido y opaco, también con nervios notables. El pecíolo es redondo de colores verde amarillento, violeta es frágil su largo es de 25 a 100cm y su grosor de 0.5 a 1.5 cm.

3) Flores. Especialmente hay tres clases: femeninas, masculinas y hermafroditas femeninas: posee un cáliz formado por una corona de cinco puntas muy pronunciadas encima se encuentra el ovario cubierto de sépalos, son cinco en total de color blanco- amarillo, los estigmas también son cinco de color amarillo y tienen forma de abanico.

4) Masculinos. Por lo normal crecen en péndulos de más de 50cm y en los extremos tiene racimos de 15 a 20 flores, estas están formadas por un tubo constituido por los pétalos soldados y en su interior se encuentran 10 estambres repartidos en tandas de a cinco. Estas flores no producen frutos y si los dan son alargados y de mala calidad.

B. Sustratos

1. **Sustratos de cultivo.** El desarrollo tecnológico experimentado en los ámbitos más intensivos de la producción agrícola, como son el subsector hortícola y el ornamental, hace que la evolución se dirija hacia la sustitución del suelo por sustratos, hidroponía y aeroponía. Esta tendencia productiva es dictada principalmente por la presencia, cada vez mayor, de factores limitantes para los cultivos en el suelo agrícola, como son: la salinidad, plagas y enfermedades, carencia de nutrientes y otros. (Moreno Vega, 2015)

Tabla 6. Diferencias fundamentales entre cultivo en suelo y en sustrato

	Cultivo en suelo	Cultivo en sustrato
Génesis	Natural	Artificial o natural
Volumen que ocupan raíces	Ilimitado	Limitado según contenedor
Drenaje	Lento	Rápido
Nutrición	Fertilidad del suelo	Controlada externamente
Poder tampón o buffer	Posee	Escaso o nulo.

Fuente: (Moreno Vega, 2015)

Un sustrato es cualquier material poroso formado por un sólido natural o artificial; colocado en un contenedor, sirve como medio de crecimiento y desarrollo a las plantas, permitiéndoles un anclaje y soporte a través del sistema radical, favoreciendo así el suministro de nutrientes, agua y oxígeno. La diferencia fundamental entre un cultivo de suelo y otro en sustrato es el volumen utilizado como medio de vida y del cual extraen las plantas los elementos básicos (agua, oxígeno y nutrientes) que necesita para su desarrollo. En el primer caso, el medio de cultivo es ilimitado (suelo agrícola), mientras que para un sustrato el volumen es menor, ya que se utilizan contenedores. (Moreno Vega, 2015)

a. **Características básicas de un sustrato.** Existe gran variedad de materiales utilizados para la fabricación de sustratos, los cuales necesitan cumplir una serie de características básicas según Moreno Vega (2015):

- Deben ser estables, es decir, no perder fácilmente sus cualidades físicas (apelmazamiento).
- Presentar una relación micro - poros/macro-poros adecuada, que permita la retención de los nutrientes y la aireación del sistema radicular.
- Baja densidad aparente (ligero).
- Su pH debe oscilar entre 6-6.5, lo ideal para la mayoría de las plantas.
- Baja salinidad.
- Estar esterilizado, es decir, libre de patógenos.
- Ser económicamente rentable.

- De fácil acceso y abundante, de tal forma que haya suficiente cantidad para poder atender a las demandas del cultivo.

- Homogéneo, es decir, no debe producirse una variación significativa de las características del mismo, ya que lo contrario obligaría a modificar su manejo cada vez que se recibe una nueva partida.

En función del uso al que vaya destinado cada sustrato, sus características deberán ser diferentes. Así, un sustrato apto para semilleros requiere un fácil manejo, una textura fina que facilitará el enraizamiento, un elevado poder de retención hídrica en aras de mantener una humedad constante, pocos nutrientes y una baja salinidad. Sin embargo, los sustratos destinados a enraizar estaquillas o al crecimiento y desarrollo de las plantas deben poseer otra serie de características, principalmente de tipo nutricional. Si se conocen con anticipación las características de un material, se podrá determinar su capacidad para ser utilizado sólo o en mezclas destinadas a la preparación de sustratos.

1) Características físicas. Las características físicas (estructura, textura, etc.) están directamente relacionadas con la capacidad para proporcionar agua y aire a las raíces de las plantas. Una vez implantado el cultivo, no pueden modificarse dichas características durante todo el ciclo vegetal, por lo que deben saberse con anterioridad. Algunas de las más destacadas son:

a) Porosidad total. Se define como la fracción del suelo ocupada por aire y agua. Ésta no debería ser inferior al 85% del volumen total.

b) Densidad real y aparente. Ambos conceptos están directamente relacionados con la porosidad. Así, mientras que la densidad real permite conocer si el sustrato es orgánico o inorgánico, la aparente indica su porosidad, es decir, la manejabilidad que presenta el mismo.

c) Distribución del tamaño de los poros. Debiendo estar en mayor proporción los micro - poros (retención de agua) que los macro-poros (intercambio gaseoso).

En conclusión, desde el punto de vista físico, un buen sustrato debe ser liviano, esponjoso, con buena capacidad para retener el agua y un espacio poroso total mínimo de 80%.

2) Características químicas. Las características químicas del sustrato influyen directamente sobre la disponibilidad de nutrientes asimilables para las plantas. Estas pueden corregirse, si fuese preciso, durante todo el proceso de producción vegetal, por lo que deben controlarse para cada una de las etapas del cultivo destacan:

a) Capacidad de intercambio catiónico (CIC). Se define como la capacidad que tiene el suelo o sustrato para ceder o absorber los elementos minerales que son esenciales para el desarrollo de las plantas (cationes de cambio: K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , etc.). Permite clasificar a los sustratos en inertes y no inertes (tienen un efecto tampón), siendo la diferencia entre ambos tipos la influencia (no inertes) o no sobre la nutrición vegetal. Su medida es en meq/100 g=ppm catión.

b) pH. Indica el grado de basicidad o acidez del sustrato, el cual interviene directamente sobre los nutrientes disponibles por las plantas.

c) Salinidad. Se mide a través de la conductividad eléctrica (CE: $\mu S/cm$), siendo considerados como valores normales los que oscilan en torno a 2.2. Los sustratos deben tener baja salinidad, ya que de lo contrario pueden ocasionar problemas en la producción vegetal, inhibiendo la germinación seminal, reduciendo el crecimiento de las plantas o debilitando a las mismas y favoreciendo el ataque de bacterias y hongos.

d) Nutrientes. Cuando el sustrato presenta pocos elementos minerales (perlita, vermiculita, etc.), habrá que añadir fertilizantes. Otros en cambio aportan cantidades adecuadas de nutrientes (compost).

Un suelo presentará mayor sensibilidad a la degradación de su fertilidad química si no está saturado, tiene baja capacidad de intercambio catiónico y un pH ácido.

3) Características biológicas. La biología del sustrato se refiere a las propiedades dadas al mismo por su contenido en materia orgánica, que se identifica mediante la relación carbono/nitrógeno (C/N), cuyo valor que debe oscilar entre 15 y 25 para considerarse como adecuado, indica el nivel de formación del humus. Cualquier actividad biológica en los sustratos es claramente perjudicial, ya que los microorganismos compiten con la raíz por el oxígeno y los nutrientes. Asimismo, pueden degradar el sustrato y empeorar sus características físicas. El dinamismo biológico queda restringido, sobre todo, a sustratos orgánicos. Deberán eliminarse aquellos cuya degradación sea demasiado rápida, ya que puede provocar deficiencias de oxígeno y nitrógeno, liberación de sustancias tóxicas para las plantas y contracciones del sustrato.

b. Tipos y mezclas de sustratos. Existen diversos materiales aptos para la elaboración de sustratos, ya sea en forma pura o mezclados, así como diferentes criterios de clasificación para los mismos. Atendiendo al origen y al proceso de manufacturación de cada sustrato, estos pueden clasificarse de la siguiente forma:

1) Orgánicos

a) Naturales. Caracterizados por ser biodegradables, como las turbas, hojas o cortezas de pino, etc.

a.1) Peat Moss. Un musgo que pertenece al género *Sphagnum*, el cual comprende entre 150 y 350 especies diferentes mejor conocidas como turberas. Se le conoce también como musgo de turba. Musgo de turba es material fibroso muerto que se forma cuando musgos y otro material vivo se descomponen en turberas. La diferencia entre el musgo de turba y el estiércol es que el musgo de turba se compone sobre todo de musgo, y la descomposición ocurre sin la presencia de aire, disminuyendo la velocidad de descomposición. Se necesitan varios milenios de musgo de turba para formar y las turberas ganan menos de un milímetro de profundidad cada año. Dado que el proceso es tan lento, musgo de turba no se considera un recurso renovable. No se compacta o se degrada con facilidad, una aplicación de musgo de turba tiene una duración de varios años. La turba no contiene microorganismos dañinos o semillas de malas hierbas que se pueden encontrar en el compost mal procesado. (Carroll, 2017)

El Peat Moss es un sustrato que se forma de una masa esponjosa y ligera que, dependiendo de los componentes que lo integran puede ser rubio, café o negro, lo cual también va a definir sus propiedades físicas y químicas. Asimismo, debido a estas características es fácil de manipular, inclusive debido a su versatilidad se puede mezclar con otros sustratos para potenciar sus propiedades, lo cual permite obtener mayores rendimientos a la hora de cultivar al mismo tiempo que se cuida al medio ambiente.

Cabe señalar que este tipo de sustrato es un material orgánico compacto que tiene la capacidad de retener hasta 20 veces su peso seco en agua. Otra de sus características es que cuenta con una buena retención de humedad en un 70 por ciento, con un 20 por ciento de aireación y un alto contenido de materia orgánica, además se puede utilizar para la germinación y desarrollo de diferentes plántulas, ya que no interviene en su crecimiento. Asimismo, hay que señalar que este sustrato se divide en dos: Peat Moss fino y Peat Moss grueso. El primero se destina principalmente para la germinación de las semillas o para el desarrollo de las plántulas, ya que les brinda todo lo necesario en sus primeras etapas de crecimiento; mientras que el otro se utiliza básicamente para que las plantas se desarrollen de manera adecuada, debido a que cuenta con más porosidad lo que permite que el sistema radicular tenga mayor movilidad y espacio para absorber todo lo que necesita. (Hidroponia.mx, 2017)

Ilustración 8. Sustrato Peat Moss



Fuente: (Hidroponia.mx, 2017)

a.2) Subacuático Floratropic®. Una turba de musgo de origen subacuático y otros componentes vegetales acumulados por muchos años, de origen subacuático que tiene la capacidad de mejorar la estructura física del suelo, aumentando su capacidad de almacenar y suministrar elementos nutritivos a las plantas, así como de aumentar la capacidad del suelo para retener la humedad. Este humus subacuático natural, de alta calidad, descompuesto y altamente mineralizado, tiene pH que oscila entre 6 y 7, con concentración sales minerales útiles para el intercambio catiónico (conductividad), contiene nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), más otros elementos secundarios y minerales-traza, que ayudan a estimular la temprana formación de raíces en las plantas, dando un principio vigoroso al crecimiento, apurando la madurez y sirve de estímulo para la floración. (Carranza, 2017)

El sustrato subacuático Floratropic® está diseñado para airear el suelo e incrementar la acción microbiana, para ayudar en el mejor crecimiento de las plantas (foliar y radicular), además tratándose de una turba vegetal, puede ser por lo tanto un sustituto o complemento para el Peat Moss importado en la elaboración de pilones. La naturaleza de este tipo de sustrato no solamente proporciona elementos nutritivos rápidamente disponibles pues también; tiende a ayudar a alcanzar las necesidades de las plantas sobre un plazo más largo dejando disponibles los elementos nutritivos -en el suelo- de un ciclo de producción a otro. La materia orgánica que proporciona ejerce una fuerte influencia sobre la capacidad de intercambio de cationes y actúa como neutralizador para prevenir fluctuaciones súbitas en la acidez o alcalinidad del suelo (estabilizador de pH), especialmente en los suelos arenosos. Durante la descomposición de materia orgánica, se mineraliza un suministro continuo de dióxido de carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y otros elementos nutritivos esenciales para crecimiento de plantas, es decir, convertidos en formas que pueden ser absorbidas por el sistema radicular de la planta. La materia orgánica (humus) también es útil para el almacenaje de calcio y magnesio, por lo tanto, reduce la posibilidad de pérdida debido a filtración o disolución. En general, mejora las condiciones del suelo para el sistema radicular de las plantas jóvenes, y cataliza un desarrollo vigoroso. (Negocios Del Trópico, S.A., 2017)

b) **Artificiales.** Polímeros orgánicos no biodegradables que se obtienen mediante síntesis química (Ej.: poliestireno expandido).

c) **Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales o urbanas.** Para su adecuación como sustratos, deben experimentar un proceso previo de compostaje, tales como; cascarillas de arroz, pajas de cereales, aserrín, basuras urbanas, etc.

2) Inorgánicos

a) **Naturales no manufacturados.** Obtenidos a partir de rocas o minerales de origen diverso. No son biodegradables. Pertenecen a este grupo las arenas, gravas y tierras volcánicas.

a.1) **Arena blanca.** Este es uno de los sustratos que más se utiliza por su facilidad de uso, granulometría y porque da un buen drenaje general al homogeneizarse bien con el resto de componentes del sustrato al que se mezcle y evita el apelmazamiento. Las mejores arenas para este fin son las de río. Tienen una capacidad de retención de agua media. El único problema, con el paso del tiempo, es la pérdida escasa de la fase aérea debido a la compactación; por lo tanto, la capacidad de aireación disminuirá levemente, pero su degradación es lenta. (Agromatica.es, 2013)(Ecoagricultor.com, 2012)

b) **Transformados (con manufacturación).** Elaborados a partir de rocas o minerales, mediante complejos tratamientos físicos (térmicos), que modifican las características de los materiales origen (Ej.: grava de roca, perlita, vermiculita y otros).

c) **Residuos y subproductos industriales.** Procedentes de distintas actividades industriales como las escorias de los altos hornos. (Moreno Vega, 2015)

c. **Desinfección del sustrato.** Con el objetivo de eliminar los patógenos del suelo que puedan afectar el desarrollo de las plántulas existen diferentes formas de desinfección.

1) **Vapor de agua.** Es un método de esterilización del sustrato, basado en el calor que transfiere el vapor de agua, aplicado con un equipo especial que consta básicamente de una caldera y de un contenedor metálico. La importancia que se le atribuye a esta tecnología es el bajo impacto ambiental que representa, y que puede ser considerada una técnica aceptada bajo las normas de las buenas prácticas agrícolas (BPA) y la producción orgánica. (Carrasco & Riquelme, 2004)

a) Desinfección química. Carbuforán más mezclas de fungicidas (captán, tiabendazol, cabendazim, propamocarb). Este tipo de desinfección se realizará antes de la siembra. También puede realizarse asperjando formaldehído al 4% cubriendo con una manta plástica durante 72 horas, aireando después el tiempo que sea necesario.

V. MARCO METODOLÓGICO

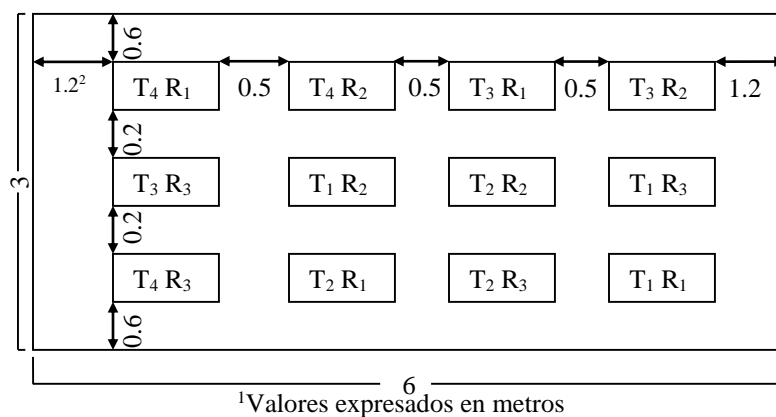
A. Ubicación del estudio

La evaluación de sustratos se efectuó en el área de vivero del campo experimental de la Universidad del Valle de Guatemala, ubicado en el kilómetro 92.5 carretera a Mazatenango, Suchitepéquez. En las coordenadas geográficas 14° 19' 50.81" norte 91° 3' 29.099" oeste a 295 msnm, con temperaturas promedio mínimas de 20.2° C hasta máximas de 32.2°C y precipitaciones pluviales de 4100 mm/año con suelos molisoles. (Villatoro & Pérez, 2014).

Ilustración 9. Área de vivero segmentada para uso en la evaluación



1. **Delimitación y preparación del área.** Se estableció una mesa para colocar el experimento de 0.6 m de alto y 18 m² de tablero (3 m de ancho y 6 m de largo) hecha de madera de bambú; se eliminaron malezas previo al establecimiento del experimento; para prevención de hospederos de posibles enfermedades o insectos plaga que pudieran afectar a las plántulas de papaya, y se posicionaron conforme el método de diseño estadístico al azar en cuatro columnas y tres filas. Todo material inerte encontrado (basura) se depositó en recipientes de desecho y de ser orgánico (hojas) se colocó como barreras muertas de prevención de erosión de suelo del vivero, ubicadas en las áreas perimetrales. El distanciamiento entre cada fila de tratamientos fue de 0.2 m y su espaciamiento entre columnas fue de 0.5 m; a continuación, mayor detalle de la disposición en medidas del área experimental.

Ilustración 10. Distribución del área experimental¹

B. Materiales

Ilustración 11. Semillas de papaya híbrido Tainung F1 en presentación de lata



a. Vista frontal con datos generales de las semillas, b. Vista lateral de la lata.

1. Sustratos

a. Sustrato Peat Moss. El sustrato se compró a la empresa productora de semilleros y almácigos guatemalteca Pilonos de Antigua S.A., que importa Peat Moss desde Canadá en una paca de 200 L en volumen marca Gartengold®

Ilustración 12. Sustrato Peat Moss



- a. Vista trasera del empaque del sustrato, b. Vista frontal del empaque con identificación, c. Presentación física del Peat Moss.

Tabla 7. Especificaciones del Peat Moss

Especificación	Valor
Materia orgánica:	95 - 99% en peso (seco)
Nitrógeno total (N):	aprox. 1% en peso (seco)
Ceniza:	1 - 5% en peso
Capacidad de retención de agua:	45 - 55 vol. %
Capacidad de intercambio:	100 - 150 mval / 100 g org. Materia (seca)
Relación volumen / peso:	60 - 90 g / l (seco)
Humedad:	40 - 50% aprox.
Propiedades químicas	
Valor de pH	Aproximadamente 3.5
Nivel de sal (KCl)	< 0.4 g/l*
Nutrientes solubles disponibles para las plantas (Análisis VDLUFA de Alemania)	
Nitrógeno (N)	< 50 mg/l
Fósforo (P ₂ O ₅)	<30 mg/l
Óxido de potasio (K ₂ O)	< 40 mg/l

*Calculado a partir de la conductividad del ácido húmico

Fuente: (SAB Syker Agrarberatungs, Alemania, s.f.)


b. Sustrato Floratropic®. Se compró el sustrato de humus sub acuático 100% vegetal en la casa comercial proveedora de productos para la agricultura: Negocios del Trópico S.A.

Ilustración 13. Sustrato Floratropic®



a. Empaque de Floratropic®, b. Presentación física del sustrato

Ilustración 14. Informe de análisis de laboratorio del sustrato Floratropic®



Soluciones Analíticas
Agricultura - Industria - Ambiente

11 Avenida 36-40, Zona 11 Guatemala, C.A.
PBX 442-2422 • 476-7427 • Fax: 477-0678
E-mail: info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com


INFORME ANALISIS DE SUELO

Cliente : MAPRICO, S.A. (1988) Persona Responsable: JUAN FRANCISCO ESTRADA Finca : EL PANTANAL (1981A) Localización : PURULHA, BAJA VERAPAZ Referencia Cliente : MUESTRA UNICA Cultivo : GENERALES (87)	Número de orden : 43999 Código de muestra: 04.05.24.01.08 Fecha de ingreso: 24/05/2004 Fecha del Informe: 26/05/2004 Asesor : RECCPCION/AGRICOLA
---	--

PARAMETROS DEL SUELO		RANGO ADECUADO	
pH	6.5	5.5 -	7.2
Concentración de Sales (C.S.)	1.42 ds/m	0.2 -	0.8
Materia Orgánica (M.O.)	> 6.0 %	2.0 -	4.0
C.I.C.e	21.8 meq/100 ml	5.0 -	15.0
Saturación K	6.2 %	4% -	6%
Saturación Ca	69.4 %	60% -	80%
Saturación Mg	24.4 %	10% -	20%
Saturación Al+H	0.0 %	<	20 %

ELEMENTO	CONC. ppm (p/v)	NIVEL			RANGO ADECUADO ppm (p/v)	DOSIS Kg/Ha *
		BAJO	ADecuADO	ALTO		
Nitrato N-NO3	232.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			25 - 250	
Fósforo P	100.9	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			30 - 75	
Potasio K	528.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			300 - 500	
Calcio Ca	3030.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			2000 - 3000	
Magnesio Mg	640.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			250 - 500	
Cobre Cu	1.0	XXXXXXXXXX			1 - 7	
Hierro Fe	320.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			40 - 250	
Manganeso Mn	17.9	XXXXXXXXXX			10 - 250	
Zinc Zn	9.9	XXXXXXXXXXXX			2 - 25	
Aluminio Al	< 8.0	X			< 100	

* Kg/Ha x 1.54 = lbs/ma

Revisado: 
Jefe de Laboratorio Agrícola

Metodología con base en:
Sparks D.[ed] (1996). Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods.

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio. La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas. Este informe es válido únicamente en su impresión original

Pag. 1/1

Fuente: (Negocios Del Trópico, S.A., 2017)

c. Suelo de región. Se dispuso de suelo propio procedente del área de frutales de mango del campo experimental de la Universidad del Valle de Guatemala, Campus Sur, eliminando previamente malezas y pulverizando las partículas grandes (mayores a dos pulgadas) para poder utilizarlo. El suelo tuvo en características:

- Color oscuro.
- Textura media (partículas finas y gruesas).
- No presentar antecedentes de uso para descarte de agroquímicos ni otros desechos.

Ilustración 15. Tierra proveniente del campo agrícola experimental de la Universidad del Valle de Guatemala, Campus Sur



d. Arena blanca. Proveniente de un yacimiento mineral ubicado en Patulul, Suchitepéquez; fue cernida para obtener partículas finas.

Ilustración 16. Arena blanca proveniente de Patulul, Suchitepéquez



2. Materiales varios. Todos los implementos que se utilizaron para la desinfección de sustratos y bolsas de vivero se adquirieron en agro servicios aledaños a la Universidad del Valle de Guatemala, Campus Sur.

a. Materiales

- Bolsas plásticas de vivero.
- Nylon color negro.
- Pita.
- Metro flexible.
- Letrero de metal.
- Palos de 1 mt de altura.

C. Plan experimental

1. **Diseño experimental.** Los tratamientos se distribuyeron según el diseño completamente al azar (DCA), para lo cual se arregló el material con igual número de repeticiones por tratamiento, tal como describe el protocolo de Hinkelmann y Kempthorne (1994), como se describe en el cuadro siguiente.

Tabla 8. Disposición de los tratamientos a evaluar

Sustrato	Proporción (%)	# Tratamiento
Peat Moss	100	1
Florotropic®	100	2
Arena: suelo de la región	40:60	3
Suelo de la región	100	4

Ecuación 1. Modelo lineal matemático para el diseño experimental completamente al azar

$$Yt_r = \mu + t_r + \varepsilon_{tr}$$

Fuente: (Galeon Hispavista, 2015)

Donde

Yt_r = variable respuesta en la r-ésima repetición del t-ésimo tratamiento

μ = media general

t_r = efecto del tratamiento t, es decir, efecto de los sustratos para desarrollo vegetativo de las plántulas.

ε_{ti} = error aleatorio, donde $\varepsilon_{tr} \sim N(0, \sigma^2)$.

Los tratamientos se asignaron al azar a los grupos tales que el i-ésimo tratamiento es aplicado a cada una de las repeticiones con sus unidades experimentales en el i-ésimo grupo.

a. Aleatorización. Siendo los sustratos el eje central de investigación, fueron tomados al azar, correspondientemente en las unidades que integraron cada repetición; a través de un muestreo aleatorio simple, utilizando pedazos de papel en los que se anotaron los tratamientos y repeticiones individualmente para seleccionarlos, además de los resultados como guía de la forma en que se dispusieron en el vivero. Cada unidad experimental consistió en 21 bolsas, con una planta en cada una. Se midieron los valores de las variables y se utilizó el promedio de las 21 plantas como la medición de cada variable.

Ilustración 17. Posicionamiento de las repeticiones del experimento según el diseño completamente al azar



2. Variables de respuesta. En cada revisión del experimento, conforme sus fases de desarrollo, a los 20, 35 y 45 días después de la siembra (DDS), se tuvieron las siguientes variables para medición y estimación:

- Días a germinación.
- Porcentaje de germinación.
- Porcentaje de mortalidad.
- Diámetro del tallo (mm).
- Longitud del tallo (cm).
- Cantidad de hojas verdaderas en fase final de vivero (unidad).

a. Días a germinación. Se cuantificó la cantidad de días en transcurso para la presencia de semillas con cotiledones; revisando desde el día quinto hasta el décimo después de siembra en los sustratos.

b. Porcentaje de germinación. Esta estimación permitió establecer si era necesario realizar re siembra o reducir la cantidad de semillas/postura.

Ecuación 2. Medición de la eficacia de la germinación en semillas

$$\% \text{ Germinación} = \left(\frac{\text{Cantidad de semillas germinadas}}{\text{Cantidad de semillas sembradas}} \right) \times 100$$

Fuente: (Vía orgánica, 2016)

c. Porcentaje de mortalidad. A los 45 días después de la siembra se cuantificó la cantidad de plantas muertas, considerando éstas como semillas germinadas, pero con mortalidad durante el desarrollo del experimento.

Ecuación 3. Cálculo de mortalidad en plántulas

$$\% \text{ Mortalidad en plántulas} = \left(\frac{\text{Cantidad de plántulas muertas}}{\text{Cantidad de plántulas germinadas}} \right) \times 100$$

d. Color de la hoja

1) Carta de colores para hojas. También llamada tabla para botánica de Munsell, es una carta de color para tejidos vegetales, se usa para determinar y registrar el color del tejido de las plantas. Se utiliza para estimar índices de crecimiento, carencias nutritivas, enfermedades de plantas y otros procesos. (Instrumentos para el medio ambiente MASER, 2015).

Ilustración 18. Carta de colores para hojas a utilizar en la investigación²



²Adaptación para uso en la investigación de la carta de colores Munsell para botánica.

Fuente:(Color Palettes, 2017)

Ilustración 19. Desarrollo de las plántulas de papaya a 15 días después de la siembra



a. Peat Moss, b. Floratropic®, c. Tierra y arena, d. Tierra

Ilustración 20. Desarrollo de las plántulas de papaya a 45 días después de la siembra



a. Peat Moss, b. Floratropic®, c. Tierra y arena, d. Tierra

Ilustración 21. Plántulas de papaya desarrolladas en los sustratos en fase final de vivero



b. Floratropic®, c. Tierra, d. Tierra y arena

e. Detección de plagas y enfermedades. Durante la fase de vivero no se presentó daño por plagas ni enfermedades.

3. Análisis de varianza, ANOVA. Se realizó el análisis de varianza con el fin de establecer estadísticamente, si existieron o no, diferencias en el uso de sustratos.

a. Hipótesis

Ho: El desarrollo fenotípico de las plantas de papaya en condiciones de cultivo en bolsas de plástico en un vivero, no es función de los sustratos donde se hacen crecer.

Ha: Al menos uno de los sustratos propende un mejor desarrollo fenotípico de las plantas en comparación con el resto de ellos.

b. Tabla de análisis de varianza, en síntesis

Tabla 9. Análisis de varianza generalizado para las variables de respuesta

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F
Entre muestras (tratamiento)	SCTR	c-1	SCTR / (c - 1)	CMTR/ CME
Dentro de muestras (error)	SCE	n - c	SCE / (n - c)	
Variación total	SCT	n - 1		

Fuente: (Webster, 2000)

4. Pruebas para la diferencia entre pares de medias. El análisis de varianza dice si todas las medias son iguales.

a. Prueba de Tukey para diseños balanceados. Ambos métodos mencionados con anterioridad se utilizan si existe igual número de observaciones en cada muestra. Se dice que tales diseños del análisis de varianza son balanceados. Al ser un diseño que cumple con la estimación de ser balanceado se hizo uso del método de Tukey.

b. El método de Tukey.

Ecuación 4. Cálculo de Tukey

$$T = q_{\alpha, c, n-c} \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

Fuente: (Webster, 2000)(Tukey, 1953)

Donde

q= distribución estudentizada de rangos de Tukey

c = número de tratamientos.

n= número total de observaciones en todas las muestras combinadas.

n – c= grados de libertad del error.

α = valor de probabilidad estadística seleccionado.

r= repeticiones en cada tratamiento.

El criterio estándar de Tukey analiza la diferencia mínima significativa resultante que se ha de comparar entonces con la diferencia absoluta entre cada par de medias muestrales. Si cualquier par de medias muestrales tiene una diferencia absoluta mayor que este valor, se podrá concluir que tales medias poblacionales respectivas no son iguales.

5. Software para realizar análisis estadístico. Se utilizaron las herramientas estadísticas de Microsoft Office Excel 2016; para realizar el ANOVA, siendo presentado en una tabla de síntesis, así mismo; se hizo uso de gráficos de barras para segmentar los resultados conjuntamente a una tabla de resumen general de toda la evaluación.

6. Manejo del experimento

a. Proceso de pre germinación de la semilla de papaya. En el manejo de semillas una práctica muy difundida es la pre - germinación, este proceso permite ahorro de tiempo y un uso óptimo de la semilla, logrando viveros homogéneos. La pre - germinación es un proceso donde la humedad, temperatura y luz se combinan para lograr fisiológicamente la aceleración de la germinación.

1) Método de estímulo hormonal o a través de nutrientes

a) Se colocó 1 gramo de Nitrato de potasio según la indicación en 1 litro de agua.

b) Se depositó suavemente el equivalente de 1 sobre (1 sobre= 5000 a 7000 semillas = 1 litro de solución preparada) de semillas para imbibición durante 24 horas. Después de 24 horas si habían semillas flotando en el agua, se retirarían, por tener nula o baja capacidad de germinación, las semillas que se encontraron al fondo del recipiente fueron las mejores para utilizar.

c) Se retiraron las semillas de la solución, escurriéndolas sin golpear y colocarlas en un paño humedecido con agua potable, envolverlas en el papel cuidando no aplastar ninguna de ellas.

d) En una hielera vacía previamente desinfectada se depositó en el fondo el papel conteniendo las semillas envueltas, ello fue para garantizar la conservación de humedad durante 7 días, se tapó y colocó en un área a temperatura ambiente. Pasado el tiempo mencionado, revisaron las semillas, éstas se encontraron con el pericarpio partido. Se transportaron evitando golpes y pérdidas de humedad al área de siembra en vivero.

e) Se prepararon adecuadamente los sustratos y se sembraron las semillas a una profundidad de 1 cm, revisando la humedad y realizando el manejo agronómico correspondiente.(Arroyave, 2012)

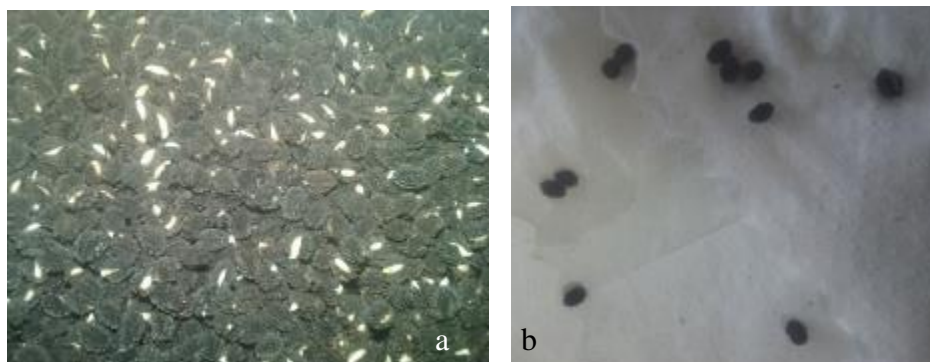
La profundidad de siembra fue de 1cm, a mayor profundidad la germinación se retrasaría, a menos de 1 cm causaría problemas de anclaje del sistema radicular, por alteración de humedad y temperatura. Una vez sembrada la semilla, se regaron las bolsas y se colocaron en camas germinativas, que consistieron en la cobertura de éstas con nylon negro de 80 mm de calibre, previamente desinfectado y se retiró cuando se observó la emergencia de las primeras plántulas.

Ilustración 22. Pre germinación de la semilla de papaya



- a. Disolución de 1 gramo de nitrato de potasio en agua. b. Vista interna de la lata contenedora de semillas. c. Sumergido de semillas en nitrato de potasio. d. Retiro de semillas de la solución 24 horas después. e. Vista de la semilla finalizado el proceso pre germinación. f. Conservación de la humedad en hielera.

Ilustración 23. Efecto de la pre germinación en las semillas



- a. Rompimiento del pericarpio en semillas a los 4 días después de la pre germinación, b. Mortandad de semillas

b. Elaboración de sustratos. Se colocó el contenido de las pacas obtenidas de sustratos sobre una superficie limpia y amplia que permita su manejo; posteriormente se desmoronaron manualmente las partículas de gran volumen para obtener aireación debido a que los sustratos a utilizar, empacados en su presentación comercial, están prensados evitando la disponibilidad de espacios de aire dentro de los mismos, en el caso del suelo de la región será cernido con el mismo fin.

Cada tratamiento fue desinfectado 24 horas previas a la siembra de las semillas; por medio de agua hirviendo, que desencadenó vapores dentro de cada sustrato, puesto que el calor se distribuyó por los espacios de aire disponibles, el agua utilizada se hizo hervir en un recipiente u olla de metal, además se monitoreó la temperatura con un termómetro de alcohol con rangos de 70 - 90°C; alcanzados tales niveles de temperatura se vertió sobre los sustratos para una infiltración de cinco centímetros de profundidad. Se dejó ese intervalo de tiempo previo al uso debido a la acumulación de nitrógeno amoniacal (Pizarro, 2001). El valor de temperatura alcanzado fue, según rectificación con termómetro, de 85° C.

Posterior a la desinfección, cada sustrato fue preparado para su uso definitivo moviendo sus partículas y agregando agua para humedecerlo, se verificó a través del método del tacto, que consistió en que mientras se adicionó agua al sustrato, éste se debió mover, se tomó una porción del mismo y se apretó con la mano, si del sustrato no escurría agua en grandes cantidades, éste se encontraba en óptima condición de uso si además al abrir la mano conservaba su forma al haber sido compactado, pero si no la conservaba se le aplicaría más agua.

Preparados los sustratos se colocaron en bolsas para vivero, siendo 1 libra de cada uno según su tratamiento, haciendo uso de una balanza mecánica con plataforma honda de 22 libras de capacidad. Las bolsas se posicionaron conforme sus repeticiones en el área designada para la experimentación.

Ilustración 24. Medición de temperatura en el agua para desinfección de sustratos



Ilustración 25. Desinfección de sustratos con agua a 85° C



Ilustración 26. Sustratos listos para su uso



a. Peat Moss, b. Floratropic®, c. Tierra y arena, d. Tierra

Tabla 10. Dimensiones de las bolsas utilizadas en los sustratos

Tratamiento	Ancho cm x largo cm de bolsa
Peat Moss	9.5 x 25.5
Floratropic®	9.5 x 20
Tierra y arena	9.5 x 15.5
Tierra	9.5 x 15.5

Según Flores Sánchez (2005), para que la planta tenga un buen desarrollo del sistema radical y de la parte aérea, lo ideal para la siembra de las semillas de papaya es la bolsa negra para vivero calibre 300-400 con medidas de 15 x 20 cm; sin embargo, pueden utilizarse también bolsas de 12 x 20 cm, 13 x 25 cm ó 10 x 20 cm, siempre cuidando que lo largo de la bolsa como mínimo sea de 15 cm.

c. Fertilización pre siembra. Se realizó antes de sembrar las semillas; puesto que la fertilización de arranque se enfoca en la planta emergente y se aplica para promover un buen desarrollo temprano al establecerse el cultivo. Fertilizaciones de arranque a base de fósforo, con bajo contenido de nitrógeno, mejora el crecimiento radicular e impulsa el desarrollo temprano, así resultando en una producción máxima de las plantas. En la mayoría de situaciones, el mejor efecto de arranque proviene del fósforo, no obstante, la mejor sinergia se obtiene con nitrógeno aplicado en cantidades similares a las de fósforo. (Productos y soluciones YARA, 2017). Así, se aplicó el fertilizante triple 15 (15 - 15 - 15) químico a razón de 1 gramo/ planta, es decir, éste tiene la particularidad que en cada partícula se encuentra el 15% de nitrógeno, 15% fósforo y 15% de potasio. Se cubrió el fertilizante para que las semillas no tuvieran contacto directo y provoquen quemaduras en los embriones, obteniendo una forma eficiente de absorción.

Finalizada la fertilización pre siembra se procedió a sembrar las semillas de papaya.

d. Manejo en fase de vivero. Se realizaron las labores de: monitoreo de humedad en los sustratos, fertilización, detección de plagas y enfermedades y nutrición vegetal.

1) Riego o disponibilidad de agua en los sustratos. Con intervalos de dos días se revisó la humedad disponible en los sustratos por medio de visual y tacto; los cuales consistieron en tocar cada uno y ver físicamente la existencia de humedad en la superficie, además se verificó a través de la inserción de una cuchilla en el borde del sustrato para no lastimar a la semilla; si la cuchilla salía mojada el sustrato estaba bien, si salía seca o caliente, había déficit de agua.

2) Fertilización y nutrición.

a) Fase de desarrollo vegetativo. A los 15 dds se aplicó nitrato de potasio vía foliar en dosis de 1.1 g/litro; a los 30 dds se aplicaron elementos nutricionales NPK (11-8-6) más elementos menores a 1 ml/litro en dosis con un adherente, penetrante y humectante de dodecibenceno sulfonato de sodio, nonil fenol etoxilado a 1 ml/L, utilizando un pulverizador manual de boquilla cónica de 1.5 L de capacidad; así mismo se hizo uso del equipo de protección personal; las hojas fueron revisadas cualitativamente por medio de la tabla botánica de Munsell.

Ilustración 27. Implementos utilizados para la aplicación de agroquímicos



a. Pulverizador de boquilla cónica de 1.5 L de capacidad, b. Equipo de protección personal, c. Preparación de la mezcla para aplicación de agroquímicos

Ilustración 28. Tabla Munsell para botánica utilizada para rectificación de nutrición vegetal



3) Detección de plagas y enfermedades. Para su detección temprana fue necesario monitorear el desarrollo de las plántulas de papaya, puesto que durante la fase de vivero podían ser atacadas por diversos patógenos e insectos. Se aplicó fosetil aluminio + propomocarb a 0.6 ml/L, como preventivo ante el mal de talluelo con el penetrante y humectante de dodecibenceno sulfonato de sodio, nonil fenol etoxilado a 1 ml/L.

VI.RESULTADOS

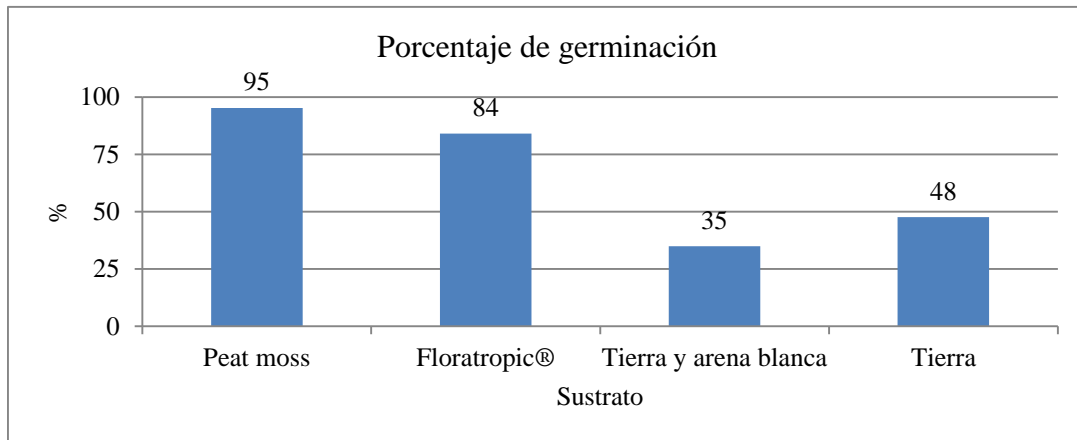
A. Variables de respuesta

Las estimaciones de las variables de respuesta de los sustratos fueron medidas a los 20, 35 y 45 días después de la siembra con lecturas de las variables en horas de la mañana, de 7 a 10 horas. La variable que fue sometida a análisis corresponde con las lecturas hechas a los 45 DDS.

1. **Días a germinación.** Transcurrió un período de 8 días para la germinación de los cotiledones en todos los tratamientos, siendo el tratamiento Peat Moss a los seis días, seguido del sustrato Floratropic® con siete días y en los tratamientos tierra y arena blanca, y tierra sucedió a los ocho días.

2. **Porcentaje de germinación.** Se observó que los tratamientos de tierra y tierra + arena presentaron los niveles más bajos de germinación y que las diferencias con respecto al Peat Moss o a Floratropic® fue amplia, si bien no se realizó análisis estadístico para esta variable, se observa que en términos generales el Peat Moss influye positivamente de forma notable en la germinación.

Ilustración 29. Porcentaje de germinación de las semillas por tratamiento



El sustrato de mayor eficacia para germinación de semillas fue Peat Moss con 95%, siendo Floratropic® otra alternativa ante el 84%, el sustrato con menor germinación fue la tierra y arena blanca con 35%, con 13% de diferencia comparado con el sustrato tierra a 48%.

3. **Porcentaje de mortalidad.** Cuantificada a los 45 dds. No hubo presencia de plantas muertas después de la germinación, siendo para todos los tratamientos cero.

Tabla 11. Variables de respuesta del experimento

Sustratos	Proporción %	Tratamiento	Porcentaje de germinación (%)	Porcentaje de mortalidad (%)	Diámetro del tallo mm	Longitud del tallo cm	Cantidad de hojas verdaderas (promedio)
Peat Moss	100	1	95	0	15.67	19.95	12
Florotropic®	100	2	84	0	12.22	11.14	10
Tierra y arena blanca	40: 60	3	35	0	11.5	7.19	9
Suelo de la región (tierra)	100	4	48	0	10.77	8	8

4. Diámetro, longitud y cantidad de hojas verdaderas. El sustrato Peat Moss además de ser la mejor alternativa para el crecimiento en altura para plántulas de papaya, también lo fue para el diámetro en promedio, con 15.67 mm seguido del Florotropic® con 12.22 mm, a 3.45 mm de diferencia entre éstos; aunque la tierra resultó en las estimaciones más bajas para el engrosamiento de las plántulas con 10.77 mm de parte de la tierra y arena blanca se obtuvo el 11.50 mm de rendimiento.

Tabla 12. Análisis de varianza del diámetro del tallo de las plántulas en los sustratos

Tratamientos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Peat Moss	3	47.01	15.67	0.31
Florotropic®	3	36.66	12.22	0.33
Tierra y arena	3	34.50	11.50	0.01
Tierra	3	32.30	10.77	1.04

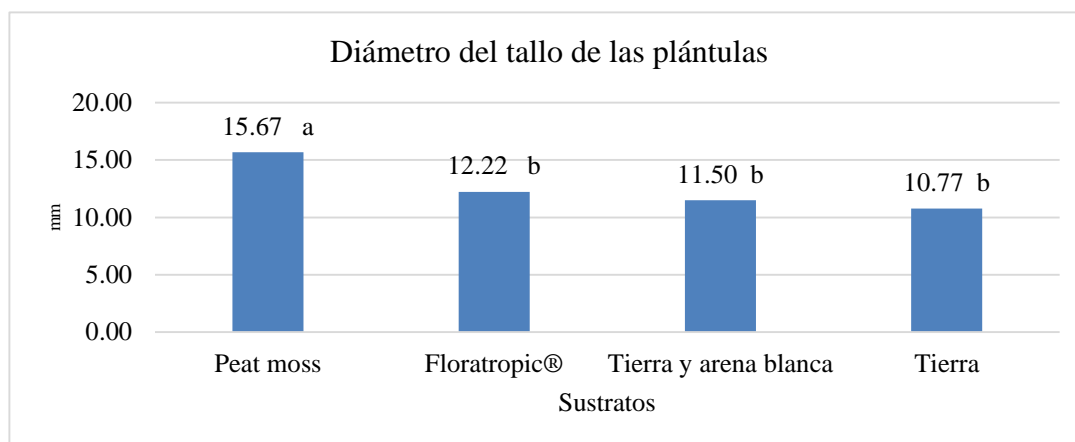
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	42.38	3	14.14	33.44	7.105E-05	4.07
Dentro de los grupos	3.38	8	0.42			
Total	45.76	11				

El valor de F resultante del análisis de la evaluación, 33.578, fue mayor al valor crítico para F, 4.07, por lo cual, estadísticamente existió diferencia en el diámetro de las plántulas de papaya.

Tabla 13. Análisis Tukey del diámetro de las plántulas de papaya

DMS de Tukey para comparaciones por pares	1.70
Alfa	0.05
c	4
n-c	8

Ilustración 30. Promedio del diámetro del tallo de las plántulas en los sustratos a 45 dds**



** Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales

Como se aprecia en la ilustración 30, el promedio más alto de diámetro del tallo lo presentó el sustrato Peat Moss, con 15.67 mm. Las diferencias con el resto de tratamientos superan el valor crítico de Tukey (1.70) por lo que estadísticamente es el tratamiento que mejor desempeño provoca con respecto a la variable en cuestión. El resto de tratamientos se ubica en el mismo nivel (b) por lo que entre sí las diferencias registradas no son estadísticamente significativas.

Tabla 14. Análisis de varianza de la longitud del tallo de las plántulas en los sustratos

Tratamientos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Peat Moss	3	59.85	19.95	0.70
Florotropic®	3	33.42	11.14	0.14
Tierra y arena	3	21.58	7.19	0.22
Tierra	3	23.99	8.00	2.72

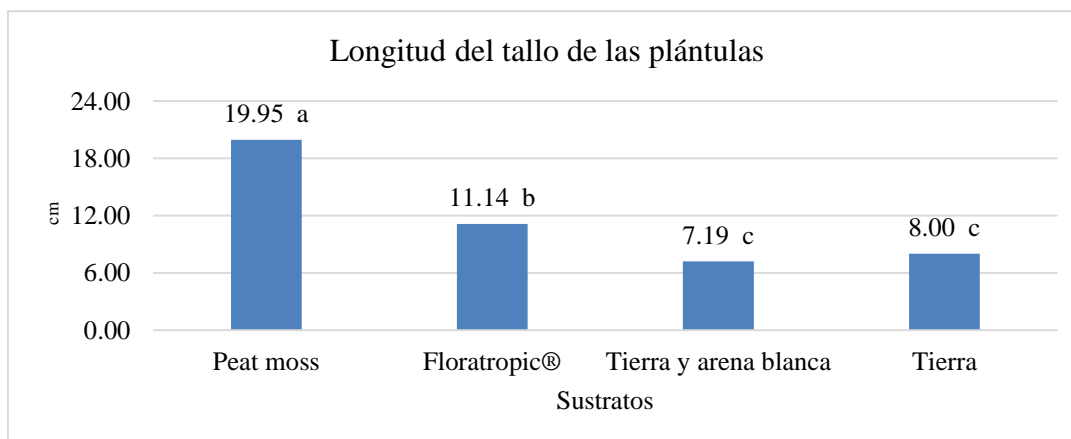
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	307	3	102.33	108.15	8.17147E-07	4.07
Dentro de los grupos	7.56	8	0.94			
Total	314.56	11				

Según el valor de F obtenido de parte del análisis de la evaluación de 108.15, estadísticamente existe diferencia significativa en el rendimiento de longitud del tallo en las plántulas de papaya conforme los sustratos, puesto que fue mayor ante el valor crítico de F de 4.07.

Tabla 15. Análisis Tukey de la longitud de las plántulas de papaya

Criterio de Tukey para comparaciones por pares	2.54
Alfa	0.05
c	4
n-c	8

Ilustración 31. Promedio de la longitud del tallo de las plántulas en los sustratos a 45 dds***

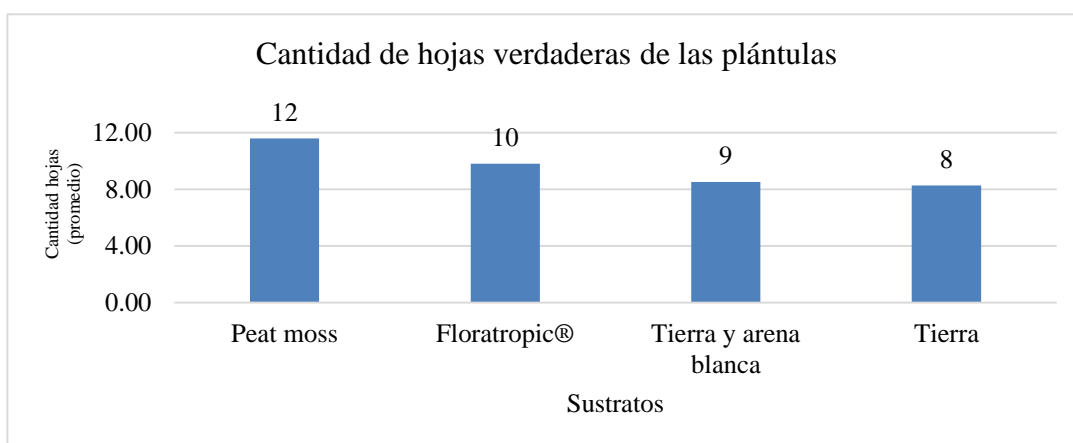


***Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales

Se aprecia una vez más que el tratamiento con los promedios de mayor valor numérico en longitud de planta es el de Peat Moss, seguido por Floratropic®. Este último presenta diferencias significativas con respecto a los otros dos tratamientos, lo cuales entre sí no presentan ninguna diferencia. Se sigue de este resultado que el tratamiento que más influye en el desarrollo de las plántulas en términos de longitud fue el de Peat Moss.

Con los resultados obtenidos con respecto a las dos principales variables de medición del vigor de las plantas, se deriva que el Peat Moss es el sustrato que mejor incide en el desempeño fenotípico de las plantas, por lo cual se establece que es este el tratamiento estudiado que mejores perspectivas ofrece en términos de propagación en vivero.

Ilustración 32. Promedio de la cantidad de hojas verdaderas en fase final de vivero



Para la cantidad de hojas verdaderas, el sustrato más efectivo fue el Peat Moss con 12 hojas promedio, con diferencial estrecho de 2 con Floratropic® a 10 hojas. La tierra fue el sustrato de más bajo resultado con 8; de parte de la tierra y arena blanca fue 9 hojas. Lo anterior está en concordancia a lo observado en los resultados presentados para las variables diámetro del tallo y altura del tallo.

VII.DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El desarrollo de las plántulas de papaya tuvo tendencias distintas en cada uno de los sustratos, sobresaliendo el Peat Moss, al ser turba fibrosa muerta que no presentó compactación, el sustrato es ligero y fácil de manipular. Germinó el 95% de las semillas sembradas, con 15.67 mm de diámetro y 19.95 cm de longitud del tallo promedio, a 12 unidades promedio de hojas verdaderas/plántula, siendo la alternativa de mayor desarrollo para propagación de plántulas del híbrido Tainung F1. El sustrato Floratropic® fue el segundo en posicionarse; ya que se obtuvo 84% de germinación, a 3.45 mm de diferencia promedio en diámetro del tallo ante el Peat Moss, pues fue de 12.22 mm y 11.14 cm de longitud, a pesar de ser un musgo de origen subacuático y poseer micro y macro nutrientes como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, boro y cobre, Floratropic® podría ser una opción tecnológica, solamente en el caso de que no fuera posible contar con Peat Moss.

Aunque el sustrato de tierra y arena se considera de fácil manejo y de buen drenaje, disminuyó el desarrollo óptimo de las semillas, evidenciándose con el 35% de germinación, 11.50 mm de diámetro y 7.19 cm de longitud del tallo promedio; el suelo de la región fue de resultados inferiores también pues se obtuvo el 48% de germinación, 10.77 mm de diámetro y 8 cm de longitud del tallo promedio, causado por la inferior capacidad de aireación por la disminución de espacios porosos y problemas de infiltración. En general estos dos sustratos mostraron que no pueden considerarse una opción apropiada. Si no fuera posible la obtención de Peat Moss o Floratropic®, no es recomendable bajo ninguna circunstancia la propagación de la papaya en estos dos sustratos, ya que incidirán negativamente en los resultados que pudieran ser obtenidos.

Las plántulas de papaya híbrido Tainung F1 tuvieron mayor desarrollo de hojas verdaderas en el sustrato Peat Moss con 12 hojas promedio/plántula, el sustrato que menor desarrollo propició fue la tierra con 8 hojas promedio/plántula. Un desarrollo deficiente en la planta desencadena múltiples efectos negativos en toda su estructura en referente a: hojas, tallo y longitud; en el caso del sustrato el Floratropic® el desarrollo de hojas verdaderas fue de 10, siendo descartable en uso para propagación debido a que las plántulas se desarrollaron a 12.22 mm de diámetro en promedio, 3.45 mm menos que el Peat Moss, y 11.14 cm de longitud, 8.81 cm de diferencia. Otro sustrato que no es conveniente de uso en vivero, según la evaluación fue la tierra con 8 hojas promedio/planta. Un mejor desarrollo en diámetro y altura, propiciaron la generación de más hojas de mayor tamaño. Esto permite que la planta se desarrolle de mejor manera y tenga más posibilidades de adaptación en el campo definitivo.

VIII.CONCLUSIONES

Las diferencias encontradas entre las medias de las variables de respuesta analizadas son función de los tratamientos de los sustratos en evaluación. El mejor tratamiento fue Peat Moss, el cual demostró inducir desarrollos fenotípicos superiores en todos los casos. Por lo tanto, para mejorar y realizar los procesos de propagación de semillas de papaya híbrido Tainung F1 es conveniente utilizarlo para producción de plántulas.

Los sustratos de tierra y arena blanca así como suelo de la región no son opciones convenientes para el establecimiento de plántulas de papaya ya que se presenta disminución en las características botánicas de la especie en longitud y número de hojas por plántula.

La capacidad de germinación de las semillas de papaya es de altos porcentajes al utilizar el sustrato Peat Moss, en esta evaluación se obtuvo el 95% indicando la variabilidad entre sustratos, con la tierra y arena fue de 35% mientras que el suelo de la región 48%, habiendo 54% en promedio de diferencia.

El desarrollo de plántulas de papaya en vivero fue influenciado por los tipos de sustrato evaluados, siendo el mejor de ellos el Peat Moss comprobando así la aceptación de la hipótesis alternativa planteada. El sustrato Floratropic[®] solamente fue distinto estadísticamente en longitud del tallo ante los demás tratamientos evaluados.

IX.RECOMENDACIONES

Utilizar el sustrato Peat Moss para el desarrollo de plántulas de papaya híbrido Tainung F1.

Evaluar las plantas propagadas en el campo definitivo con el fin de establecer el alcance del desarrollo observado en los diferentes tratamientos evaluados en este trabajo.

Evaluar el desarrollo de las semillas de plántulas de papaya del híbrido Tainung F1 en diferentes dimensiones de bolsas con los sustratos del estudio para analizar la influencia del volumen en fase de vivero.

X.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agromatica.es. (12 de enero de 2013). *Tipos de sustratos*. Recuperado el 30 de junio de 2017, de <http://www.agromatica.es/tipos-de-sustratos/>
- Álvarez Córdova, E. (diciembre de 2010). *Guía técnica del cultivo de la papaya*. Recuperado el 11 de julio de 2017, de <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20PAPAYA.pdf>
- Armas, M. (12 de septiembre de 2012). *El cultivo de la papaya*. Recuperado el 05 de julio de 2017, de <https://es.slideshare.net/INGPAKOWPN/instructivo-tecnico-para-el-agricultor-de-la-papaya>
- Arroyave, S. (Compositor). (2012). *Proceso de pre - germinación de la semilla de papaya*. [Y. Ayala, Intérprete, & C. García, Dirección] Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- Beltran Véliz, O. H. (27 de abril de 2016). *Control de enfermedades y plagas en el cultivo de papaya*. Recuperado el 05 de julio de 2017, de <http://oscarhumbertobeltran.blogspot.com/>
- Carranza, V. (2017). *Turba de musgo*. Recuperado el 30 de junio de 2017, de <http://www.infoagro.com/compraventa/oferta.asp?id=53025>
- Carrasco, J., & Riquelme, J. (2004). *Vaporización de sustratos*. Recuperado el 05 de julio de 2017, de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR34988.pdf>
- Carroll, J. (29 de marzo de 2017). *El musgo de turba y la jardinería*. Recuperado el 30 de junio de 2017, de <https://www.gardeningknowhow.com/garden-how-to/soil-fertilizers/peat-moss-information.htm>
- Color Palettes. (2017). *Verde*. Recuperado el 10 de julio de 2017, de <http://colorpalettes.net/category/green-colors/page/2/>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México. (2017). *Carica papaya*. Recuperado el 05 de julio de 2017, de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/23-caric1m.pdf

- Ecoagricultor.com. (2012). *Sustrato para plantas en macetas*. Recuperado el 30 de junio de 2017, de <http://www.ecoagricultor.com/sustrato-plantas-macetas/>
- Escobar López, R. (02 de diciembre de 2002). *Productores se alistan para enviar papaya*. Prensa libre, pág. 54.
- Flores Sánchez, E. R. (agosto de 2005). *Evaluación de 5 sustratos para la producción de plántula de papaya (Carica papaya), en el Subín, la Libertad, Petén*. Recuperado el 02 de agosto de 2017, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/26/26_0023.pdf
- Fresh Plaza. (20 de mayo de 2016). *Resumen del mercado global de la Papaya*. Recuperado el 09 de febrero de 2018, de <http://www.freshplaza.es/article/97857/Resumen-del-mercado-global-de-la-papaya>
- Galeon Hispavista. (2015). *Análisis de diseños experimentales básicos*. Recuperado el 21 de octubre de 2015, de <http://www.galeon.com/colposfes/est501/dca/dca.htm>
- Gil, A. I., & Miranda, D. (21 de noviembre de 2005). *Morfología de la flor y de la semilla de papaya (Carica papaya L.): variedad Maradol e híbrido Tainung-1*. Recuperado el 05 de julio de 2017, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652005000200004
- Hidroponia.mx. (24 de febrero de 2017). *¿Qué es el Peat Moss y para qué sirve?* Recuperado el 30 de junio de 2017, de <http://hidroponia.mx/que-es-el-peat-moss-y-para-que-sirve/>
- Instrumentos para el medio ambiente MASER. (2015). *Tabla de color de hojas Munsell*. Recuperado el 10 de julio de 2017, de www.maser.com.co/categorias/Plantas/Medicion-y-analisis/Tabla-de-Color-de-hojas-Munsell
- Lima Sigüina, S. G. (abril de 2005). *Estudio de la morfología del fruto de papaya (Carica papaya L.) según el tipo de flor en cruzamientos controlados; en el municipio de Cuilapa, departamento de Santa Rosa*. Recuperado el 27 de enero de 2018, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2163.pdf
- M. C. Lorenzana, J. (30 de septiembre de 2013). *Observaciones fenológicas*. Recuperado el 05 de julio de 2017, de <https://es.slideshare.net/vidalhernandez7731/observaciones-fenologicas>

- Martínez Frías, J. C. (2012). *Propagación y técnicas de cultivo de la Papaya (Carica papaya)*. Recuperado el 09 de febrero de 2018, de <http://vinculando.org/mercado/agroindustria/propagacion-y-tecnicas-de-cultivo-de-la-papaya-carica-papaya.html>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2000). *Perfil comercial Papaya*. Recuperado el 24 de julio de 2017, de <http://web.maga.gob.gt/download/Perfil%20papaya.pdf>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2017). *Ficha de mercado papaya Tainung*. Recuperado el 09 de febrero de 2018, de http://web.maga.gob.gt/diplan/download/informacion_del_sector/fichasdemercado/Papaya%20Tainung%20de%20Primera%20Mayorista.pdf
- Ministerio de economía de Guatemala. (julio de 2015). *Análisis de la situación actual y diagnóstico de la cadena de valor de Papaya*. Recuperado el 09 de febrero de 2018, de https://www.pronacom.gt/website/biblioteca/biblioteca_2._analisis_situacion_actual-diagnostico_cadena_papaya.pdf
- Ministerio de economía del gobierno de Guatemala. (2014). *Investigación y desarrollo agroindustrial de sub productos de papaya*. Recuperado el 17 de julio de 2017, de https://www.pronacom.gt/website/biblioteca/biblioteca_7._subproyecto_3._proceso_agroindustrial_subproductos_papaya.pdf
- Moreno Vega, A. (2015). *Operaciones auxiliares de preparación del terreno, plantación y siembra de cultivos*. España: Paraninfo, S.A.
- Negocios Del Trópico, S.A. (2017). Floratropic® sustrato humus subacuático. Guatemala, Guatemala. Recuperado el 27 de junio de 2017, de Floratropic® sustrato humus subacuático.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *Procedimientos para las determinaciones*. Recuperado el 11 de julio de 2017, de <http://www.fao.org/docrep/006/y2778s/y2778s05.htm>
- Pérez, C. (2008). *Papaya: beneficios y propiedades*. Recuperado el 05 de julio de 2017, de <https://www.naturesan.net/papaya-beneficios-y-propiedades/>
- Productos y soluciones YARA. (2017). *Nutrición vegetal*. Recuperado el 08 de julio de 2017, de <http://www.yara.com.pe/crop-nutrition/crops/maize/informacion-escencial/estrategias-de-aplicacion/>

- Quintana Lindo, C. E. (julio de 2011). *Producción y comercialización de papaya híbrida Tainung, Carica Papaya L., en la aldea San Francisco, municipio de Ixcán, departamento de Quiché*. Recuperado el 17 de marzo de 2017, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_3896.pdf
- SAB Syker Agrarberatungs, Alemania. (s.f.). *SAB Peat Moss*. Recuperado el 26 de enero de 2018, de http://www.sab-germany.com/body_peat_moss.php?s=3&h=3
- Sánchez, G., Palmieri, M., Vergara, L., & López, L. (15 de octubre de 1999). *Papayas de exportación y criollas con resistencia a Papaya Ringspot Virus (PRSV)*. Recuperado el 27 de enero de 2018, de <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%201997.09.pdf>
- Schoepke, T. (octubre de 2011). *Carica papaya L.* Recuperado el 05 de julio de 2017, de Carica papaya L.: <http://papayacarica.blogspot.com/p/informacion-taxonomica.html>
- Vía orgánica. (12 de abril de 2016). *Porcentaje de germinación*. Recuperado el 08 de julio de 2017, de <http://viaorganica.org/glosario/porcentaje-de-germinacion-2/>
- Villatoro, B., & Pérez, O. (2014). *Cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Recuperado el 24 de noviembre de 2017, de <https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>
- Webster, A. (2000). *Estadística aplicada a los negocios y a la economía*. Colombia: McGraw-Hill.

XI. ANEXOS

Tabla 16. Datos de altura de las plántulas de papaya híbrido Tainung F1

Altura (Centímetros)													
Fecha	No. De lectura	Peat Moss			Floratropic®			Tierra y arena blanca			Suelo de la región (tierra)		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
14/08/2017	1	7.61	6.33	6.88	4.06	4.51	4.39	3.93	3.05	4.15	3.58	4.47	6.06
24/08/2017	2	20.85	19.67	20.8	11.16	10.25	10.98	7.5	7.12	8.7	7.03	8.22	10.5
08/09/2017	3	33.23	31	33.2	19.18	17.44	18.28	10.33	9.92	10.04	8.9	10.44	12.75
	Total	20.56	19.00	20.29	11.47	10.73	11.22	7.26	6.69	7.63	6.51	7.71	9.77

Tabla 17. Datos del diámetro del tallo de las plántulas de papaya híbrido Tainung F1

Diámetro (milímetros)													
Fecha	No. De lectura	Peat Moss			Floratropic®			Tierra y arena blanca			Suelo de la región (tierra)		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
14/08/2017	1	6.75	6.45	6.9	4.65	9.17	5.22	5.67	5.00	4.85	4.00	4.67	5.50
24/08/2017	2	14.1	16.6	17.15	13.59	12.28	13.33	12.67	12.67	13.46	10.50	12.33	13.38
08/09/2017	3	24.55	23.85	24.7	18.71	16.78	16.28	16.00	16.67	16.54	15.80	13.78	16.94
	Total	15.13	15.63	16.25	12.31	12.74	11.61	11.44	11.44	11.62	10.10	10.26	11.94

Tabla 18. Datos de la cantidad de hojas verdaderas de las plántulas de papaya híbrido Tainung F1

Cantidad de hojas verdaderas de las plántulas en fase de vivero													
Fecha	No. De lectura	Peat Moss			Floratropic®			Tierra y arena blanca			Suelo de la región (tierra)		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
14/08/2017	1	5.05	6.35	6.95	4.65	4.83	4.89	4.67	4.17	4.69	4.83	4.89	5.63
24/08/2017	2	13.25	14.15	14.45	12.53	11.94	12.17	11.33	11.00	9.77	9.83	10.22	7.56
08/09/2017	3	14.55	14	15.65	12.35	11.72	13.22	9.67	11.67	9.85	11.00	11.11	9.33
	Total	10.95	11.50	12.35	9.84	9.50	10.09	8.56	8.94	8.10	8.56	8.74	7.51