

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EFFECTO DE LA ESCARIFICACIÓN EN SEMILLAS DE DOS
GENOTIPOS DE PAPAYA, BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS
TESIS DE GRADO

VIRGINIA ADELSUVIA PIRIL GAITÁN
CARNET 23023-10

ESCUINTLA, MARZO DE 2015
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EFFECTO DE LA ESCARIFICACIÓN EN SEMILLAS DE DOS
GENOTIPOS DE PAPAYA, BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
VIRGINIA ADELSUVIA PIRIL GAITÁN

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADA

ESCUINTLA, MARZO DE 2015
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. LUIS GERARDO MOLINA MONTERROSO

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. LUIS AMÉRICO MÁRQUEZ HERNÁNDEZ

ING. JORGE ALFREDO CARDONA ORELLANA

LIC. CARLOS DANILO SANTIZO SOLLER

Guatemala, marzo del 2015

Honorable miembros del Consejo Directivo
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar
Guatemala

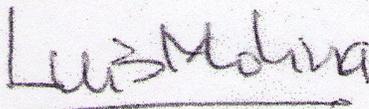
Respetables miembros del consejo:

Por medio de la presente, me dirijo a ustedes para informarles que he concluido la revisión del trabajo de tesis titulado "***Efecto de la escarificación en semillas de dos genotipos de papaya (Carica papaya L.) bajo condiciones protegidas***". Desarrollada por la estudiante Virginia Adelsuvia Piril Gaitan, como tesis de grado para optar al título de Ingeniera Agrónoma, en el grado académico de Licenciada en Ciencias Agrícolas con énfasis en cultivos tropicales.

Considerando que dicho trabajo llena los requisitos exigidos por la Facultad, solicito a ustedes se resuelva de conformidad.

Sin otro en particular.

Atentamente,



Ing. Agr. M.S.c Luis Gerardo Molina Monterroso.
Colegiado 1465
ASESOR DE TESIS



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante VIRGINIA ADELSUVIA PIRIL GAITÁN, Carnet 23023-10 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 0628-2015 de fecha 14 de marzo de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EFFECTO DE LA ESCARIFICACIÓN EN SEMILLAS DE DOS
GENOTIPOS DE PAPAYA, BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS**

Previo a conferírsele el título de INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 23 días del mes de marzo del año 2015.

**ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar**



AGRADECIMIENTOS

A Dios: por ser la fuente de sabiduría, amor, compasión, dirección y más en mi vida, gracias por haberme sostenido en este caminar.

A mis padres: Lorenzo Piril y Eva Gaitán por ser las personas en esta vida que más me han amado, por hacer de mi todo lo bueno que soy, y por su compañía en esta etapa de mi vida.

A mis hermanos: José, Marvin, Eva y Melida, por su valiosa ayuda y motivación que me dan siempre.

A mis amigos (as): Que hicieron este recorrido más placentero, gracias; Marisabel Pedroza, Cesar Boc, Héctor Monterroso, David Castillo, Misael Pérez y Sheila Méndez.

A la Agropecuaria Pegón Piloncito: Que hizo posible este trabajo y por haber sido la mejor escuela de campo, así mismo al Ing. Agr. Héctor Ramazzini e Ing. Agr. Walter Girón, por sus sabias enseñanzas.

A mi asesor: Ing. Agr. MsC Luis Molina, quien me brindo todo su apoyo y paciencia en la realización de este trabajo.

A: Ing. Agr. Rodolfo Veliz.
Ing. Agr. Adán Rodas.
Ing. Agr. Luis Márquez.
Ing. Agr. Jorge Cardona.
Ing. Agr. Carlos Santizo.

Por su ayuda incondicional en la revisión de mi tesis, haciendo de mí trabajo algo mejor.

A: La universidad Rafael Landívar y a todos los catedráticos que hicieron posible mi formación.

DEDICATORIA

A Dios y su corte celestial.

A mí.

A mis padres Eva y Lorenzo.

A mi compañero de vida, Juanjo.

A mis sobrinas Belén y Lupita, con todo el amor.

Y muy respetuosamente a usted que lee el documento.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN.....	I
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE PAPAYA	2
2.2 CONDICIONES AGRO ECOLÓGICAS NECESARIAS PARA EL CULTIVO DE PAPAYA.....	4
2.3 TIPOS Y VARIEDADES DE PAPAYA.....	5
2.4 PROPAGACIÓN POR SEMILLAS	6
2.5 VALOR ALIMENTICIO DE LA PAPAYA.....	9
2.6 LATENCIA DE SEMILLAS Y EMERGENCIA DE PLÁNTULAS	10
2.7 TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS	13
2.8 ANTECEDENTES SOBRE LA REPRODUCCIÓN DE LA PAPAYA.....	14
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	17
3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	17
IV. OBJETIVOS.....	18
4.1 GENERAL	18
4.2 ESPECÍFICOS	18
V. HIPÓTESIS	19
VI. METODOLOGÍA	20
6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO.....	20
6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL.....	20
6.3 FACTORES ESTUDIADOS	20

	Página
6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	20
6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	21
6.6 MODELO ESTADÍSTICO	21
6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL	22
6.8 CROQUIS DE CAMPO	22
6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO	23
6.10 VARIABLES RESPUESTA.....	24
6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	25
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
VIII. CONCLUSIONES	65
IX. RECOMENDACIONES.....	66
X. BIBLIOGRAFÍA	67
XI. ANEXOS	71

ÍNDICE DE CUADROS

	Página	
Cuadro 1	Características nutricionales de la papaya.	11
Cuadro 2	Tratamientos de escarificación de semillas de papaya evaluados.	23
Cuadro 3	Análisis de varianza para porcentaje de emergencia de las plántulas de papaya a los 40 días.	30
Cuadro 4	Prueba Tukey, para la variable porcentaje de emergencia de las plántulas.	31
Cuadro 5	Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas de papaya.	31
Cuadro 6	Prueba Tukey, para la interacción de los factores A y B.	32
Cuadro 7	Análisis de varianza para tiempo de emergencia de las plántulas de papaya.	33
Cuadro 8	Prueba Tukey, para tiempo de emergencia de las plántulas de los tratamientos de escarificación.	33
Cuadro 9	Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas de papaya.	34
Cuadro 10	Prueba Tukey, para la interacción de los factores.	35
Cuadro 11	Análisis de varianza para altura de las plántulas de papaya a los 45 días.	36
Cuadro 12	Prueba Tukey, para altura de las plántulas, a los 45 días.	36
Cuadro 13	Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 45 días.	37
Cuadro 14	Prueba Tukey, para la interacción de los factores, a los 45 días.	38
Cuadro 15	Análisis de varianza para altura de las plántulas de papaya a los 90 días.	39
Cuadro 16	Prueba Tukey, para altura de las plántulas, a los 90 días.	39
Cuadro 17	Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 90 días.	40
Cuadro 18	Prueba Tukey, para la interacción de los factores, a los 90 días.	41
Cuadro 19	Análisis de varianza para diámetro de las plántulas de papaya a los 45 días.	42
Cuadro 20	Prueba Tukey, para el diámetro de las plántulas, a los 45 días.	42
Cuadro 21	Prueba Tukey, para genotipo de las plántulas, a los 45 días, con relación al diámetro de las plántulas.	43
Cuadro 22	Prueba Tukey para la interacción de los factores de las plántulas, a los 45 días, con relación al diámetro de plántulas.	43
Cuadro 23	Análisis de varianza para diámetro de las plántulas de papaya a los 90 días.	44

		Página
Cuadro 24	Prueba Tukey, para diámetro de las plántulas, a los 90 días.	45
Cuadro 25	Prueba Tukey, para genotipo de las plántulas, a los 90 días.	45
Cuadro 26	Prueba Tukey, para la interacción de los factores, con relación al diámetro de las plántulas, a los 90 días.	46
Cuadro 27	Análisis de varianza para materia verde de las plántulas de papaya a los 45 días.	47
Cuadro 28	Prueba Tukey, para materia verde de las plántulas, a los 45 días.	47
Cuadro 29	Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 45 días, en relación al efecto en la materia verde.	48
Cuadro 30	Prueba Tukey, para la interacción de los factores en relación a la materia verde de las plántulas, a los 45 días.	48
Cuadro 31	Análisis de varianza para materia verde de las plántulas de papaya a los 90 días.	49
Cuadro 32	Prueba Tukey, para materia verde de las plántulas, a los 90 días.	50
Cuadro 33	Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 90 días, en relación a la materia verde.	50
Cuadro 34	Prueba Tukey, para la interacción de los factores en relación a la materia verde de las plántulas, a los 90 días.	51
Cuadro 35	Análisis de varianza para materia seca de las plántulas (g) de papaya a los 45 días después de la siembra.	52
Cuadro 36	Prueba Tukey, para materia seca de las plántulas, a los 45 días.	52
Cuadro 37	Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 45 días, con relación a la producción de materia seca.	53
Cuadro 38	Prueba Tukey, para la interacción de los factores en relación a la materia seca de las plántulas, a los 45 días.	54
Cuadro 39	Análisis de varianza para materia seca de las plántulas de papaya a los 90 días.	54
Cuadro 40	Prueba Tukey, para métodos de escarificación, con relación a la producción de materia seca de las plántulas, a los 90 días.	55
Cuadro 41	Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 90 días, con relación a la producción de materia seca.	55
Cuadro 42	Prueba Tukey, para la interacción de los factores en relación a la materia seca de las plántulas, a los 90 días.	56
Cuadro 43	Análisis de varianza para biomasa de raíces de las plántulas de papaya a los 30 días.	57
Cuadro 44	Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas a los 30 días, en relación a la biomasa de raíces.	58
Cuadro 45	Análisis de varianza para biomasa de raíces de las plántulas de papaya a los 60 días.	58
Cuadro 46	Prueba Tukey, para biomasa radicular de las plántulas, a los 60 días.	59

		Página
Cuadro 47	Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 60 días, en relación a la biomasa de raíces.	59
Cuadro 48	Prueba Tukey, para la interacción de los factores, en relación a la biomasa de raíces, a los 60 días.	60
Cuadro 49	Análisis de varianza para biomasa de raíces de las plántulas de papaya a los 90 días.	60
Cuadro 50	Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 90 días, en relación a la biomasa de raíces.	61
Cuadro 51	Prueba Tukey, separación múltiple de medias, para la interacción de los factores en relación a la biomasa de raíces, a los 90 días.	62
Cuadro 52	Análisis de varianza para volumen radicular de las plántulas de papaya a los 30 días.	63
Cuadro 53	Prueba Tukey, para volumen radicular de las plántulas, a los 30 días.	63
Cuadro 54	Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 30 días, en relación al volumen radicular.	64
Cuadro 55	Prueba Tukey, para la interacción de los factores en relación al volumen radicular, a los 30 días.	64
Cuadro 56	Análisis de varianza para volumen radicular de las plántulas de papaya a los 60 días.	65
Cuadro 57	Prueba Tukey, para volumen radicular de las plántulas, a los 60 días después de la siembra.	65
Cuadro 58	Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 60 días, en relación al volumen radicular.	66
Cuadro 59	Prueba Tukey, para la interacción de los factores, en relación al volumen radicular, a los 60 días.	67
Cuadro 60	Análisis de varianza para volumen radicular de las plántulas de papaya a los 90 días.	68
Cuadro 61	Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 90 días, en relación al volumen radicular.	68
Cuadro 62	Rentabilidad obtenida en cada uno de los tratamientos evaluados.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Morfología de la semilla de papaya.	9
Figura 2	Partes externas de la semilla de la papaya.	10
Figura 3	Partes externas de la semilla de papaya.	10
Figura 4	Diseño de croquis de campo, vista general del invernadero.	24
Figura 5	Posición de los tratamientos dentro del invernadero.	25
Figura 6	Porcentaje de emergencia de las plántulas durante el tiempo de evaluación.	29
Figura 7	Preparación y aplicación de tratamientos.	76
Figura 8	Siembra de los tratamientos.	76
Figura 9	Emergencia de los tratamientos.	77
Figura 10	Crecimiento de las plántulas a los 45 días.	77
Figura 11	Desarrollo de la plántula a los 90 días.	78
Figura 12	Medición de la altura de la plántula.	78
Figura 13	Medición del volumen radicular.	79
Figura 14	Determinación de la biomasa radicular.	79
Figura 15	Preparación de muestras para la obtención de peso seco.	80
Figura 16	Muestras en el horno para la determinación del peso seco de las plántulas.	80

EFFECTO DE LA ESCARIFICACIÓN EN SEMILLAS DE DOS GENOTIPOS DE PAPA YABAJO CONDICIONES PROTEGIDAS, JOCOTILLO, VILLA CANALES

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar diferentes tratamientos de escarificación en la semilla de papaya, en la localidad de Jocotillo, Villa Canales, finca Pegón Piloncito. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo bifactorial, con 3 repeticiones y 12 tratamientos. Se emplearon dos genotipos de papaya, semilla criolla y semilla certificada Tainung 1. Las modalidades de escarificación evaluadas fueron: imbibición con agua durante 120 horas, térmico a 50 °C durante media hora, ácido fosfórico al 85% durante 5 minutos, ácido nítrico 0.1 N durante 5 minutos, ácido giberélico 0.1% durante 24 horas y tratamiento testigo. Las variables de medición fueron: porcentaje y tiempo de emergencia que se hizo una lectura diaria empezando a los 12 días y terminando a los 40 días; tamaño, diámetro, materia seca y verde de las plántulas a los 45 y 90 días posteriores a la siembra de la semilla; biomasa y volumen radicular, a los 30, 60 y 90 días posteriores a la siembra de la semilla, y rentabilidad de cada tratamiento. Ningún tratamiento presentó diferencias estadísticas significativas en el porcentaje y tiempo de emergencia de las plántulas de papaya para el genotipo Tainung 1. El tratamiento ácido nítrico presentó diferencias estadísticas significativas en el tiempo de emergencia de plántulas de papaya para el genotipo criollo. Se encontraron efectos estadísticamente significativos en el crecimiento de las plántulas de papaya para las variables altura, diámetro, materia seca y verde a los 45 días, biomasa a los 60 días y volumen radicular a los 30 y 60 días para ambos genotipos.

EFFECT OF SCARIFICATION IN SEEDS OF PAPAYA GENOTYPES UNDER PROTECTED CONDITIONS

SUMMARY

The objective of this research was to evaluate different scarification treatments in papaya seeds, in the locality of Jocotillo, Villa Canales, Pegón Piloncito farm. A complete randomized block design, in a bifactorial arrangement, with 3 replicates and 12 treatments was used. The papaya genotypes used were: native seed and certified Tainung 1 seed. The scarification modalities that were evaluated were: a) imbibitions in water for 120 hours, b) thermal at 50°C for half an hour, c) phosphoric acid at 85% for 5 minutes, d) 0.1N nitric acid for 5 minutes, e) gibberellic acid 0.1% for 24 hours, and f) the check. The measurement variables were: percentage and emergence time, carrying out daily readings that began after 12 days and concluded at 40 days; size, diameter, dry and fresh matter of seedlings at 45 and 90 days after planting; biomass and root volume at 30, 60, and 90 days after planting; and, profitability per treatment. None of the treatments showed significant statistical differences in the percentage and emergence time of the papaya seedlings for the Tainung 1 genotype. The nitric acid treatment showed statistical differences regarding the emergence time of the papaya seedling for the native genotype. Significant statistical effects were found in the growth of the papaya seedlings for the variables of height, diameter, dry and fresh matter after 45 days, biomass after 60 days, and root volume after 30 and 60 days for both genotypes.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de papaya es de excelente aceptación en el mercado interno y externo, con gran potencial en el mercado de exportación, principalmente a mercados como El Salvador 93%, Honduras 4%, Estados Unidos 2% y Alemania 1%. En el 2011 se reportaron 11,537 toneladas de papaya exportada, con un ingreso de \$ 447200. Los departamentos de Guatemala que destacan por producción de papaya son: Zacapa, El Progreso, Chiquimula, Jalapa, Jutiapa, Escuintla, Santa Rosa, Suchitepéquez, Retalhuleu, San Marcos, Alta y Baja Verapaz, Izabal y El Petén (Vela, 2005).

El cultivo de papaya es factible de reproducir por medio de la técnica de elaboración de pilones (Pérez, 2007). Llevar al campo una plántula formada, ha representado grandes beneficios al productor, pues a diferencia de la siembra directa, el pilón es producido bajo condiciones protegidas, obteniendo plántulas libres de plagas y enfermedades, lo que garantiza al productor tener un menor riesgo en el campo.

El uso de pilones para el trasplante ha venido a revolucionar el cultivo de plantas y hacerlo más eficiente, obteniéndose uniformidad y plantas sanas con un mejor enraizamiento, cuando no se obtiene estos parámetros se debe revisar los procesos que conlleva la producción de las plántulas. Para el caso del cultivo de la papaya la germinación influye directamente en la uniformidad de la plántula, debido a que el periodo de emergencia de plántulas puede ser muy amplio, lo que ocasiona diferentes tamaños de plántulas, que resulta en problema para el productor de pilones pues no cumple con la calidad deseada por el cliente.

Para optimizar la emergencia de las plántulas, y así mejorar la uniformidad de las mismas, debe dársele un tratamiento pregerminativo. Existen algunas formas para optimizar la emergencia de las plántulas, dentro de éstas se encuentra la escarificación, éste es cualquier proceso que rompe, raya, altera mecánicamente o ablanda las cubiertas de la semilla para hacerlas permeables (Goor y Barney, 1976; García, 1991). La escarificación química, que consiste en remojar las semillas por períodos breves, en compuestos químicos (Santiago & Arana, 2011).

Con el presente trabajo de investigación se pretendió determinar que método de escarificación era más efectivo para aumentar el porcentaje de emergencia, así como el que produjera una emergencia más rápida y uniforme.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE PAPAYA

La papaya es nativa de América Tropical. Fue descrita por vez primera antes de 1535 por Fernando de Oviedo. Actualmente se cultiva en la mayoría de las regiones tropicales (Ramos, S/F).

En relación con el origen de la papaya (*Carica papaya* L.) muchos investigadores señalan la región Centroamericana como el centro de origen de dicha especie, sin embargo, otros como Vavilov consideran el centro y sur de México, así como la región de Centroamérica, especialmente Guatemala, Honduras y Costa Rica, como el área de origen de la papaya. Adicionalmente investigaciones recientes señalan gran concentración de especies del género *Carica* en la región de Los Andes, entre Brasil, Bolivia, Colombia y Venezuela, lo cual hace suponer que esa región puede ser el verdadero centro de origen de la papaya por existir allí mayor compatibilidad genética entre estos materiales para darse un cruzamiento natural (Montenegro, 1994).

En la actualidad la papaya se encuentra en una vasta zona tropical e intertropical, que comprende a toda América Central y se extiende hacia el norte y sur llegando a los trópicos, del continente africano, Australia y sur de Asia (Ramos, Borges y Farrés 2002).

La papaya es una planta tropical nativa de América Central (Samson, 1980). Se cultiva en muchas regiones tropicales y subtropicales y es considerada como una de las fuentes más importantes de vitaminas A y C; así como de la enzima papaína, que tiene importancia industrial (Soler, 1996). Es una planta perenne, de crecimiento rápido y vida comercial corta (Mandujano, 1993).

El principal mercado de las papayas guatemaltecas es Centroamérica y Estados Unidos (Vela, 2005).

Las exportaciones de papaya guatemalteca con un comportamiento irregular se ha destinado principalmente a El Salvador, con el 93%; Honduras, con 4%; Estados Unidos, con 2%, y Alemania, con el 1% (Vela, 2005).

El efecto de los tratamientos de pregerminación se ha estudiado en diversos cultivos (Tseng, 1991; Shankarraja y Sulikeri, 1993; Kyauk, Hopper, y Brigham, 1995). Paz y

Vázquez-Yanes (1998) estudiaron el efecto de la luz, temperatura, agitación en agua por 24 horas y la presencia de ácido giberélico (AG3) en la germinación de semillas de papaya de 15 variedades “criollas” y 15 plantas silvestres del sureste mexicano.

2.1.1 Descripción botánica de la papaya

La papaya pertenece a la familia Caricácea, que agrupa cuatro géneros, de los cuales el más importante es *Carica* y las especies son diversas sobresaliendo en nuestro país *Carica papaya* (Vela, 2005).

La clasificación taxonómica de la papaya es la siguiente:

Reino: Vegetal.

División: Antophyta o fanerogama

Clase: Dicotiledonea

Sub clase: Chrisopetala

Orden: Parietales

Familia: Caricaceae

Género: *Carica*

Especie: *Carica papaya* (Carrillo, 2002).

Según se indica en el Manual del Cultivo de Papaya (MAGA, 1999) entre las características más importantes del cultivo están:

Raíces

El sistema radicular de la planta lo componen unas pocas raíces grandes, poco profundas, cuya estructura es semejante a la del tallo pero con la corteza color blanco y con muchas raicillas que se encargan de la nutrición de la planta, la raíz pivotante alcanza longitudes de 1 metro y las secundarias 0.80 metros.

Tallo

El tallo generalmente no ramifica y cuando lo hace emite pocas ramas, las cuales deben eliminarse para evitar que le resten vigor a la planta, es hueco en su interior, excepto en los nudos, puede crecer hasta 8 metros y alcanzar diámetros hasta de 0.30 metros.

Hojas

Sus hojas son alternas, palmeadas, simples, grandes y lisas y forman una corona compacta en la parte terminal del tallo, el pecíolo es largo, hueco, ligeramente curvo hacia arriba y de color verde, rojizo o morado según el cultivar, puede medir entre 0.25 a 1 metro de longitud, el limbo mide entre 0.25 a 0.75 metros y puede constar de 7 a 11 lóbulos, una planta sana puede tener alrededor de 30 hojas.

Flores

Las flores son grandes, blancas, de cinco pétalos y cinco sépalos, nacen en el tallo cerca de la inserción de las hojas y se consideran de tres tipos, siendo estos: masculinas sin ovario desarrollado, femeninas sin estambres y hermafroditas con estambres y ovario.

Fruto

El fruto es una baya de tamaño y forma variable dependiendo del tipo de flor que lo origina, se pueden encontrar frutos casi esféricos a cilíndricos los cuales provienen de flores femeninas, y, frutos alargados que provienen de flores hermafroditas, el peso de los frutos oscila entre 200 gramos y 8 kilogramos aproximadamente; la corteza es de color verde en los frutos jóvenes y se torna de amarillo claro a rojo cuando alcanza la madurez. La pulpa es rica en agua, azúcares, vitaminas y minerales, en su interior se presenta una cavidad con numerosas semillas (de 50 a 500 dependiendo del cultivar), las cuales pueden ser de color gris o negro, y están encerradas en un arilo transparente llamado sacotesta.

2.2 CONDICIONES AGRO ECOLÓGICAS NECESARIAS PARA EL CULTIVO DE PAPAYA

2.2.1 Clima

La planta de papaya se desarrolla en altitudes desde 0 hasta 1000 metros sobre el nivel del mar, sin embargo, se estima que se obtienen producciones de mejor calidad cuando el cultivo se desarrolla en altitudes menores a los 400 metros. La papaya es muy susceptible a los vientos fuertes, razón por la cual las plantaciones deben establecerse en lugares donde los vientos circulan con velocidades menores de 30 km por hora, ya que fácilmente pueden provocar la caída de las plantas (Carrillo, 2002).

Con relación a la temperatura, el cultivo se desarrolla entre los 16 y los 35 grados centígrados, considerándose ideal una temperatura en el día entre los 21 y los 33 grados centígrados. En aspectos de precipitación pluvial el cultivo desarrolla en rangos desde 1500 a 2000 mm anuales, sin embargo, debido a la distribución poco previsible de lluvias es necesario contar con posibilidades de riego para asegurar que el cultivo desarrolle adecuadamente (Carrillo, 2002).

MAGA (1999) indica que la humedad ambiental es un factor muy importante para el cultivo de la papaya, indicándose que el rango deseable está entre 70 y 80% de humedad relativa. Una humedad relativa más alta induce a la formación de hongos y en una humedad más baja la planta transpira demasiado, lo que tiende a desecarla, requiriendo un mayor consumo de agua. El cultivo se desarrolla mejor a pleno sol, en caso contrario se producen frutas insípidas y con pulpa de color pálido.

2.2.2 Suelos

La papaya se adapta a diversos tipos de suelo, no obstante se desarrolla mejor en aquellos que poseen buena capacidad de retención de humedad pero que tienen buen drenaje. Los suelos muy pesados no son muy recomendables debido a que normalmente tienen mal drenaje. Se prefieren los suelos francos, franco-arenosos, franco-arcillosos, con un pH entre 6 y 7 (Carrillo, 2002).

2.3 TIPOS Y VARIEDADES DE PAPAYA

En términos generales en Guatemala la producción se basa en un tipo 'criollo' seleccionado que no es uniforme en cuanto a la producción de sus frutos; otro tipo es el 'Solo o Hawaiano', el cual se cultiva en áreas menores que el tipo criollo. Se considera que la obtención de variedades de papaya es difícil por el complejo genético de ésta y sus diferentes manifestaciones de sexo, el cual puede sufrir desviaciones bajo la influencia del clima y otros factores externos (Montenegro, 1999; Ramos, Borgues y Farrés, 2002).

2.3.1 Tipo solo o hawaiano

El cultivo de este tipo de papaya es reciente en Guatemala y se caracteriza por ser plantas de porte alto, que producen abundantes frutos de forma esférica, relativamente pequeños de aproximadamente 0.2 a 0.8 kg de peso, la pulpa puede ser de color

anaranjado pálido a rojizo según el cultivar, de cavidad interna pequeña y muchas semillas. Dentro de este tipo se describen los cultivares Sunrise, Sunset, Waimanolo y Kapoho (Montenegro, 1999; Ramos, et al., 2002).

2.3.2 Papayas híbridas

Entre los tipos de papayas híbridas se encuentran las desarrolladas por fitomejoradores de Taiwán, que utilizaron las líneas progenitoras Cari flora, con la variedad Rosa 77 de Costa Rica, obteniendo como resultado de su investigación líneas con frutos de pulpa roja, precoces y tolerantes al VMAP y al frío, estas son conocidos como Tainung, que hace referencia al lugar donde fueron desarrollados (Manual BPA de papaya, 2002).

Con respecto a las papayas Tainung, las plantas son vigorosas y pueden medir a primera cosecha entre 2.5 a 3.99 m de altura, desarrollan un follaje exuberante, su tallo medido a 0.50 m de altura desarrolla un grosor de 0.20 m, sus hojas, pedúnculos y tallos son de color oscuro. Inician la floración a tres meses de plantada en campo, la distancia entre nudos es corta, su producción de fruta es baja y es insignificante la carpeloidía lo mismo que la esterilidad, es resistente al VMAP (Manual BPA de papaya, 2002).

Con respecto a las características de la fruta, por ser plantas hermafroditas, tienen forma alargada, presentando un verde brillante en precosecha, el tamaño de la fruta varía poco, con un peso promedio de 900 g, el largo promedio es de 20 cm y el ancho 12 cm. La cavidad es pequeña, no estrellada con pulpa suave y gruesa. El color de la pulpa es anaranjado intenso con 12^o brix. Su cáscara y consistencia permiten larga vida de anaquel y resistencia en el transporte (Manual BPA de papaya, 2002).

2.4 PROPAGACIÓN POR SEMILLAS

La papaya se puede propagar de varias formas según su importancia genética.

Por semilla.

1. Por esquejes.
2. Cultivo de tejidos.

La multiplicación por semilla es la forma más fácil y práctica, cuando se trata de selección y variedades puras. En este caso deberá utilizarse un buen criterio fenotípico de lo que se desee obtener; plantas vigorosas, con la arquitectura deseable, productivas, tamaño de

fruta para el mercado que se desea acaparar, color y consistencia de pulpa, para lograr ello se deben separar las semillas, de las cuales se encuentran de 2 tipos, unas blanquecinas que son inmaduras y unas grises que son las indicadas para la reproducción, se colocan las semillas en un recipiente con agua y las que flotan al segundo día se eliminan, luego se procede a frotarlas con un paño para eliminar el arilo o envoltura transparente de las semillas y se procede a secarlas a la sombra en un lugar ventilado y fresco por 2 o 3 días, se almacenan en bolsas de papel a una temperatura promedio de 10 °C o se procede a la siembra inmediata porque su poder de germinación dura poco tiempo. Como norma general las semillas se extraen de frutos fisiológicamente maduros (Pérez, 2007).

La forma más eficiente de propagación es el uso de semilla genética para siembras comerciales. En el caso de la variedad criolla, una planta hermafrodita deseable puede producir un promedio de 21 frutas de grandes a medianas y cada fruta, 250 semillas viables con el poder germinativo necesario. Una planta de estas características puede producir 5000 semillas que equivalen a 5 onzas de peso (140 g), para sembrar 1250 bolsas de semillero (Manual BPA de papaya, 2002).

En las variedades hawaianas una sola fruta hembra puede producir hasta 2000 semillas. Las variedades e híbridos que son producidos bajo certificación, se desarrollan en invernaderos especiales, libres completamente de agentes exteriores que generan contaminación genética o microbiológica, como virus, bacterias, hongos, fitoplasmas u otros. Se ha comprobado que el virus de la mancha anular del papaya, no se transmite por semilla (Manual BPA de papaya, 2002).

La germinación tardía y errática de semilla de papaya es afectada por la presencia de la sarcotesta, membrana que contiene compuestos fenólicos inductores de latencia, misma que inhibe el intercambio de líquidos y gases, prolonga el período de secado y facilita la colonización de fitopatógenos. Las técnicas utilizadas en el beneficio de semilla de papaya para eliminar la sarcotesta son limitadas (Romero, Mejía, Carballo, López, Rangel & Ávila, 2013).

La semilla de papaya se caracteriza por ser bitegumentada, pues el tegumento interno origina el tegmen y el externo a la testa, la cual es multiplicativa hasta con 60 capas y tres

estratos distintivos: endotesta, mesotesta y exotesta (sarcotesta). Ésta última de consistencia semipermeable, humedad alta y concentra compuestos fenólicos que, en conjunto, inducen latencia (Kubitzki, 2003). Lo anterior ocasiona la inhibición del intercambio de líquidos y gases, deshidratación tardía y colonización de microorganismos patógenos (Tokuhisa, Dias, Alvarenga, Dias y Marin, 2007).

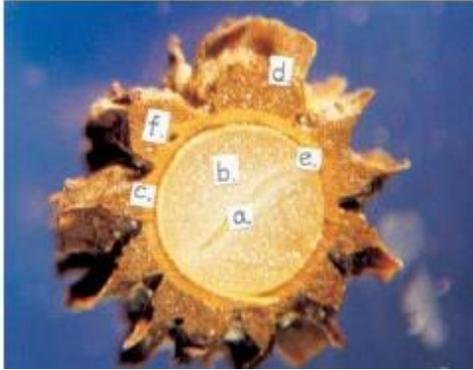


Figura 1. Morfología de la semilla de papaya. Muestra la estructura interna de la semilla de *Carica papaya* a) embrión; b) endospermo; c) endotesta; d) mesotesta; e) tegmen; f) rafe. Fotos: Martha de Valencia. (Gil & Miranda, 2005).



Figura 2. Partes externas de la semilla de la papaya. Muestra la semilla de papaya con la sarcotesta adherida (nótese el brillo adherido) (Gil & Miranda, 2005).



Figura 3. Partes externas de la semilla de papaya, donde se muestra la mesotesta de la semilla de papaya. (Gil & Miranda, 2005).

Según Semillas del Caribe (2000), el establecimiento y manejo del vivero es la primera etapa y la más importante del proceso productivo del cultivo que lo requiere, porque de aquí depende en mayor grado producir plantas sanas y vigorosas. Al obtener plantas sanas en un vivero o cultivo protegido, se logra una mayor uniformidad, reducción del periodo de producción y sus costos, planeamiento del abastecimiento de plantas y prolongación del su ciclo productivo el mismo periodo de tiempo en que las plantas permanecen en el vivero o cultivo protegido libre del ataque de áfidos o pulgones. En la producción de plantas en vivero o cultivo protegido es importante considerar varios factores como la calidad de la semilla, el sustrato, el contenedor, luz, humedad, temperatura y manejo principalmente (aplicación de fungicidas, fertilizante foliar, insecticidas, riegos, etc.).

2.5 VALOR ALIMENTICIO DE LA PAPAYA

Posee sabor agradable, un alto valor nutritivo al ser una fuente excelente de vitamina C, alto contenido de fibra y folato, que es una vitamina B requerida para la producción de glóbulos rojos normales, además de ser un gran auxiliar para la digestión, la papaya cuya pulpa es de color rojo es rica en vitamina A. Las frutas maduras se usan para hacer bebidas frescas, helados y jarabes. Se sabe también que en los tallos y hojas se encuentra un alcaloide llamado carpaína, el cual puede ser utilizado como un estimulante cardiaco (Carrillo, 2002).

La papaya es la mayor fuente de papaína, la cual es una enzima proteolítica con características funcionales similares a la pepsina y a la tripsina (Carrillo, 2002).

El valor nutricional de la papaya es como se indica en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características nutricionales de la papaya.

Concepto	Valor
Energía	32.00 kcal
Humedad	90.70%
Proteína	0.50 g
Grasa	0.10 g
Carbohidratos	8.30 g
Riboflavina	0.04 mg
Niacina	0.30 mg
Cenizas	0.40 g
Calcio	20.00 mg
Fósforo	13.00 mg
Hierro	0.40 mg
Tiamina	0.03 mg
Vitamina C	46.00 mg

(Velásquez, 1987).

La papaya presenta un alto contenido de caroteno (provitamina A), también de vitamina C, sin embargo, el complejo de vitamina B se encuentra en la papaya en menor cantidad (Velásquez, 1987).

2.6 LATENCIA DE SEMILLAS Y EMERGENCIA DE PLÁNTULAS

Santiago y Arana (2011), Hartmann y Kester (1988), Willan (1991), citan que a la semilla debe dársele un tratamiento pregerminativo, para mejorar la emergencia de las plántulas, independientemente si la propagación se hace a través de un vivero, en campo, o en condiciones protegidas bajo invernadero. Para ello se debe conocer cuáles son los factores que inhiben la emergencia de las plántulas.

El estado de dormición, latencia o letargo es definido como la incapacidad de una semilla intacta y viable, de germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases que serían adecuadas para la germinación. En particular, en el sector forestal se utiliza la palabra latencia, la cual proviene del latín “latensis” y significa oculto, escondido o aparentemente inactivo para referirse a esta incapacidad de la semilla a germinar, la cual puede constituir un problema por ejemplo para los programas de

producción de plántulas en vivero. La latencia se establece durante la formación de la semilla, y posee una importante función que consiste en restringir la germinación en la planta madre antes de su dispersión en el campo. Además, se considera que la latencia es una adaptación que contribuye a la supervivencia del individuo, ya que restringe la germinación cuando los factores ambientales son desfavorables para el desarrollo de la plántula (Santiago & Arana, 2011).

Es importante destacar que existe un amplio rango de intensidades de latencia, que va desde la latencia absoluta, en la cual la germinación no se produce bajo ninguna condición, pasando por intensidades intermedias, donde las semillas pueden germinar en un rango de condiciones ambientales estrecho (por ejemplo cuando se incuban a cierta temperatura), hasta el extremo donde no hay latencia, y las semillas pueden germinar en un amplio rango de condiciones ambientales. Es necesario tener en cuenta que la latencia es un proceso dinámico. La intensidad de la latencia se encuentra influenciada por varios factores ambientales como la temperatura, la humedad y el ambiente gaseoso, y a medida que el grado de latencia disminuye se amplía el rango de condiciones ambientales que permiten la germinación (Santiago & Arana, 2011).

Por definición, la germinación involucra todos aquellos procesos que comienzan con la absorción de agua por la semilla quiescente, y terminan con la elongación del eje embrionario. La señal visible de la finalización de la germinación es, en general, la emergencia de la radícula embrionaria a través de las cubiertas seminales, aunque en el ámbito de la producción es aceptado que la señal de la germinación suele tomarse como la visualización de la plántula viable emergiendo del suelo (Santiago & Arana, 2011).

La latencia por cubierta de las semillas o exógena puede ser una latencia física, mecánica y química, la física es una característica de un gran número de especies de plantas, en las cuales la cubierta seminal o secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla son impermeables. El embrión está encerrado dentro de una cubierta impermeable que puede preservar las semillas con bajo contenido de humedad durante varios años, aún con temperaturas elevadas. En la categoría de la latencia mecánica están las cubiertas de las semillas que son demasiado duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación. Probablemente éste factor no es la única causa de la

latencia, ya en la mayoría de los casos se combina con otros tipos para retardar la germinación. Y la latencia química corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en el fruto o en las cubiertas de las semillas (Hartmann y Kester, 1988; Willan, 1991).

La latencia morfológica o endógena se presenta en aquellas familias de plantas cuyas semillas, de manera característica en el embrión, no se han desarrollado por completo en la época de maduración. Como regla general, el crecimiento del embrión es favorecido por temperaturas cálidas, pero la respuesta puede ser complicada por la presencia de otros mecanismos de letargo. Existen dos grupos correspondientes a este tipo de latencia, uno de ellos son los embriones rudimentarios, el cual se presenta en semillas cuyo embrión es apenas algo más que un proembrión embebido en un endosperma, al momento de la maduración del fruto. También en el endosperma existen inhibidores químicos de la germinación, que se vuelven en particular activos con altas temperaturas, y los embriones no desarrollados, en donde algunas semillas en la madurez del fruto tienen embriones poco desarrollados, con forma de torpedos, que pueden alcanzar un tamaño de hasta la mitad de la cavidad de la semilla. El crecimiento posterior del embrión se efectúa antes de la germinación (Hartmann y Kester, 1988; Willan, 1991).

La latencia interna, que en muchas especies es controlada internamente en el interior de los tejidos. En el control interno de la germinación están implicados dos fenómenos separados. El primero es el control ejercido por la semipermeabilidad de las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundante, conociéndosele como latencia fisiológica, y el segundo es un letargo presente en el embrión que se supera con exposición a enfriamiento en húmedo, conociéndole como latencia del embrión, cuya capacidad del mismo en germinar con normalidad es su característica principal (Hartmann y Kester, 1988; Willan, 1991).

La latencia combinada morfofisiológica, consiste en la combinación de subdesarrollo del embrión como embriones rudimentarios y/o no desarrollados, con mecanismos fisiológicos inhibidores fuerte, como sustancias químicas, cubiertas duras y secciones endurecidas, algunas semillas pueden combinar estos factores (Hartmann y Kester, 1988; Willan, 1991).

La latencia combinada exógena – endógena, se denomina así a las diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpio con latencia fisiológica endógena. Desde el punto de vista del viverista, la latencia impone algunos inconvenientes, como el retraso y la irregularidad en la germinación. Por consiguiente, se ha dedicado mucha investigación a idear métodos artificiales para eliminar la latencia (tratamientos pregerminativos), y asegurar que las semillas germinen con rapidez y de manera uniforme. Tanto en las semillas sin latencia, como en las semillas con latencia, la germinación ocurre en un rango de condiciones favorables, las cuales varían de acuerdo a los requerimientos de cada especie. Generalmente esas condiciones incluyen: 1) humedad suficiente, 2) temperaturas favorables, 3) intercambio de gases suficiente y 4) luz adecuada (Hartmann y Kester, 1988; Willan, 1991).

2.7 TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS

Los tratamientos pregerminativos son todos aquellos procedimientos necesarios para romper la latencia de las semillas, esto es, el estado en que se encuentran algunas tal que, estando vivas, no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio sean las adecuadas para ello (Donoso, 1993; Arnold, 1996). Los métodos pregerminativos más comunes son los siguientes:

La estratificación: este tratamiento se utiliza para romper la latencia fisiológica, y consiste en colocar las semillas entre estratos que conservan la humedad, comúnmente arena o bien turba o vermiculita, en frío o calor. La estratificación fría es aquella donde se mantienen las semillas a temperaturas bajas (4 a 10 °C), asemejando las condiciones de invierno, por un período que oscila entre 20 y 60 días, llegando inclusive hasta 120 días (Ordoñez 1987; García, 1991). En el caso de la estratificación cálida, esta se basa en la necesidad de las semillas de estar sometidas a altas temperaturas para poder germinar. En este caso la temperatura empleada oscila entre los 22 y 30 °C, con un período de estratificación entre los 30 y 60 días (Patiño, De la Garza, Villagomez, Talavera y Camacho 1983; Hartmann y Kester, 1988; Figueroa y Jaksic, 2004).

La escarificación: un gran número de especies forestales no germinan debido a que la testa o cubierta seminal es dura e impide la entrada de agua (latencia física), y la semilla no germina al menos que esta sea escarificada. Así, la escarificación es cualquier

proceso que rompa, raye, altere mecánicamente o ablande las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases. Esta puede subdividirse en dos: escarificación mecánica que consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo o pinzas. Si es a gran escala se utilizan máquinas especiales como tambores giratorios recubiertos en su interior con papel lija, o combinados con arena gruesa o grava (Goor y Barney, 1976; García, 1991).

La escarificación química, que consiste en remojar las semillas por períodos breves 15 minutos a 2 horas, en compuestos químicos. Las semillas secas se colocan en recipientes no metálicos y se cubren con ácidos concentrados en proporción de una parte de semilla por dos de ácido. Durante el período de tratamiento las semillas deben agitarse regularmente con el fin de obtener resultados uniformes. El tiempo de tratamiento varía según la especie. Al final del período de tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan con abundante agua para quitarles el restante (Santiago & Arana, 2011).

La lixiviación, en donde las semillas son remojadas en agua corriente con la finalidad de remover los inhibidores químicos presentes en la cubierta. Este tratamiento también es empleado con el objetivo de ablandar la testa. El tiempo de remojo puede ser de 12, 24, 48 y hasta 72 horas, y en algunos casos, cambiándoles el agua con cierta frecuencia (Hartmann y Kester, 1988; Patiño et al., 1983).

Uso de hormonas y otros estimulantes químicos: existen compuestos que estimulan la germinación, entre los más usados están: nitrato de potasio, tiourea, etileno, ácido giberélico (GA3), citokinas, entre otros. Todo este tipo de sustancias se emplean a diferentes concentraciones y tiempos de exposición, dependiendo de la especie de que se trate (Santiago & Arana, 2011).

2.8 ANTECEDENTES SOBRE LA REPRODUCCIÓN DE LA PAPAYA

La producción de los diferentes cultivos tradicionales y no tradicionales de exportación en Guatemala, conlleva la necesidad de realizar una agricultura sostenible con el objetivo de desarrollar un proceso productivo cada vez más eficiente y eficaz. Este propósito ha

orientado la creación de empresas que se dedican a la producción de plántulas en pilón de hortalizas, frutas y forestales.

En cuanto a la reproducción de la papaya, por la relativa sencillez de manejo y bajo costo, las distintas variedades de papaya se propagan a través de semilla (sin considerar la heterogeneidad, resultado de la polinización cruzada). Las semillas adquiridas comercialmente o de frutos seleccionados, se siembran en macetas de barro, latas vacías, cajas de bambú, bolsas de polietileno o en cajas semillero (Hernández, 1995).

Una práctica generalizada por los agricultores previo a la siembra, es que eliminen las semillas vanas, mediante el método de flotación, lo que les garantiza sembrar solo semillas buenas. La emergencia de las plántulas ocurre entre los 20 y 40 días después de la siembra, con un porcentaje de germinación entre el 60 y 80% (Figueroa; Adriano & Becerra, 2005).

Varias técnicas de escarificación han demostrado su efectividad para disminuir la dureza de las semillas y acelerar el proceso de germinación (Burbano, 1990; Fariñas, Sanabria y Silva, 1997). Las técnicas de escarificación química, física y térmica son de especial valor para acelerar el proceso de germinación (Cruz y Takaki, 1983; Corral, Pitay Pérez, 1990; Sanabria, Silva, Alfaro y Oliveros, 1997). El tratamiento de semillas de tomate con agua caliente, consiste en exponer a las semillas de tomate a la máxima temperatura y tiempo tolerados por esta especie con la finalidad de eliminar los patógenos, sin afectar la germinación y vigor (Díaz, 2008).

En la literatura Mandujano (1993) Y Hernández (1995) señalan que las semillas de papaya deben ser previamente remojadas en agua (12 o 24 horas) antes de su siembra, con la finalidad de que se embeban de agua, se ablande la endotesta, se rompa la latencia de las semillas e inicie el proceso de germinación. Mandujano (1993) señaló que con este método la emergencia de las plántulas de papaya dio inicio entre los 20 y 30 días después de la siembra.

Por su parte Bhattacharya y Khuspe (2001) investigaron el efecto de diversos tratamientos de las semillas en el inicio y porcentaje de germinación de 10 variedades de papaya: agitación en agua por 24 y 48 horas, agitación en 100 o 200 mg · litro⁻¹ de AG₃ o ácido naftalenacético (ANA) o en KNO₃ (0.1 %) por 24 horas y escarificación en HCl 0.1 N

por 1 y 2 minutos, HNO_3 0.1 N por 2 y 5 minutos o H_2SO_4 concentrado por 30 y 60 segundos.

En el estudio del efecto del remojo en agua sobre la germinación de semillas de papaya variedad Maradol, los tratamientos de 96 y 120 horas redujeron el tiempo de emergencia de las plantas y alcanzaron el máximo de emergencia a los 18 días después de la siembra. El aumento en el tiempo de remojo incrementó el porcentaje de germinación final de las semillas (Figueroa; Adriano & Becerra 2005).

En Guatemala una empresa que se ha dedicado a investigar métodos de reproducción de papaya es Pegón Piloncito y en investigaciones realizadas por el departamento de dicha empresa se ha utilizado el ácido fosfórico (H_3PO_4) al 85%, como método de escarificación de semillas de mucuna y algunas especies de árboles forestales, obteniendo resultados según la especie de entre el 0.5 y 1 % de aumento en la emergencia de las plántulas. Esta empresa emplea diferentes tratamientos de escarificación en diversas semillas de diferentes cultivos, según sea la necesidad de romper el estado que impide la emergencia, obteniendo efectos positivos en el aumento del 1 al 5 % en la emergencia de las plántulas de los cultivos evaluados, surgiendo de ahí la idea de hacer investigación en las semillas de papaya.

En la producción de pilones se pueden obtener dos tipos de productos finales, un pilón de 50 días y uno de 90 días. La optimización del proceso de producción es fundamental para el uso eficiente de los recursos de una empresa y para ofrecer plantas de alta calidad al menor costo posible.

El precio actual del pilón de 45 días es de Q.1.10 y el precio del pilón a 90 días es de Q. 1.90, el precio de la semilla oscila entre Q0.46 – 0.50, cuyo precio cubre el 45.45% del precio del pilón, por lo que aprovechar cada semilla es importante en el proceso de producción de pilones de plántulas de papaya, pues si no se hace se pierde ese costo, que al final impacta en el productor.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente la emergencia de semillas de papaya se está dando en un 60%, alrededor de los 18 – 20 días y aumentándose a un 95% entre los 30 y 40 días, por lo que se obtienen plántulas de distinto tamaño (altura), obligando al productor de pilones a hacer un manejo extra en sus procesos de producción, como aplicaciones localizadas de fertilizantes y agua, para obtener un producto uniforme al momento de entregar la plántula al productor.

Minimizar los factores que influyen en la calidad del pilón es una tarea que debe darse continuamente, y en la calidad influyen las variaciones de la emergencia en el tiempo y en el porcentaje, por lo que la investigación se enfocó en evaluar diferentes tratamientos pregerminativos que logren obtener mayor porcentaje de emergencia y en el menor tiempo.

3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La necesidad que afronta el productor de pilones en entregar al cliente un producto que cumpla los requisitos básicos de calidad del pilón hace que sea necesario constantemente realizar investigación al respecto. Con los diferentes tratamientos propuestos para la investigación se pretendió determinar con cuales es posible obtener plántulas de alta calidad y al menor costo posible, pues se buscó que el efecto de los tratamientos fuera obtener plántulas uniformes en tamaño y con el mayor porcentaje de aprovechamiento final, haciendo uso de tratamientos de escarificación en las semillas.

IV. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

- Evaluar diferentes tratamientos de escarificación en la semilla de papaya y su efecto en el crecimiento de las plántulas en pilón bajo condiciones protegidas, en la localidad de Jocotillo, Villa Canales, finca Pegón Piloncito.

4.2 ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de los tratamientos en el porcentaje de emergencia de plántulas de papaya.
- Determinar el efecto de los tratamientos en el tiempo de emergencia de las plántulas de papaya.
- Evaluar el efecto de los tratamientos en el crecimiento de las plántulas de papaya, entre los 13 y 90 días después de la siembra.
- Determinar la rentabilidad de los tratamientos de escarificación para la producción de plántulas de papaya.

V. HIPÓTESIS

Al menos uno de los tratamientos tendrá diferencia estadísticamente significativa en el porcentaje de emergencia de plántulas de papaya.

Por lo menos uno de los tratamientos tendrá diferencia estadísticamente significativa en el tiempo de emergencia de las plántulas de papaya.

Al menos uno de los tratamientos provocará efectos positivos en el crecimiento de las plántulas de papaya.

VI. METODOLOGÍA

6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

El experimento se llevó a cabo en la empresa Pegón Piloncito, de la Agropecuaria Popoyán, la cual está localizada en la aldea El Jocotillo, del municipio de Villa Canales, del departamento de Guatemala, ubicada a una distancia de 44.5 km de la ciudad capital. Tiene una altitud promedio de 1,100 msnm, y se encuentra en las coordenadas: 14° 19` 27" a 14° 21` 55" latitud norte, 90° 29` 20" a 90° 31` 23" longitud oeste (MAGA, 2000).

La temperatura del lugar puede variar entre 22 °C a 36 °C, con máximas de 38 °C y mínimas de 20 °C fuera de los invernaderos y dentro de los invernaderos pueden variar entre 18 °C y 40 °C. La humedad relativa afuera de los invernaderos oscila entre 60 y 95% y dentro de los invernaderos oscila entre 37 a 92%.

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

Se trabajó semilla híbrida certificada Tainung 1 y semilla criolla, ácido fosfórico, ácido nítrico, y ácido giberélico.

6.3 FACTORES ESTUDIADOS

Para efectos de la investigación se estudiaron dos factores y su interacción:

- Métodos de escarificación.
- Genotipo.

6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

El cuadro 2 describe los tratamientos que se utilizaron para llevar a cabo la investigación.

El método de escarificación tuvo seis niveles y el genotipo dos niveles.

Cuadro 2. Tratamientos de escarificación de semillas de papaya evaluados.

Tratamiento	Descripción	Genotipo
T1	Imbibición con agua durante 120 horas	Tainung 1
T2	Térmico a 50 °C durante media hora	Tainung 1
T3	Acido fosfórico al 85% durante 5 minutos	Tainung 1
T4	Acido nítrico 0.1 N durante 5 minutos	Tainung 1
T5	Ácido giberélico 0.1% durante 24 horas	Tainung 1
T6	Testigo (sin ningún tratamiento)	Tainung 1
T7	Imbibición con agua durante 120 horas	Criolla
T8	Térmico a 50 °C durante media hora	Criolla
T9	Acido fosfórico al 85% durante 5 minutos	Criolla
T10	Acido nítrico 0.1 N durante 5 minutos	Criolla
T11	Ácido giberélico 0.1% durante 24 horas	Criolla
T12	Testigo (sin ningún tratamiento)	Criolla

Fuente: elaboración propia.

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Debido al uso de invernadero para la producción de pilones, se empleó un diseño completamente al azar, con un arreglo bifactorial de los tratamientos 6 x 2. Se plantearon 12 tratamientos y cada uno con 3 repeticiones. Haciendo un total de 36 unidades experimentales.

6.6 MODELO ESTADÍSTICO

Modelo estadístico completamente al azar con arreglo bifactorial combinatorio: $Y_{ij} = U + A_i + B_j + A_iB_j + E_{ij}$

Dónde:

Y_{ij} = Variable respuesta del i-esimo tratamiento en la j-ésima repetición.

μ = Media general.

A_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A.

B_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B.

A_iB_j = Interacción entre los factores A y B.

ε_{ij} = Error experimental asociado a la ij-esima unidad experimental.

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

Para el efecto del desarrollo del estudio se utilizó una bandeja de 72 celdas, cuyo volumen es de 40 cc / celda.

El número de plántulas por unidad experimental fue de 72, que corresponde al número de celdas por bandeja.

El número de unidades experimentales fue de 36, que corresponde al número de tratamientos, en este caso 12, por el número de repeticiones que fue de 3.

6.8 CROQUIS DE CAMPO

La figura 4 muestra la ubicación de los tratamientos en el invernadero, así como la colocación de los mismos en una mesa de cultivo.

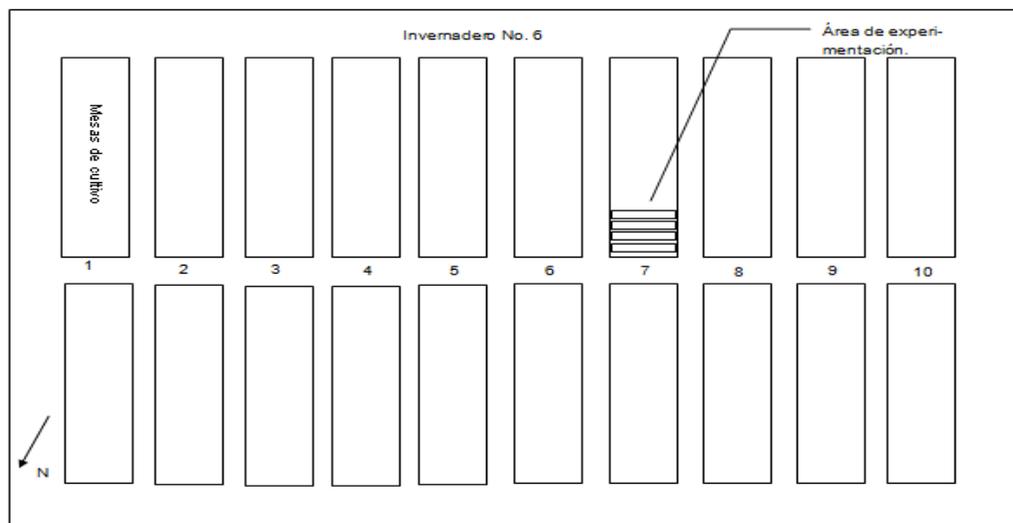


Figura 4. Diseño de croquis de campo, vista general del invernadero.
Fuente: elaboración propia.

La figura 5 muestra la distribución al azar de los tratamientos en la mesa del invernadero.

	T5	T10	T11
	T9	T11	T5
	T6	T8	T4
	T11	T12	T7
T12	T7	T6	T8
T9	T5	T3	T12
T4	T2	T9	T3
T6	T3	T4	T10
T8	T1	T2	T1
T2	T7	T10	T1

Figura 5. Posición de los tratamientos dentro del invernadero.

Fuente: elaboración propia.

6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

- Selección del invernadero: se utilizó el invernadero no. 6 de investigación de la finca Pegón Piloncito, el cual tiene dimensiones de 44 x 88 m.
- La aplicación de los tratamientos se hizo a las semillas de la siguiente forma: La imbibición en agua se hizo durante 120 horas, cambiando el agua cada 24 horas, cumplido el tiempo se dejó secar la semilla.

En el tratamiento térmico se colocaron las semillas dentro de un lienzo de tela, se colocaron dentro de un beacker que contenía agua desmineralizada, se colocaron en el baño María y se llevó a una temperatura de 50 °C durante 30 minutos, cumplido el tiempo se retiró y se colocó en agua a temperatura ambiente durante 10 minutos, luego se sacó y se dejó que se secase la semilla.

En un beacker se colocó ácido fosfórico a modo de cubrir las semillas completamente por un lapso de 5 minutos, cumplido el tiempo se sacó y se lavó con agua desmineralizada para lavar cualquier residuo, y se dejó secar la semilla.

En un beacker se hizo una solución de ácido giberélico que cubrió completamente las semillas por 24 horas, cumplido el tiempo se sacaron las semillas, se lavaron con agua desmineralizada y se dejaron secar.

En un beacker se colocó la solución de ácido nítrico 0.1 N, se adicionaron las semillas, y se dejaron durante 5 minutos, se sacaron, se lavaron con agua desmineralizada y se dejaron secar.

Para el tratamiento testigo no se realizó nada en la semilla, fueron sembradas directamente en el sustrato.

- El manejo agronómico de los pilones se hizo según los programas de la finca Pegón piloncito, que consistió en el riego, la nutrición, que se basó en un total de 1500 ppm de N, 800 ppm de P, 1800 ppm de K, 320 ppm de Ca, 500 ppm de Mg, 1200 ppm de S, 18 ppm de B, 12 ppm de Fe, 8 ppm de Mn y 4 ppm de Mo, y el control fitosanitario.

6.10 VARIABLES RESPUESTA

Porcentaje de emergencia de las plántulas de papaya se aplicó la fórmula: $(\text{Total semillas sembradas} / \text{total semillas germinadas}) * 100$. Se hizo una lectura diaria empezando a los 12 días y terminando a los 40 días.

Tiempo de emergencia de las plántulas. Se hizo una lectura diaria empezando a los 12 días y terminando a los 40 días.

Tamaño de la plántula (cm), medido a los 45 y 90 días posteriores a la siembra de la semilla.

Diámetro de plántulas (mm) medido a los 45 y 90 días posteriores a la siembra de la semilla.

Materia seca y materia verde (g) total, medida a los 45 y 90 días posteriores a la siembra de la semilla. Para lo cual se tomó una muestra de 12 plántulas respectivamente, tomadas al azar, que corresponde a una muestra al 90% de confianza y 10% de error.

Biomasa de raíces, medida a los 30, 60 y 90 días posteriores a la siembra de la semilla. Para lo cual se tomó una muestra de 12 plántulas respectivamente tomadas al azar, que corresponde a una muestra al 90% de confianza y 10% de error.

Volumen radicular, medido a los 30, 60 y 90 días posteriores a la siembra de la semilla. Para lo cual se tomó una muestra de 12 plántulas tomadas al azar, que corresponde a una muestra al 90% de confianza y 10% de error.

Rentabilidad de cada tratamiento, calculado a través de la fórmula: $[(\text{ingreso total} - \text{costo total}) / \text{costo total}]$

6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.11.1 Análisis estadístico

Para las variables respuesta con distribución normal se realizó análisis de varianza, con separación múltiple de media a través de la prueba Tukey, con un nivel de significancia estadística de cinco por ciento. Para la variable porcentaje de emergencia se procedió a transformar los datos para realizar el ANDEVA, a través de la fórmula de arcoseno (Raíz(p)) : $\text{Sen}^{-1}(\sqrt{p})$ con p en proporción.

Se elaboraron cuadros que permitieron analizar el comportamiento de las variables respuesta de la investigación.

6.11.2 Análisis económico

El análisis económico se realizó mediante la determinación de la rentabilidad de cada tratamiento.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el muestreo de plántulas en cada repetición y por tratamiento luego de los 30 días de siembra, se procedió a tomar los datos correspondientes que respondieran a las variables respuesta, si éstas así lo requerían como lo fue para el caso de volumen y peso radicular de las plántulas. Para tiempo y porcentaje de emergencia, el rango de la toma de datos fue desde los 12 días posteriores a la siembra hasta el día 40.

7.1 PORCENTAJE DE EMERGENCIA

El efecto de los tratamientos se midió en el porcentaje de emergencia de las plántulas medido desde los 12 a los 40 días posteriores a la siembra de la semilla.

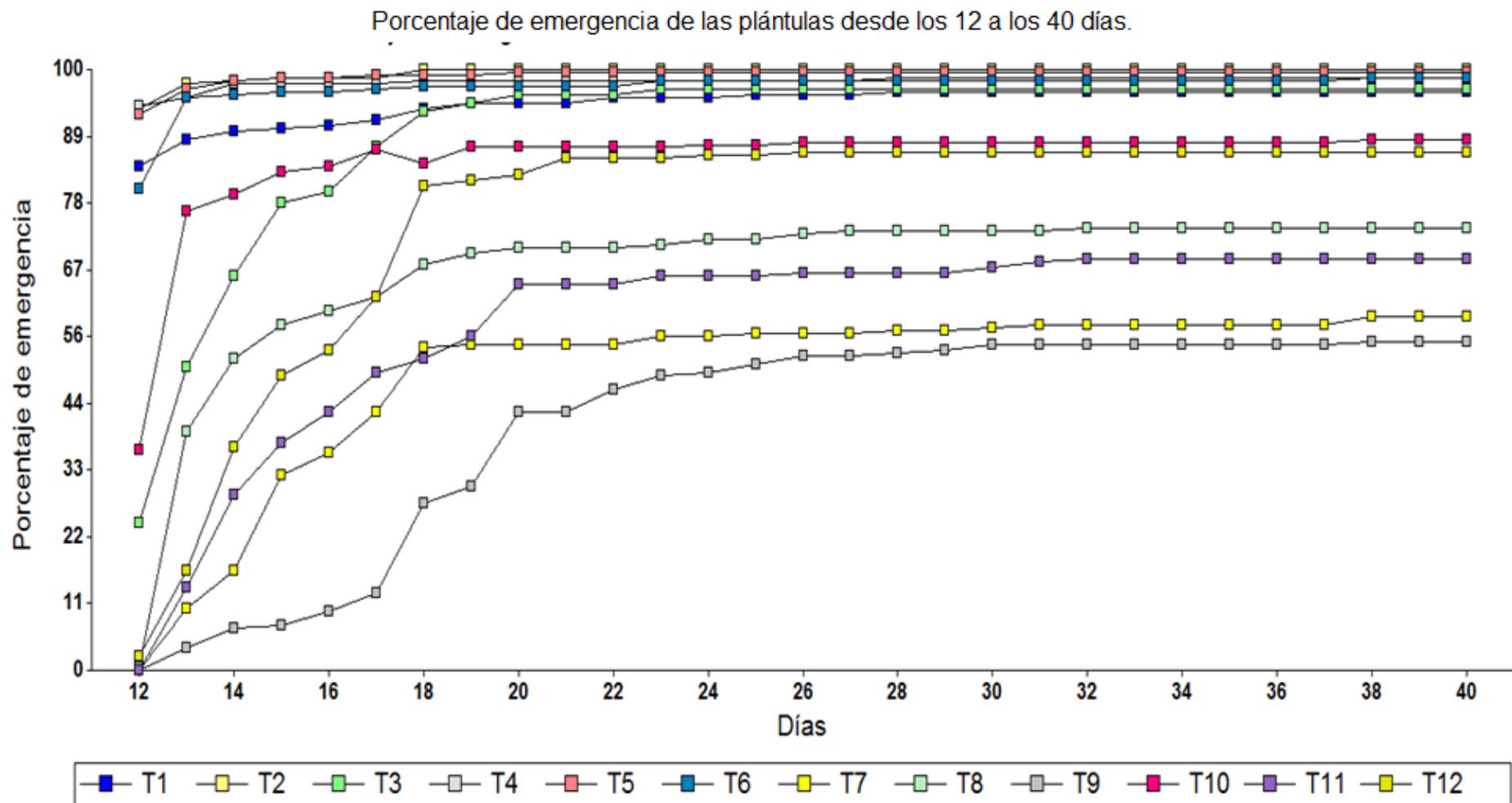


Figura 6. Porcentaje de emergencia de las plántulas durante el tiempo de evaluación.

El cuadro 3 presenta los resultados del análisis de varianza para la variable porcentaje de emergencia de las plántulas de papaya a los 40 días posteriores a la siembra de la semilla.

Cuadro 3. Análisis de varianza para porcentaje de emergencia de las plántulas de papaya a los 40 días.

Variable	N	R²	CV
% de emergencia	36	0.97	5.36

F.V.	SC	gl	CM	Fc	valor-p
Modelo	8836.69	11	803.34	63.12	0.0001**
Factor A	1490.71	5	298.14	23.43	0.0001**
Factor B	6868.82	1	6868.82	539.71	0.0001**
Factor A * Factor B	477.16	5	95.43	7.50	0.0002**
Error	305.44	24	12.73		
Total	9142.13	35			

** Diferencia altamente significativa.

Según el análisis de varianza se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los factores y la interacción de los mismos. Entendiéndose por ello, que éstos son diferentes entre sí, estadísticamente.

Para determinar qué nivel de los factores era el que hacía la diferencia significativa, se procedió a realizar una separación múltiple de medias a través de la prueba Tukey, con un alfa de 0.05.

El cuadro 4 presenta la prueba de separación múltiple de medias para la variable porcentaje de emergencia de las plántulas de papaya a los 40 días posteriores a la siembra de la semilla.

Cuadro 4. Prueba Tukey, para la variable porcentaje de emergencia de las plántulas.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 6.36889			
Error: 12.7268 gl: 24			
Factor A	Medias	n	Significancia Tukey
A. nítrico	74.68	6	A
Térmico	70.64	6	A B
Testigo	70.48	6	A B
A. giberélico	67.23	6	B
Imbibición	60.67	6	C
A. fosfórico	55.82	6	C

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

En la separación múltiple de medias por la prueba Tukey se determinó que el tratamiento ácido nítrico y térmico son iguales al testigo, el incremento no fue estadísticamente diferente. Los tratamientos imbibición y ácido fosfórico se encuentran por debajo del testigo, dejándolos fuera de los efectos positivos para la escarificación de la semilla.

El cuadro 5 presenta la prueba de separación múltiple de medias para genotipos en relación al porcentaje de emergencia de las plántulas de papaya a los 40 días.

Cuadro 5. Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas de papaya.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 2.45447			
Error: 12.7268 gl: 24			
Factor B	Medias	n	Significancia Tukey
Tainung 1	80.40	18	A
Criolla	52.77	18	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

En la separación de medias se demuestra que existe diferencia estadísticamente significativa entre los genotipos de papaya evaluados, siendo el mejor el Tainung 1, debido a que es una semilla híbrida certificada, por lo tanto existe garantía de la misma.

El cuadro 6 presenta la prueba de separación múltiple de medias para la interacción de los factores A y B a los 40 días.

Cuadro 6. Prueba Tukey, para la interacción de los factores A y B.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 10.50229				
Error: 12.7268		gl: 24		
Factor A	Factor B	Medias	n	Significancia Tukey
Térmico	Tainung 1	86.36	3	A
A. giberélico	Tainung 1	84.73	3	A
A. nítrico	Tainung 1	82.16	3	A B
Testigo	Tainung 1	80.71	3	A B
Imbibición	Tainung 1	76.60	3	A B C
A. fosfórico	Tainung 1	71.83	3	B C
A. nítrico	Criolla	67.20	3	C D
Testigo	Criolla	60.25	3	D E
Térmico	Criolla	54.92	3	E F
A. giberélico	Criolla	49.73	3	F G
Imbibición	Criolla	44.73	3	F G
A. fosfórico	Criolla	39.81	3	G

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El tratamiento térmico, ácido giberélico, ácido nítrico, testigo e imbibición son iguales estadísticamente en relación al porcentaje de emergencia para el caso del genotipo Tainung 1.

El tratamiento con ácido nítrico presentó el mayor porcentaje de emergencia, para el genotipo criollo.

7.2 TIEMPO DE EMERGENCIA

El efecto de los tratamientos se midió en el tiempo de emergencia desde los 12 a los 40 días posteriores a la siembra de la semilla.

El cuadro 7 presenta los resultados del análisis de varianza para la variable tiempo de emergencia de las plántulas de papaya.

Cuadro 7. Análisis de varianza para tiempo de emergencia de las plántulas de papaya.

Variable	N	R²	CV
Tiempo de emergencia	36	0.92	5.42

F.V.	SC	gl	CM	Fc	valor-p
Modelo	169.47	11	15.41	25.78	0.0001**
Factor A	54.70	5	10.94	18.31	0.0001**
Factor B	99.73	1	99.73	166.90	0.0001**
Factor A * Factor B	15.03	5	3.01	5.03	0.0027**
Error	14.34	24	0.60		
Total	183.81	35			

** Diferencia altamente significativa.

Según el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre los factores y la interacción de los mismos. Entendiéndose por ello, que estos son diferentes entre sí, estadísticamente.

Para determinar qué nivel de los factores era el que hacía la diferencia significativa, se procedió a realizar una separación múltiple de medias a través de la prueba Tukey, con un alfa de 0.05.

El cuadro 8 presenta la prueba de separación múltiple de medias para tiempo de emergencia de los tratamientos de escarificación.

Cuadro 8. Prueba Tukey, para tiempo de emergencia de las plántulas de los tratamientos de escarificación.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05		DMS = 1.38006	
Error: 0.5976		gl: 24	
Factor A	Medias	n	Significancia Tukey
A. nítrico	12.67	6	A
Térmico	13.47	6	A B
Testigo	14.03	6	A B
A. giberélico	14.17	6	B
Imbibición	14.59	6	B
A. fosfórico	16.67	6	C

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Ningún tratamiento disminuyó el tiempo de emergencia de plántulas en comparación al testigo, la reducción no fue estadísticamente diferente.

El tratamiento térmico, testigo, ácido giberélico e imbibición fueron iguales estadísticamente entre sí.

El cuadro 9 presenta la prueba de separación múltiple de medias para genotipos de las plántulas de papaya.

Cuadro 9. Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas de papaya.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.53185			
Error: 0.5976		gl: 24	
Factor B	Medias	n	Significancia Tukey
Tainung 1	12.60	18	A
Criolla	15.93	18	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Existe diferencia significativa entre los genotipos evaluados en relación al tiempo en que cada uno logra emerger, siendo el más precoz Tainung 1.

El cuadro 10 presenta la prueba de separación múltiple de medias para la interacción de los factores en relación al tiempo de emergencia de las plántulas de papaya.

Cuadro 10. Prueba Tukey, para la interacción de los factores.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 10.50229					
Error: 12.7268		gl: 24			
Factor A	Factor B	Medias	n	Significancia Tukey	
A. giberélico	Tainung 1	12.14	3	A	
Térmico	Tainung 1	12.15	3	A	
A. nítrico	Tainung 1	12.16	3	A	
Testigo	Tainung 1	12.46	3	A	
Imbibición	Tainung 1	12.58	3	A	B
A. nítrico	Criolla	13.18	3	A	B
A. fosfórico	Tainung 1	14.11	3	A	B C
Térmico	Criolla	14.79	3	B	C D
Testigo	Criolla	15.60	3	C	D
A. giberélico	Criolla	16.19	3	C	D
Imbibición	Criolla	16.59	3	D	
A. fosfórico	Criolla	19.22	3		E

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Ningún tratamiento fue diferente estadísticamente en relación al tiempo de emergencia para el caso del genotipo Tainung 1.

Para el caso del genotipo criollo el tratamiento de ácido nítrico presentó la menor media en relación a los días que tardó en emerger.

7.3 TAMAÑO DE LA PLÁNTULA (cm)

El efecto de los tratamientos se midió en la altura de las plántulas medido en centímetros (cm), a los 45 y 90 días posteriores a la siembra de la semilla.

El cuadro 11 presenta los resultados del análisis de varianza para la variable altura de plántulas de papaya a los 45 días.

Cuadro 11. Análisis de varianza para altura de las plántulas de papaya a los 45 días.

Variable	N	R²	CV
Altura	36	0.95	4.76

F.V.	SC	gl	CM	Fc	valor-p
Modelo	64.09	11	5.83	43.97	0.0001**
Factor A	14.60	5	2.92	22.03	0.0001**
Factor B	42.47	1	42.47	320.51	0.0001**
Factor A * Factor B	7.02	5	1.40	10.60	0.0001**
Error	3.18	24	0.13		
Total	67.27	35			

** Diferencia altamente significativa.

Debido a las diferencias estadísticas altamente significativas encontradas para el factor A, B y su interacción, se procedió a la separación múltiple de medias. Entendiéndose por ello, que estos son estadísticamente diferentes entre sí.

El cuadro 12 presenta la prueba de separación múltiple de medias para la variable altura de plántulas a los 45 días.

Cuadro 12. Prueba Tukey, para altura de las plántulas, a los 45 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.64985			
Error: 0.1325 gl: 24			
Factor A	Medias (cm)	n	Significancia Tukey
A. nítrico	8.88	6	A
Imbibición	7.97	6	B
Térmico	7.60	6	B C
Testigo	7.37	6	B C
A. fosfórico	7.12	6	C
A. giberélico	6.98	6	C

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El tratamiento de ácido nítrico fue diferente estadísticamente al resto de tratamientos y provocó una mayor altura con 8.88 cm a los 45 días.

Los tratamientos de imbibición, térmico y testigo son tratamientos iguales entre sí estadísticamente, pero diferentes al resto de tratamientos, por su altura alcanzada que fue de 7.97, 7.60 y 7.37 cm respectivamente.

Los tratamientos de ácido fosfórico y giberélico son diferentes a todos los tratamientos, pues alcanzaron la menor altura que fue de 7.12 y 6.98 cm respectivamente a los 45 días, dichas alturas estuvieron por debajo del tratamiento testigo, tomado como referencia.

El cuadro 13 presenta la prueba de separación múltiple de medias para genotipos de las plántulas a los 45 días.

Cuadro 13. Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 45 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.25044			
Error: 0.1325		gl: 24	
Factor B	Medias (cm)	n	Significancia Tukey
Tainung 1	8.74	18	A
Criolla	6.57	18	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El genotipo Tainung 1 fue estadísticamente diferente y superior a la criolla.

Tainung 1 alcanzó una altura de 8.74 cm y la criolla de 6.57 cm.

El cuadro 14 presenta la prueba de separación múltiple de medias para la interacción de los factores a los 45 días.

Cuadro 14. Prueba Tukey, para la interacción de los factores, a los 45 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 1.07160				
Error: 0.1325		gl: 24		
Factor A	Factor B	Medias (cm)	n	Significancia Tukey
A. nítrico	Tainung 1	9.77	3	A
Imbibición	Tainung 1	9.73	3	A
Térmico	Tainung 1	9.00	3	A B
A. giberélico	Tainung 1	8.27	3	B C
Testigo	Tainung 1	8.10	3	B C
A. nítrico	Criolla	8.00	3	B C
A. fosfórico	Tainung 1	7.57	3	C D
A. fosfórico	Criolla	6.67	3	D E
Testigo	Criolla	6.63	3	D E
Imbibición	Criolla	6.20	3	E
Térmico	Criolla	6.20	3	E
A. giberélico	Criolla	5.70	3	E

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Los tratamientos de ácido nítrico, imbibición y térmico fueron estadísticamente iguales entre sí para el genotipo Tainung 1.

El tratamiento de ácido fosfórico fue diferente al resto de tratamientos para el caso del genotipo Tainung 1 en relación al tamaño obtenido a lo largo de los 45 días.

El tratamiento de ácido nítrico presentó mayor altura de plántulas en relación al resto de tratamientos evaluados para el genotipo criollo.

El cuadro 15 presenta los resultados del análisis de varianza para la variable altura de plántulas a los 90 días.

Cuadro 15. Análisis de varianza para altura de las plántulas de papaya a los 90 días.

Variable	N	R²	CV
Altura	36	0.92	4.71

F.V.	SC	gl	CM	Fc	valor-p
Modelo	167.94	11	15.27	24.47	0.0001**
Factor A	49.43	5	9.89	15.85	0.0001**
Factor B	107.81	1	107.81	172.81	0.0001**
Factor A * Factor B	10.70	5	2.14	3.43	0.0177*
Error	14.97	24	0.62		
Total	182.92	35			

* Diferencia significativa.

** Diferencia altamente significativa.

Para la variable altura de plántula de papaya se encontraron diferencias altamente significativas entre los factores y en la interacción de estos. Entendiéndose por ello, que estos son diferentes entre sí, estadísticamente.

Para conocer las diferencias estadísticas altamente significativas de los diferentes factores y su interacción se procedió a la separación múltiple de medias.

El cuadro 16 presenta la prueba de separación múltiple de medias para la altura de las plántulas de papaya a los 90 días.

Cuadro 16. Prueba Tukey, para altura de las plántulas, a los 90 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 1.41012				
Error: 0.6239		gl: 24		
Factor A	Medias (cm)	n	Significancia Tukey	
A. nítrico	18.90	6	A	
A. fosfórico	17.65	6	A	B
A. giberélico	16.53	6	B	C
Imbibición	16.12	6		C
Testigo	16.02	6		C
Térmico	15.40	6		C

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El tratamiento de ácido nítrico y el de ácido fosfórico fueron estadísticamente iguales y con los que se obtuvieron las mayores alturas con 18.90 cm y 17.65 cm respectivamente.

El tratamiento testigo obtuvo una altura de 16.02 cm y se ubica conjuntamente con el tratamiento térmico y el de imbibición entre los tratamientos de menor altura.

El cuadro 17 presenta la prueba de separación múltiple de medias para genotipos de las plántulas de papaya a los 90 días.

Cuadro 17. Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 90 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.54344				
Error: 0.6239		gl: 24		
Factor B	Medias (cm)	n	Significancia Tukey	
Tainung 1	18.50	18	A	
Criolla	15.04	18	B	

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Entre los genotipos evaluados existen diferencias significativas en relación al tamaño de la plántula, siendo el criollo el que alcanzó el menor tamaño con 15.04 cm luego de 90 días. Para el genotipo Tainung 1 se obtuvo una altura de 18.50 cm luego de los 90 días de evaluación.

El cuadro 18 presenta la prueba de separación múltiple de medias, para la interacción de los factores evaluados, a los 90 días.

Cuadro 18. Prueba Tukey, para la interacción de los factores, a los 90 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 2.32529					
Error: 0.6239		gl: 24			
Factor A	Factor B	Medias (cm)	n	Significancia Tukey	
A. nítrico	Tainung 1	20.27	3	A	
Imbibición	Tainung 1	18.57	3	A	B
A. giberélico	Tainung 1	18.50	3	A	B
A. Fosfórico	Tainung 1	18.47	3	A	B
Testigo	Tainung 1	17.60	3	B	
Térmico	Tainung 1	17.60	3	B	
A. nítrico	Criolla	17.53	3	B	
A. fosfórico	Criolla	16.83	3	B	C
A. giberélico	Criolla	14.57	3	C D	
Testigo	Criolla	14.43	3	D	
Imbibición	Criolla	13.67	3	D	
Térmico	Criolla	13.20	3	D	

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El tratamiento de ácido nítrico, imbibición, ácido giberélico y fosfórico fueron estadísticamente iguales en relación al tamaño obtenido luego de los 90 días para el caso del genotipo Tainung 1.

El tratamiento de ácido nítrico y ácido fosfórico fueron iguales estadísticamente en relación al tamaño obtenido luego de los 90 días para el caso del genotipo criollo.

7.4 DIÁMETRO DE PLÁNTULAS (mm)

El efecto de los tratamientos evaluados se midió en los diámetros alcanzados por las plántulas (mm), a los 45 y 90 días posteriores a la siembra de la semilla.

El cuadro 19 presenta los resultados del análisis de varianza para la variable diámetro de las plántulas de papaya a los 45 días.

Cuadro 19. Análisis de varianza para diámetro de las plántulas de papaya a los 45 días.

Variable	N	R²	CV
Diámetro	36	0.87	9.47

F.V.	SC	gl	CM	Fc	valor-p
Modelo	7.29	11	0.66	15.20	0.0001**
Factor A	1.09	5	0.22	4.99	0.0028**
Factor B	3.74	1	3.74	85.71	0.0001**
Factor A * Factor B	2.47	5	0.49	11.31	0.0001**
Error	1.05	24	0.04		
Total	8.34	35			

** Diferencia altamente significativa.

Se encontraron diferencias altamente significativas para los factores, y la interacción entre éstos. Entendiéndose por ello, que son diferentes entre sí, estadísticamente.

Para conocer las diferencias estadísticas a detalle se procedió a realizar la separación múltiple de medias para los métodos de escarificación, los genotipos y la interacción entre los mismos.

El cuadro 20 presenta la prueba de separación múltiple de medias para el diámetro de las plántulas a los 45 días, por el método de escarificación.

Cuadro 20. Prueba Tukey, para el diámetro de las plántulas, a los 45 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.37282			
Error: 0.0436	gl: 24		
Factor A	Medias (mm)	n	Significancia Tukey
A. nítrico	2.45	6	A
Imbibición	2.37	6	A B
A. giberélico	2.30	6	A B
Testigo	2.08	6	A B
A. fosfórico	2.03	6	B
Térmico	2.00	6	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Los tratamientos ácido nítrico, imbibición, ácido giberélico y testigo fueron estadísticamente iguales, obteniendo un diámetro de 2.45, 2.37, 2.30 y 2.08 mm respectivamente.

Los tratamientos de ácido fosfórico y térmico estuvieron por debajo del tratamiento testigo, con 2.03 y 2 mm respectivamente, luego de 45 días de evaluación.

El cuadro 21 presenta la prueba de separación múltiple de medias para el genotipo de las plántulas de papaya a los 45 días.

Cuadro 21. Prueba Tukey, para genotipo de las plántulas, a los 45 días, con relación al diámetro de las plántulas.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.14368			
Error: 0.0436		gl: 24	
Factor B	Medias (mm)	n	Significancia Tukey
Tainung 1	2.53	18	A
Criolla	1.88	18	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El genotipo Tainung 1 fue estadísticamente diferente al genotipo criollo, Tainung 1 presentó 2.53 mm de diámetro a los 45 días de evaluación.

Para el caso del genotipo criollo obtuvo un diámetro de 1.88 mm a los 45 días.

El cuadro 22 presenta la prueba de separación múltiple de medias para la interacción de los factores evaluados, a los 45 días.

Cuadro 22. Prueba Tukey para la interacción de los factores de las plántulas, a los 45 días, con relación al diámetro de plántulas.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.61478				
Error: 0.0436		gl: 24		
Factor A	Factor B	Medias (mm)	n	Significancia Tukey
Imbibición	Tainung 1	3.10	3	A
A. giberélico	Tainung 1	2.63	3	A B
Térmico	Tainung 1	2.57	3	A B C
A. nítrico	Criolla	2.50	3	A B C D
A. nítrico	Tainung 1	2.40	3	B C D E
Testigo	Tainung 1	2.27	3	B C D E
A. fosfórico	Tainung 1	2.20	3	B C D E F
A. giberélico	Criolla	1.97	3	C D E F G
Testigo	Criolla	1.90	3	D E F G
A. fosfórico	Criolla	1.87	3	E F G
Imbibición	Criolla	1.63	3	F G
Térmico	Criolla	1.43	3	G

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Los tratamientos de imbibición, ácido giberélico, térmico fueron iguales estadísticamente para el genotipo Tainung 1; también fue igual a estos, el tratamiento de ácido nítrico con el genotipo criollo.

El cuadro 23 presenta los resultados del análisis de varianza para la variable diámetro de plántula a los 90 días.

Cuadro 23. Análisis de varianza para diámetro de las plántulas de papaya a los 90 días.

Variable	N	R²	CV
Diámetro	36	0.86	4.97

F.V.	SC	gl	CM	Fc	valor-p
Modelo	21.62	11	1.97	13.40	0.0001**
Factor A	4.90	5	0.98	6.69	0.0005**
Factor B	12.02	1	12.02	81.94	0.0001**
Factor A * Factor B	4.70	5	0.94	6.41	0.0007**
Error	3.52	24	0.15		
Total	25.14	35			

** Diferencia altamente significativa.

Se procedió a realizar separación múltiple de medias para los factores y su interacción debido a las diferencias estadísticas encontradas en ellos. Entendiéndose por ello, que éstos fueron diferentes entre sí.

El cuadro 24 presenta la prueba de separación múltiple de medias para el diámetro de las plántulas a los 90 días.

Cuadro 24. Prueba Tukey, para diámetro de las plántulas, a los 90 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.68371				
Error: 0.1467		gl: 24		
Factor A	Medias (mm)	n	Significancia Tukey	
A. nítrico	8.32	6	A	
A. fosfórico	7.87	6	A	
Térmico	7.67	6	A	B
Testigo	7.65	6	A	B
A. giberélico	7.63	6	A	B
Imbibición	7.07	6		B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Los tratamientos de ácido nítrico, ácido fosfórico, térmico, testigo y ácido giberélico fueron estadísticamente iguales y no difieren en el efecto sobre el diámetro de la plántula.

El tratamiento de imbibición fue el tratamiento que presentó el menor diámetro a los 90 días de evaluación.

El cuadro 25 presenta la prueba de separación múltiple de medias para genotipo de las plántulas a los 90 días, con relación al diámetro de las plántulas.

Cuadro 25. Prueba Tukey, para genotipo de las plántulas, a los 90 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.26349				
Error: 0.1467		gl: 24		
Factor B	Medias (mm)	n	Significancia Tukey	
Tainung 1	8.28	18	A	
Criolla	7.12	18		B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Estadísticamente existe efecto positivo y diferente sobre el diámetro de las plántulas en relación al genotipo, para el caso de Tainung 1.

El genotipo criollo es el que presenta menor diámetro con 7.12 mm.

El cuadro 26 presenta la prueba de separación múltiple de medias, para la interacción de los factores a los 90 días.

Cuadro 26. Prueba Tukey, para la interacción de los factores, con relación al diámetro de las plántulas, a los 90 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 1.12743					
Error: 0.1467		gl: 24			
Factor A	Factor B	Medias (mm)	n	Significancia Tukey	
A. nítrico	Tainung 1	8.80	3	A	
Imbibición	Tainung 1	8.40	3	A	B
A. fosfórico	Tainung 1	8.40	3	A	B
Térmico	Tainung 1	8.17	3	A	B C
A. giberélico	Tainung 1	8.10	3	A	B C
A. nítrico	Criolla	7.83	3	A	B C
Testigo	Tainung 1	7.80	3	A	B C
Testigo	Criolla	7.50	3		B C
A. fosfórico	Criolla	7.33	3		B C
Térmico	Criolla	7.17	3		C
A. giberélico	Criolla	7.17	3		C
Imbibición	Criolla	5.73	3		D

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Para el caso del genotipo Tainung 1 todos los métodos de escarificación fueron iguales estadísticamente.

En el caso del genotipo criollo el tratamiento de ácido nítrico presentó la mayor respuesta en el diámetro de las plántulas a los 90 días.

7.5 MATERIA VERDE Y MATERIA SECA (g)

El efecto de los tratamientos evaluados se midió en la materia verde y seca (g) a los 45 y 90 días posteriores a la siembra de la semilla.

El cuadro 27 presenta los resultados del análisis de varianza para la variable materia verde a los 45 días.

Cuadro 27. Análisis de varianza para materia verde de las plántulas de papaya a los 45 días.

Variable	N	R²	CV
Materia Seca	36	0.99	1.68

F.V.	SC	gl	CM	Fc	valor-p
Modelo	166.09	11	15.10	364.81	0.0001**
Factor A	21.62	5	4.32	104.48	0.0001**
Factor B	120.63	1	120.63	2914.64	0.0001**
Factor A * Factor B	23.83	5	4.77	115.17	0.0001**
Error	0.99	24	0.04		
Total	167.08	35			

** Diferencia altamente significativa.

Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los factores, y la interacción de éstos. Entendiéndose por ello, que estos son diferentes entre sí, estadísticamente. Para conocer las diferencias específicas se procedió a realizar separación múltiple de medias.

El cuadro 28 presenta la prueba de separación múltiple de medias para métodos de escarificación con relación a la materia verde a los 45 días.

Cuadro 28. Prueba Tukey, para materia verde de las plántulas, a los 45 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.36320			
Error: 0.0414	gl: 24		
Factor A	Medias (g)	n	Significancia Tukey
A. nítrico	13.50	6	A
Imbibición	12.70	6	B
Testigo	12.10	6	C
A. giberélico	11.60	6	D
Térmico	11.52	6	D
A. fosfórico	11.27	6	D

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El tratamiento de ácido nítrico, imbibición y testigo son diferentes estadísticamente; entre sí, el tratamiento de ácido nítrico obtuvo un total de 13.50 g, luego de los 45 días de evaluación. El tratamiento de ácido giberélico, térmico y ácido fosfórico fueron iguales estadísticamente entre si y se encuentran por debajo del tratamiento testigo.

El cuadro 29 presenta la prueba de separación múltiple de medias para genotipos, en relación a la variable materia verde a los 45 días.

Cuadro 29. Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 45 días, en relación al efecto en la materia verde.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.13997			
Error: 0.0014		gl: 24	
Factor B	Medias (g)	n	Significancia Tukey
Tainung 1	13.94	18	A
Criolla	10.28	18	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Ambos genotipos fueron diferentes estadísticamente para la variable en mención.

El cuadro 30 presenta la prueba de separación múltiple de medias para la interacción de los factores en relación a la variable materia verde a los 45 días.

Cuadro 30. Prueba Tukey, para la interacción de los factores en relación a la materia verde de las plántulas, a los 45 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.59892				
Error: 0.0014		gl: 24		
Factor A	Factor B	Medias (g)	n	Significancia Tukey
Imbibición	Tainung 1	15.87	3	A
A. nítrico	Tainung 1	14.20	3	B
Térmico	Tainung 1	13.97	3	C
A. giberélico	Tainung 1	13.60	3	C
Testigo	Tainung 1	13.40	3	C
A. nítrico	Criolla	12.80	3	D
A. fosfórico	Tainung 1	12.63	3	D
Testigo	Criolla	10.80	3	E
A. fosfórico	Criolla	9.90	3	F
A. giberélico	Criolla	9.60	3	F G
Imbibición	Criolla	9.53	3	F G
Térmico	Criolla	9.07	3	G

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el genotipo Tainung 1 el tratamiento de imbibición fue el que permitió obtener más materia verde a los 45 días, le siguió el tratamiento con y ácido nítrico. Para el genotipo en mención, la menor producción de materia verde se dio al tratar la semilla con ácido fosfórico.

Para el genotipo criollo la mayor producción de materia verde se dio al escarificar la semilla con ácido nítrico, seguido por el testigo absoluto. La menor producción de materia verde en este genotipo se dio con el tratamiento térmico a la semilla.

El cuadro 31 presenta los resultados del análisis de varianza para la variable materia verde a los 90 días.

Cuadro 31. Análisis de varianza para materia verde de las plántulas de papaya a los 90 días.

Variable	N	R²	CV
Materia verde/rep.	36	0.84	6.97

F.V.	SC	gl	CM	Fc	valor-p
Modelo	8419.33	11	765.39	11.23	0.0001**
Factor A	1945.26	5	389.05	5.71	0.0013**
Factor B	5222.47	1	5222.47	76.66	0.0001**
Factor A * Factor B	1251.60	5	250.32	3.67	0.0131**
Error	1635.09	24	68.13		
Total	10054.42	35			

** Diferencia altamente significativa.

Debido a las diferencias estadísticas altamente significativas encontradas entre los factores y su interacción se procedió a realizar la prueba de separación múltiple de medias para cada uno. Entendiéndose por ello, que estos son diferentes entre sí.

El cuadro 32 presenta la prueba de separación múltiple de medias para métodos de escarificación, con relación a la variable materia verde a los 90 días.

Cuadro 32. Prueba Tukey, para materia verde de las plántulas, a los 90 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 14.73566			
Error: 68.1289	gl: 24		
Factor A	Medias (g)	n	Significancia Tukey
A. nítrico	131.07	6	A
A. fosfórico	123.57	6	A B
A. giberélico	118.93	6	A B
Testigo	116.53	6	A B
Imbibición	111.93	6	B
Térmico	108.83	6	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El tratamiento de ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido giberélico y testigo comparten similitudes estadísticas entre sí. Los tratamientos de imbibición y térmico fueron iguales estadísticamente para la variable de materia verde a los 90 días, posicionándose por debajo del tratamiento testigo.

El cuadro 33 presenta la prueba de separación múltiple de medias para genotipos, en relación a la variable materia verde a los 90 días.

Cuadro 33. Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 90 días, en relación a la materia verde.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 5.67889			
Error: 68.1289	gl: 24		
Factor B	Medias (g)	n	Significancia Tukey
Tainung 1	130.52	18	A
Criolla	106.43	18	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El genotipo Tainung 1 fue diferente estadísticamente y superior al genotipo criollo para la variable contenido de materia verde a los 90 días de evaluación.

El cuadro 34 presenta la prueba de separación múltiple de medias para la interacción de los factores, en relación a la variable materia verde a los 90 días.

Cuadro 34. Prueba Tukey, para la interacción de los factores en relación a la materia verde de las plántulas, a los 90 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 24.29909					
Error: 68.1289	gl: 24				
Factor A	Factor B	Medias (g)	n	Significancia Tukey	
A. nítrico	Tainung 1	141.07	3	A	
Testigo	Tainung 1	133.73	3	A	
A. giberélico	Tainung 1	132.80	3	A	
Imbibición	Tainung 1	128.80	3	A	B
A. fosfórico	Criolla	123.60	3	A	B C
A. fosfórico	Tainung 1	123.53	3	A	B C
Térmico	Tainung 1	123.20	3	A	B C
A. nítrico	Criolla	121.07	3	A	B C
A. giberélico	Criolla	105.07	3	B	C D
Testigo	Criolla	99.33	3		C D
Imbibición	Criolla	95.07	3		D
Térmico	Criolla	94.47	3		D

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Todos los tratamientos del genotipo Tainung 1 comparten similitudes estadísticas entre sí.

El tratamiento con ácido fosfórico y ácido nítrico presentaron mayor contenido de materia verde para el genotipo criollo a los 90 días de evaluación.

Los tratamientos de imbibición y térmico fueron estadísticamente similares para el genotipo criollo, siendo los tratamientos que se ubican por debajo del tratamiento testigo.

El cuadro 35 presenta los resultados del análisis de varianza para la variable materia seca a los 45 días.

Cuadro 35. Análisis de varianza para materia seca de las plántulas (g) de papaya a los 45 días después de la siembra.

Variable	N	R²	CV		
Materia Seca	36	0.96	4.39		

F.V.	SC	gl	CM	Fc	valor-p
Modelo	0.83	11	0.08	55.90	0.0001**
Factor A	0.14	5	0.03	20.60	0.0001**
Factor B	0.46	1	0.46	343.79	0.0001**
Factor A * Factor B	0.23	5	0.05	33.82	0.0001**
Error	0.03	24	0.00		
Total	0.87	35			

** Diferencia altamente significativa.

Se encontraron diferencias altamente significativas para los factores y la interacción de éstos.

Para profundizar en las diferencias estadísticas marcadas por los tratamientos, se procedió a realizar la separación múltiple de medias de cada factor y su interacción.

El cuadro 36 presenta la prueba de separación múltiple de medias para los métodos de escarificación, con relación a la materia seca a los 45 días.

Cuadro 36. Prueba Tukey, para materia seca de las plántulas, a los 45 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.06573			
Error: 0.0014	gl: 24		
Factor A	Medias (g)	n	Significancia Tukey
Imbibición	0.95	6	A
A. giberélico	0.85	6	B
Térmico	0.85	6	B
A. nítrico	0.83	6	B
Testigo	0.83	6	B
A. fosfórico	0.73	6	C

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El tratamiento de imbibición fue estadísticamente diferente a todos los tratamientos en relación al contenido de materia seca de las plántulas a los 45 días.

Los tratamientos de ácido giberélico, térmico, ácido nítrico y testigo son estadísticamente iguales entre sí y presentaron menor contenido de materia seca en relación al tratamiento de imbibición.

El tratamiento de ácido fosfórico fue diferente estadísticamente a los otros métodos, situándose por debajo del tratamiento testigo y fue con el que obtuvo la menor cantidad de materia seca.

El cuadro 37 presenta la prueba de separación múltiple de medias para genotipos a los 45 días, con relación a la producción de materia sea.

Cuadro 37. Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 45 días, con relación a la producción de materia seca.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.02533			
Error: 0.0014	gl: 24		
Factor B	Medias (g)	n	Significancia Tukey
Tainung 1	0.95	18	A
Criolla	0.73	18	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El genotipo Tainung 1 fue diferente y estadísticamente superior para la variable materia seca a los 45 días.

El cuadro 38 presenta la prueba de separación múltiple de medias para la interacción de los factores para la variable materia seca a los 45 días.

Cuadro 38. Prueba Tukey, para la interacción de los factores en relación a la materia seca de las plántulas, a los 45 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.10839						
Error: 0.0014		gl: 24				
Factor A	Factor B	Medias (g)	n	Significancia Tukey		
Imbibición	Tainung 1	1.18	3	A		
Térmico	Tainung 1	1.05	3	B		
A. giberélico	Tainung 1	0.93	3	C		
Testigo	Tainung 1	0.91	3	C	D	
A. nítrico	Tainung 1	0.85	3	C	D	E
A. nítrico	Criolla	0.81	3		D	E F
A. fosfórico	Tainung 1	0.79	3			E F
A. giberélico	Criolla	0.77	3			E F G
Testigo	Criolla	0.74	3			E F G H
Imbibición	Criolla	0.71	3			F G H
A. fosfórico	Criolla	0.67	3			G H
Térmico	Criolla	0.64	3			H

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El método de imbibición fue estadísticamente diferente y superior a los tratamientos evaluados para el genotipo Tainung 1.

El tratamiento de ácido nítrico hace diferencia estadística positiva para el genotipo criollo.

El cuadro 39 presenta los resultados del análisis de varianza para la variable materia seca de las plántulas de papaya a los 90 días.

Cuadro 39. Análisis de varianza para materia seca de las plántulas de papaya a los 90 días.

Variable	N	R²	CV
Materia seca/rep.	36	1.00	2.45

F.V.	SC	gl	CM	Fc	valor-p
Modelo	2445.14	11	222.29	507.76	0.0001**
Factor A	1187.13	5	237.43	542.34	0.0001**
Factor B	684.69	1	684.69	1564.02	0.0001**
Factor A * Factor B	573.32	5	114.66	261.92	0.0001**
Error	10.51	24	0.44		
Total	2455.65	35			

** Diferencia altamente significativa.

Debido a que se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas para los factores y la interacción de los mismos, se procedió a realizar separación múltiple de medias para cada uno. Entendiéndose por ello, que estos son diferentes entre sí.

El cuadro 40 presenta la prueba de separación múltiple de medias para los métodos de escarificación, con relación a la variable materia seca a los 90 días.

Cuadro 40. Prueba Tukey, para métodos de escarificación, con relación a la producción de materia seca de las plántulas, a los 90 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 1.8122			
Error: 0.4378	gl: 24		
Factor A	Medias (g)	n	Significancia Tukey
A. nítrico	34.40	6	A
A. fosfórico	32.20	6	B
Imbibición	30.90	6	C
Térmico	24.35	6	D
Testigo	21.27	6	E
A. giberélico	19.20	6	F

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Todos los métodos fueron estadísticamente diferentes para la variable, materia seca a los 90 días.

El tratamiento de ácido nítrico presentó la mayor media, con 34.40 g.

El tratamiento de ácido giberélico presentó la menor media, con de 19.20 g.

El cuadro 41 presenta la prueba de separación múltiple de medias para los genotipos de las plántulas de papaya a los 90 días, con relación a la materia seca.

Cuadro 41. Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 90 días, con relación a la producción de materia seca.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.45522			
Error: 0.4378	gl: 24		
Factor B	Medias (g)	n	Significancia Tukey
Tainung 1	31.42	18	A
Criolla	22.69	18	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El genotipo Tainung 1 fue diferente y superior estadísticamente al genotipo criollo, en relación a la variable del contenido de materia seca a los 90 días de evaluación.

El cuadro 42 presenta la prueba de separación múltiple de medias para la interacción de los factores en relación a la variable materia seca a los 90 días.

Cuadro 42. Prueba Tukey, para la interacción de los factores en relación a la materia seca de las plántulas, a los 90 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 1.94783				
Error: 0.4378		gl: 24		
Factor A	Factor B	Medias (g)	n	Significancia Tukey
A. nítrico	Tainung 1	44.10	3	A
Imbibición	Tainung 1	38.93	3	B
A. fosfórico	Tainung 1	37.20	3	B
Térmico	Tainung 1	28.80	3	C
A. fosfórico	Criolla	27.20	3	C
A. nítrico	Criolla	24.70	3	D
Imbibición	Criolla	22.90	3	D E
Testigo	Tainung 1	22.50	3	E
A. giberélico	Criolla	21.43	3	E F
Testigo	Criolla	20.03	3	F
Térmico	Criolla	19.90	3	F
A. giberélico	Tainung 1	16.97	3	G

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El tratamiento de ácido nítrico para el genotipo Tainung 1 fue diferente estadísticamente y superior a los otros tratamientos evaluados, con una media de 44.10 g. Los tratamientos de imbibición y ácido fosfórico fueron estadísticamente iguales entre sí para el caso del genotipo Tainung 1, y se ubicaron en un segundo grupo estadístico. En el genotipo Tainung 1 la producción más baja de materia seca se obtuvo con el método de escarificación con ácido giberélico (16.97 g).

Para el genotipo criollo la mayor producción de materia seca se obtuvo con el método de escarificación con ácido fosfórico (27.20 g), seguido de ácido nítrico e imbibición (24.70 y 22.90). La menor producción de materia seca se obtuvo en los tratamientos testigo (20.03 g) y térmico (19.90 g).

7.6 BIOMASA DE RAÍCES (g).

El efecto de los tratamientos evaluados se midió en la biomasa de raíces, medida en gramos (g) a los 30, 60 y 90 días posteriores a la siembra de la semilla.

El cuadro 43 presenta los resultados del análisis de varianza para la variable biomasa radicular a los 30 días.

Cuadro 43. Análisis de varianza para biomasa de raíces de las plántulas de papaya a los 30 días.

Variable	N	R²	CV
Biomasa	36	0.65	18.06

F.V.	SC	gl	CM	Fc	valor-p
Modelo	5.87	11	0.53	4.08	0.0019**
Factor A	1.02	5	0.20	1.57	0.2076 NS
Factor B	3.55	1	3.55	27.10	0.0001**
Factor A * Factor B	1.30	5	0.26	1.98	0.1176NS
Error	3.14	24	0.13		
Total	9.01	35			

** Diferencia altamente significativa.

NS: No significativo.

No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los métodos de escarificación e interacción.

Se determinaron diferencias altamente significativas para los genotipos. Entendiéndose por ello, que estos son diferentes entre sí, estadísticamente. Para la variable biomasa de raíces, se procedió a realizar la prueba de separación múltiple de medias para genotipos.

El cuadro 44 presenta la prueba de separación múltiple de medias para genotipos en relación a la variable biomasa radicular a los 30 días.

Cuadro 44. Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas a los 30 días, en relación a la biomasa de raíces.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.24890			
Error: 0.1309	gl: 24		
Factor B	Medias (g)	n	Significancia Tukey
Tainung	2.32	18	A
Criolla	1.69	18	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Existen diferencias significativas entre los genotipos, siendo el genotipo Tainung 1 el que presenta mayor biomasa radicular.

El cuadro 45 presenta los resultados del análisis de varianza para la biomasa radicular a los 60 días.

Cuadro 45. Análisis de varianza para biomasa de raíces de las plántulas de papaya a los 60 días.

Variable	N	R²	CV
Biomasa	36	0.97	3.83

F.V.	SC	gl	CM	Fc	valor-p
Modelo	81.70	11	7.43	84.08	0.0001**
Factor A	13.89	5	2.78	31.45	0.0001**
Factor B	49.94	1	49.94	565.37	0.0001**
Factor A * Factor B	17.87	5	3.57	40.46	0.0001**
Error	2.12	24	0.09		
Total	83.82	35			

** Diferencia altamente significativa.

Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los factores y las interacciones, se procedió a realizar separación múltiple de medias para cada uno. Entendiéndose por ello, que estos son diferentes entre sí.

El cuadro 46 presenta la prueba de separación múltiple de medias para los métodos de escarificación, con relación a la biomasa radicular a los 60 días.

Cuadro 46. Prueba Tukey, para biomasa radicular de las plántulas, a los 60 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.53058			
Error: 0.0883	gl: 24		
Factor A	Medias (g)	n	Significancia Tukey
A. nítrico	8.78	6	A
Imbibición	8.37	6	A
Testigo	7.77	6	B
A. fosfórico	7.26	6	B C
Térmico	7.18	6	C
A. giberélico	7.18	6	C

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Los tratamientos de ácido nítrico e imbibición fueron iguales y estadísticamente superiores con relación a la cantidad de materia verde de las plántulas.

Los tratamientos ácido fosfórico, térmico y ácido giberélico, estuvieron por debajo del tratamiento testigo, y comparten similitudes estadísticas entre ellos.

El cuadro 47 presenta la prueba de separación múltiple de medias para genotipos, en relación a la variable biomasa radicular a los 60 días.

Cuadro 47. Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 60 días, en relación a la biomasa de raíces.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.20448			
Error: 0.0883		gl: 24	
Factor B	Medias (g)	n	Significancia Tukey
Tainung	8.93	18	A
Criolla	6.58	18	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El genotipo Tainung 1 fue estadísticamente superior en la producción de biomasa de raíces que presentó luego de los 60 días, en relación al genotipo criollo.

El cuadro 48 presenta la prueba de separación múltiple de medias para la interacción de los factores, en relación a la variable biomasa radicular a los 60 días.

Cuadro 48. Prueba Tukey, para la interacción de los factores, en relación a la biomasa de raíces, a los 60 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.87493				
Error: 0.0883		gl: 24		
Factor A	Factor B	Medias (g)	n	Significancia Tukey
Imbibición	Tainung 1	10.80	3	A
A. nítrico	Tainung 1	9.22	3	B
Térmico	Tainung 1	8.80	3	B C
A. giberélico	Tainung1	8.47	3	B C
A. nítrico	Criolla	8.33	3	C
Testigo	Tainung 1	8.20	3	C D
A. fosfórico	Tainung 1	8.12	3	C D
Testigo	Criolla	7.33	3	D
A. fosfórico	Criolla	6.40	3	E
Imbibición	Criolla	5.93	3	E
A. giberélico	Criolla	5.80	3	E
Térmico	Criolla	5.57	3	E

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El tratamiento de imbibición fue superior estadísticamente a los otros tratamientos para el genotipo Tainung 1.

El tratamiento con ácido nítrico fue el que presentó mayor biomasa de raíces en el genotipo criollo.

El cuadro 49 presenta el análisis de varianza para la variable biomasa radicular, a los 90 días después de la siembra.

Cuadro 49. Análisis de varianza para biomasa de raíces de las plántulas de papaya a los 90 días.

Variable	N	R²	CV
Biomasa.	36	0.86	11.60

F.V.	SC	gl	CM	Fc	valor-p
Modelo	6553.04	11	595.73	13.43	0.0001**
Factor A	521.56	5	104.31	2.35	0.0715NS
Factor B	5078.94	1	5078.94	114.52	0.0001**
Factor A * Factor B	952.54	5	190.51	4.30	0.0062**
Error	1064.40	24	44.35		
Total	7617.44	35			

** Diferencia altamente significativa.

NS: No significativo.

No se encontraron diferencias estadísticas entre los métodos de escarificación (factor A). Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas en los genotipos y en la interacción de los factores. Por lo anterior se procedió a realizar las pruebas de medias respectivas.

El cuadro 50 presenta la prueba de separación múltiple de medias para genotipos, en relación a la variable biomasa radicular a los 90 días.

Cuadro 50. Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 90 días, en relación a la biomasa de raíces.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 4.58189			
Error: 44.35	gl: 24		
Factor B	Medias (g)	n	Significancia Tukey
Tainung	69.28	18	A
Criolla	45.52	18	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El genotipo Tainung 1 fue superior al genotipo criollo en relación a la cantidad de biomasa radicular obtenida a los 90 días. Tainung 1 obtuvo 69.28 g y la criolla obtuvo 45.52 g.

El cuadro 51 presenta la prueba de separación múltiple de medias para la interacción, en relación a la variable biomasa radicular a los 90 días.

Cuadro 51. Prueba Tukey, separación múltiple de medias, para la interacción de los factores en relación a la biomasa de raíces, a los 90 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 19.60520					
Error: 44.35		gl: 24			
Factor A	Factor B	Medias (g)	n	Significancia Tukey	
A. Nítrico	Tainung 1	70.93	3	A	
Imbibición	Tainung 1	70.87	3	A	
A. giberélico	Tainung 1	70.80	3	A	
Térmico	Tainung 1	69.80	3	A	
Testigo	Tainung 1	69.33	3	A	
A. fosfórico	Tainung 1	63.93	3	A	
A. fosfórico	Criolla	58.33	3	A	B
A. Nítrico	Criolla	57.13	3	A	B C
A. giberélico	Criolla	40.67	3		B C
Testigo	Criolla	40.67	3		B C
Imbibición	Criolla	38.73	3		B C
Térmico	Criolla	37.60	3		C

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

No existe diferencia estadística entre los métodos de escarificación para el genotipo Tainung 1.

Los tratamientos con ácido fosfórico y con ácido nítrico presentaron mayor contenido de biomasa radicular a los 90 días para el genotipo criollo.

7.7 EFECTO EN EL VOLUMEN RADICULAR (cc)

El efecto de los tratamientos evaluados se midió en el volumen radicular, medido en centímetros cúbicos (cc) a los 30, 60 y 90 días posteriores a la siembra de la semilla.

El cuadro 52 presenta los resultados del análisis de varianza para la variable volumen radicular a los 30 días.

Cuadro 52. Análisis de varianza para volumen radicular de las plántulas de papaya a los 30 días.

Variable	N	R²	CV
Biomasa	36	0.88	9.77

F.V.	SC	gl	CM	Fc	valor-p
Modelo	4.23	11	0.38	15.74	0.0001**
Factor A	1.04	5	0.21	8.48	0.0001**
Factor B	2.45	1	2.45	100.41	0.0001**
Factor A * Factor B	0.74	5	0.15	6.07	0.0009**
Error	0.59	24	0.02		
Total	4.82	35			

** Diferencia altamente significativa.

El análisis de ANDEVA muestra diferencias estadísticas para los métodos de escarificación, los genotipos y la interacción de los factores evaluados.

Para conocer las diferencias se procedió a realizar separación múltiple de medias para cada factor y la interacción.

El cuadro 53 presenta la prueba de separación múltiple de medias para los métodos de escarificación con relación a la variable volumen radicular a los 30 días.

Cuadro 53. Prueba Tukey, para volumen radicular de las plántulas, a los 30 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.27912				
Error: 0.0244		gl: 24		
Factor A	Medias (cc)	n	Significancia Tukey	
A. nítrico	1.83	6	A	
A. fosfórico	1.70	6	A B	
Imbibición	1.67	6	A B	
Térmico	1.57	6	A B	
A. giberélico	1.55	6	B C	
Testigo	1.28	6	C	

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Los tratamientos ácido nítrico, ácido fosfórico, imbibición y térmico comparten similitudes estadísticas entre sí y superan al testigo.

El tratamiento de ácido giberélico y testigo son iguales estadísticamente entre sí y conforman el último grupo estadístico.

El cuadro 54 presenta la prueba separación múltiple de medias para genotipos, en relación a la variable volumen radicular a los 30 días.

Cuadro 54. Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 30 días, en relación al volumen radicular.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.10757			
Error: 0.0244		gl: 24	
Factor B	Medias (cc)	n	Significancia Tukey
Tainung 1	1.86	18	A
Criolla	1.34	18	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El genotipo Tainung 1 fue superior estadísticamente para la variable volumen radicular, con un total de 1.86 cc, en relación al genotipo criollo con un total de 1.34 cc.

El cuadro 55 presenta la prueba de separación múltiple de medias para la interacción de los factores, en relación a la variable volumen radicular a los 30 días.

Cuadro 55. Prueba Tukey, para la interacción de los factores en relación al volumen radicular, a los 30 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.46027					
Error: 0.0244		gl: 24			
Factor A	Factor B	Medias (cc)	n	Significancia Tukey	
Imbibición	Tainung 1	2.00	3	A	
A. Nítrico	Tainung 1	2.00	3	A	
Térmico	Tainung 1	1.93	3	A	B
A. giberélico	Tainung 1	1.90	3	A	B
A. Nítrico	Criolla	1.83	3	A	B
Testigo	Tainung 1	1.83	3	A	B
A. fosfórico	Tainung 1	1.50	3	B	C
Testigo	Criolla	1.50	3	B	C
A. fosfórico	Criolla	1.33	3		C
Imbibición	Criolla	1.17	3		C
A. giberélico	Criolla	1.13	3		C
Térmico	Criolla	1.07	3		C

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Los tratamientos imbibición, ácido nítrico, térmico y ácido giberélico conformaron el primer grupo estadístico para el genotipo Tainung 1, superando al testigo.

Para el genotipo criollo se obtuvo un mayor volumen radicular al escarificar la semilla con ácido nítrico; el resto de tratamientos se ubicó en un mismo grupo estadístico.

El cuadro 56 presenta los resultados del análisis de varianza para la variable volumen radicular de las plántulas a los 60 días.

Cuadro 56. Análisis de varianza para volumen radicular de las plántulas de papaya a los 60 días.

Variable	N	R²	CV
Biomasa	36	0.92	7.29

F.V.	SC	gl	CM	Fc	valor-p
Modelo	82.57	11	7.51	25.91	0.0001**
Factor A	13.19	5	2.64	9.11	0.0001**
Factor B	48.77	1	48.77	168.32	0.0001**
Factor A * Factor B	20.61	5	4.12	14.23	0.0001**
Error	6.95	24	0.29		
Total	89.52	35			

** Diferencia altamente significativa.

Se encontró diferencias estadísticas entre los métodos de escarificación, los genotipos y la interacción ambos factores, por lo que se procedió a realizar separación múltiple de medias para cada caso.

El cuadro 57 presenta la prueba de separación múltiple de medias para los métodos de escarificación, con relación al volumen radicular a los 60 días.

Cuadro 57. Prueba Tukey, para volumen radicular de las plántulas, a los 60 días después de la siembra.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.96094			
Error: 0.2897	gl: 24		
Factor A	Medias (cc)	n	Significancia Tukey
A. nítrico	8.33	6	A
Imbibición	7.98	6	A
Testigo	7.50	6	A B
A. fosfórico	6.93	6	B
Térmico	6.78	6	B
A. giberélico	6.78	6	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Los tratamientos ácido nítrico, imbibición y testigo fueron iguales estadísticamente entre sí, obteniendo las mayores medias de volumen radicular luego de los 60 días.

Los tratamientos ácido fosfórico, térmico y ácido giberélico fueron estadísticamente iguales en relación a la media obtenida de volumen radicular luego de los 60 días, situándose por debajo del tratamiento testigo.

El cuadro 58 presenta la prueba de separación múltiple de medias para genotipos en relación a la variable volumen radicular a los 60 días.

Cuadro 58. Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 60 días, en relación al volumen radicular.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.37033			
Error: 0.2897	gl: 24		
Factor B	Medias (cc)	n	Significancia Tukey
Tainung 1	8.55	18	A
Criolla	6.22	18	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El genotipo Tainung 1 fue diferente estadísticamente superior al genotipo criollo en relación al volumen radicular obtenido luego de 60 días de evaluación.

El cuadro 59 presenta la prueba de separación múltiple de medias para la interacción de los factores, en relación a la variable volumen radicular a los 60 días.

Cuadro 59. Prueba Tukey, para la interacción de los factores, en relación al volumen radicular, a los 60 días.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 1.58458				
Error: 0.2897	gl: 24			
Factor A	Factor B	Medias (cc)	n	Significancia Tukey
Imbibición	Tainung 1	10.47	3	A
A. Nítrico	Tainung 1	8.70	3	B
Térmico	Tainung 1	8.43	3	B
A. giberélico	Tainung 1	8.10	3	B
A. nítrico	Criolla	7.97	3	B
Testigo	Tainung 1	7.83	3	B
A. fosfórico	Tainung 1	7.77	3	B
Testigo	Criolla	7.17	3	B C
A. fosfórico	Criolla	6.10	3	C D
Imbibición	Criolla	5.50	3	D
A. giberélico	Criolla	5.47	3	D
Térmico	Criolla	5.13	3	D

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El tratamiento imbibición para el genotipo Tainung 1 fue diferente estadísticamente superior en relación al volumen radicular obtenido luego de 60 días de evaluación. En este genotipo el resto de métodos de escarificación conformaron un mismo grupo estadístico.

En el caso del genotipo criollo, el mayor volumen radicular se obtuvo al escarificar la semilla con ácido nítrico; en un segundo grupo se ubica el testigo y por debajo de éste el resto de tratamientos.

El cuadro 60 presenta los resultados del análisis de varianza para la variable volumen radicular a los 90 días.

Cuadro 60. Análisis de varianza para volumen radicular de las plántulas de papaya a los 90 días.

Variable	N	R²	CV
Materia verde/rep.	36	0.81	14.05

F.V.	SC	gl	CM	Fc	valor-p
Modelo	5857.64	11	532.51	9.24	0.0001**
Factor A	453.47	5	90.69	1.57	0.2055NS
Factor B	5017.36	1	5017.36	87.05	0.0001**
Factor A * Factor B	386.81	5	77.36	1.34	0.2807NS
Error	1383.33	24	57.64		
Total	7240.97	35			

** Diferencia altamente significativa.

NS: No significativo.

No se encontraron diferencias estadísticas entre los métodos de escarificación y en la interacción de factores, estos fueron iguales estadísticamente entre sí, y por ello no hay diferencias para cada fuente de variación (FV).

Se determinaron diferencias estadísticas altamente significativas para los genotipos (factor B), por lo que se procedió a realizar separación múltiple de medias.

El cuadro 61 presenta la prueba de separación múltiple de medias para genotipos, en relación a la variable volumen radicular a los 90 días.

Cuadro 61. Prueba Tukey, para genotipos de las plántulas, a los 90 días, en relación al volumen radicular.

Prueba: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 5.22343			
Error: 57.6389 gl: 24			
Factor B	Medias (cc)	n	Significancia Tukey
Tainung 1	65.83	18	A
Criolla	42.22	18	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El genotipo Tainung 1 fue estadísticamente superior al genotipo criollo en relación al volumen radicular obtenido luego de los 90 días.

7.8 RENTABILIDAD DE LOS TRATAMIENTOS.

El costo adicional en el que se incurre al aplicar algún tratamiento de escarificación fue tomado en cuenta, debido a que es necesario estimar los costos para obtener la rentabilidad de la producción global de plántulas de papaya.

El cuadro 62 presenta la rentabilidad obtenida en la producción de plántulas de ambos genotipos, con los métodos de escarificación evaluados.

Cuadro 62. Rentabilidad obtenida en cada uno de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Rentabilidad Tainung 1		Rentabilidad criolla	
	45 días	90 días	45 días	90 días
Imbibición	18%	19%	-32%	-32%
Térmico	19%	24%	-10%	-10%
Ácido fosfórico	8%	13%	-44%	-44%
Ácido nítrico	19%	24%	18%	16%
Ácido giberélico	18%	24%	-21%	-21%
Testigo	19%	23%	5%	3%

Fuente: elaboración propia.

El tratamiento térmico y ácido nítrico igualan la rentabilidad del tratamiento testigo con 19% a los 45 días para el genotipo Tainung 1. En esta edad y para este genotipo no sería necesario ningún tratamiento, pues no hay un incremento en la rentabilidad de los mismos.

El tratamiento de ácido nítrico presento una rentabilidad del 18% y 16% a los 45 y 90 días respectivamente para el genotipo criollo, siendo el único tratamiento que tuvo mayor rentabilidad sobre el testigo, para el resto de tratamientos su rentabilidad fue negativa por los bajos porcentajes de germinación obtenidos en la evaluación.

Si se desea optimizar la emergencia de la semilla criolla es necesario pasarla por un proceso de escarificación donde se obtendrá mayor porcentaje de emergencia, sin éste no es rentable hacer pilones de papaya que provengan de semilla criolla.

VIII. CONCLUSIONES

Ningún tratamiento presentó diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de emergencia de plántulas de papaya para el genotipo Tainung 1. El tratamiento ácido nítrico presentó diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de emergencia de plántulas de papaya para el genotipo criollo, con un porcentaje de emergencia del 84.85% superando al tratamiento testigo con un 75.29%.

Se encontraron efectos que restaron los días de emergencia de las plántulas de papaya para el genotipo Tainung 1 en los tratamientos de ácido nítrico, térmico y testigo siendo estadísticamente iguales con 12.16 días, 12.15 días y 12.46 días respectivamente, los demás tratamientos no superaron al tratamiento testigo. Se encontraron efectos positivos estadísticamente en el tiempo de emergencia de las plántulas de papaya para el genotipo criollo, con el tratamiento de ácido nítrico obteniendo una media de 13.18 días, siendo inferior al tratamiento testigo con 15.60 días.

El efecto de los tratamientos en la altura de las plántulas de papaya a los 45 y 90 días para el genotipo Tainung 1, se encontró en el tratamiento de ácido nítrico, obteniendo alturas de 9.8 cm y 20.3 cm respectivamente, y de igual forma el mismo tratamiento para el genotipo criollo con una altura de 8.0 y 17.5 cm respectivamente.

No existió aumento en la rentabilidad de los tratamientos de escarificación para la producción de plántulas de papaya en el genotipo Tainung 1 a los 45 días, los tratamientos térmico, ácido nítrico y testigo obtuvieron un 19%; a los 90 días se obtuvo un incremento del 1 % en la rentabilidad con los tratamientos térmico, ácido nítrico, ácido giberelico con 24% y el tratamiento testigo obtuvo 23 %. Para el genotipo criollo a los 45 y 90 días el tratamiento de ácido nítrico obtuvo un 18% y 16% respectivamente, representando un 13 % de incremento sobre el testigo.

IX. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar tratamiento de escarificación en la producción de pilones de genotipo criollo para aumentar el porcentaje de emergencia de las plántulas.
- Si no es necesario el uso de semilla criolla, no debe emplearse, pues los costos de producción de pilones tienden a ser elevados por el bajo porcentaje de emergencia que se obtiene.
- Evaluar el efecto aditivo que pudieran tener los diferentes tratamientos en campo definitivo y en la producción de papaya.
- Evaluar métodos de escarificación físicos que ayuden a acelerar el proceso de emergencia de las plántulas de papaya para el genotipo Tainung 1.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Arnold, F. (1996). *Manual de vivero forestal: Elaborado para algunas especies forestales nativas de la zona templada del Sur de Chile*. Documento Técnico CONAF-DED. 123 pp.
- Bhattacharya, J., Khuspe, S. (2001). In vitro and in vivo germination of papaya (*Carica papaya* L.) seeds. *Scientia Horticulturae*, 91, 39-49.
- Burbano, E. (1990). Efecto de la escarificación química y el almacenamiento en la calidad de semillas de especies de Centrosema. *Pasturas tropicales*, 11 – 55.
- Carrillo, E. (2002). *Evaluación del rendimiento y calidad en la producción de cuatro variedades de papaya (Carica papaya L.) hawaiana en dos localidades del sur oriente de Guatemala*. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo, Facultad de agronomía, Universidad Rafael Landívar, Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Corral, R., Pita, J., Pérez, F. (1990). *Some aspects of seed germination in four species of Cistus L.* Seed Sci. Techn, 221 – 325.
- Cruz, M., Takaki, M. (1983). *Dormancy and germination of seed of Cloris urthonothon*. Sees Sci Techn, 323 – 329.
- Díaz, C. (2008). Tratamiento de semilla de jitomate con agua caliente. *Agro productividad*. Fitopatología, Campus Montecillo, Colegio de postgraduados. No. 1.
- Donoso, C. (1993). *Bosques Templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile. 483 p.
- Fariñas, J., Sanabria, V., Silva, A. (1997). *Escarificación química de semillas de tres especies de centrocema para sabanas bien drenadas*. Zootecnia tropical, 221 – 237
- Figueroa, J. y Jaksic, F. (2004). *Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central*. Revista Chilena de Historia Natural 77:201-215.
- Figueroa, M., Adriano, M., Becerra, C. (2005). *Efecto del remojo en agua sobre la germinación de semillas de papaya var. Maradol*. Revista Chapingo. Serie horticultura, Vol. 11, Núm. 1, enero-junio, 2005, pp. 27-30 Universidad Autónoma Chapingo México. Extraído el 7 de julio de 2013 desde <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=60912502004>
- García, J. (1991). *Manual de Repoblaciones Forestales*. Tomo I. Esc. Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Fund. Conde del Valle de Salazar. Madrid-España. 794 p.

- Gil, A. & Miranda D. (2005). *Agronomía colombiana. Morfología de la flor y de la semilla de papaya (Carica papaya L.): variedad Maradol e híbrido Tainung-1*. v.23 n.2 Bogotá jul./dic. Extraído el 08 de octubre de 2013 desde http://www.sci.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652005000200004&lng=es&nrm=iso
- Goor, A.Y. y Barney, C. W. (1976). *Forest tree planting in arid zones*. 2a ed. New York. The Ronald Press. 504 p.
- Hartmann, H. y Kester, D. (1977). *Propagación de plantas. Principios y Prácticas*. Continental. México. 810 pp.
- Hartmann, H. y Kester, D. (1988). *Propagación de Plantas*. México D.F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 760 p.
- Hernández, G. (1995). *Producción de plantas de papaya en el vivero del Centro de Desarrollo Frutícola de Tomatlán, Jalisco*. Gobierno del Estado de Jalisco. Reunión Técnica Sobre el Cultivo del Papayo Maradol en la Costa. Secretaría de Desarrollo Rural. Dirección de Fomento Agropecuario y Frutícola. Dirección de Fruticultura. 31 de agosto a 2 de septiembre. Guadalajara, Jalisco. pp. 21-25.
- Kyauk, H., Hopper, N., Brigham, R. (1995). *Effect of temperature and presoaking on germination, root length and shoot length of sesame (Sesamun indicum L.)*. Environ. Exp. Bot. 35: 345-351.
- Kubitzki, K. (2003). *Caricaceae In: Kubitzki, K. and Bayer, C. (Eds.). The families and genera of vascular plants. Vol. 5. Springer-Verlag. Berlin. 57-61 p.*
- MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. *Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala*. Guatemala. Esc. 1:250,000. Color. 1 disco compacto, 8 mm.
- MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación) 1999. *Manual del Cultivo de Papaya*. Guatemala: Autor. 43 p.
- Mandujano, R. (1993). *El Papayo*. Ed. AGROFRUT S. A. de C. V. México, D. F., México. 37 p.
- Manual técnico buenas prácticas agrícolas de papaya. (2002). Guatemala. 58 p.
- Montenegro, A. (1994). Curso introductorio al cultivo del papayero Guatemala, P. 1-3.
- Montenegro, A. (1999). Manual del Cultivo de Papaya. 58 p.
- Ordoñez, A. 1987. Germinación de las tres especies de Nothofagus siempreverdes (Coigües), y variabilidad en la germinación de procedencias de Coigüe común (Nothofagusdombeyi (Mirb) Oerst). Tesis Ing. Forestal. Fac. de Cs Forestales. Univ. Austral de Chile. Valdivia. 134 p.

- Patiño, F.; De la Garza, P.; Villagomez, Y.; Talavera, I. y Camacho, F. (1983). Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. México D.F. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Subsecretaría Forestal. Boletín Divulgativo N° 63. 181 p.
- Paz, L.; Vázquez-Yanes, C. (1998). Comparative seed ecophysiology of wild and cultivated *Carica papaya* trees from a tropical rain forest region in México. *Tree Physiology* 18: 277-280.
- Perez, J. (2007). *Evaluación de 4 sustratos en la elaboración de pilones en el cultivo de papaya (Carica papaya L. Caricaceae) bajo condiciones de invernadero en aldea Las Palmas, Coatepeque, Quetzaltenango*. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo, Facultad de agronomía, Universidad Rafael Landívar, Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Ramos, R., Borges, M., y Farrés E. (2002). Generalidades del Cultivo de Papaya. Documento presentado en el Curso Internacional de Papaya, Guatemala.
- Ramos, R. (S/F). Congreso de Guatemala. Origen, fruto, botánica y flores de la papaya.
- Romero, J., Mejía, Carballo, Lopez, Rangel & Ávila. . (2013). Escarificación química de la semilla de papaya. *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol. 4. Núm. 6. 947- 954 p.
- Samson, J. (1980). *Tropical Fruits*. Longman Group Limited. London, England. pp. 652-660.
- Sanabria, V., Silva, A., Alfaro, C., Oliveros, M. (1997). Escarificación térmica de semillas de tres accesiones de *Leucaena leucocephala*. *Zootecnia tropical* 67 – 80.
- Santiago, V.; Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Sistemas forestales integrados. Área forestal- INTA EEA Bariloche*. 10 p. Cuadernillo No. 3
- Semillas del Caribe, (2000). Cultivo de Papaya. Disponible en: <http://www.semilladelcaribe.com.mx/paginas/vivero.htm>
- Shankarraja, N., Sulikeri, G., (1993). *Presowing treatments of seeds to improve germination in cardamom (Elettaria cardamomum L. Maton var. Minor Watt)*. *J. Plantation Crops* 21: 116-117.
- Soler, R. (1996). *Fruticultura*. Ed. Albatros. Buenos Aires, Argentina. pp. 239-241.
- Tokuhisa, D.; Dias, D. C. F. S.; Alvarenga, E. M.; Dias, L. A. S. e Marin, S. L. D. 2007. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. *Rev. Bras. Sem.* 29:131-139.

Tseng, T. (1991). *The effect of GA3 concentration and time of treatment on the promotion of papaya seed germination*. Guoli Taiwan Daxue Nongxueyuan Yanjiu Baogao, 30-39.

Vela, V (2005). *Estudio de la cadena agroalimentaria del cultivo de la papaya (Carica papaya L.) en Guatemala*. Tesis para optar al título de Ingeniera agrónoma con especialización en ciencias hortícolas, Facultad de agronomía, Universidad Rafael Landívar, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Velásquez, L. (1987). Proyecto, Producción de frutas tropicales, cultivo de la papaya. Estación de fomento los Brillantes, Retalhuleu, Guatemala. P. 17

Willan, R. (1991). Guía de Manipulación de Semillas Forestales con especial referencia a los Trópicos. Centro de Semillas Forestales de DANIDA. Estudio FAO MONTES 20/2. 51 p.

XI. ANEXOS



Figura No. 7 Preparación y aplicación de tratamientos.



Figura No. 8 Siembra de los tratamientos.



Figura No. 9 Emergencia de los tratamientos.



Figura No. 10 Crecimiento de las plántulas a los 45 días.



Figura No. 11 Desarrollo de la plántula a los 90 días.



Figura No. 12 Medición de la altura de la plántula.



Figura No. 13 Medición del volumen radicular.

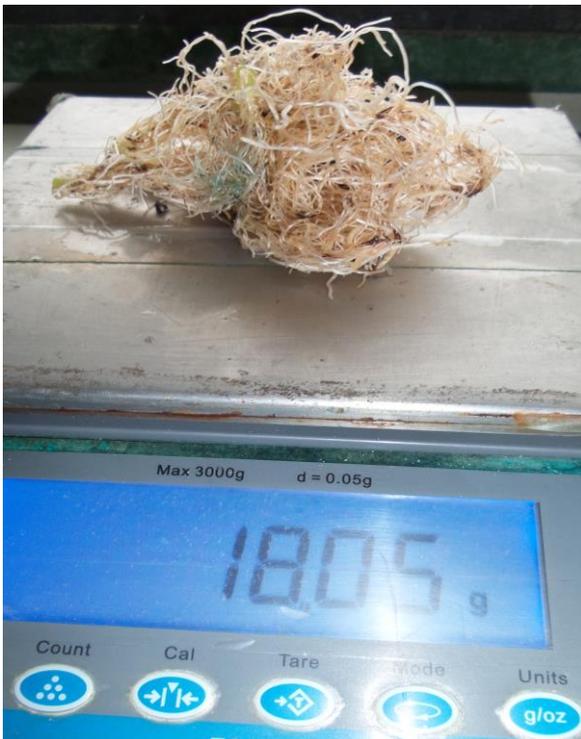


Figura No. 14 Determinación de la biomasa radicular.



Figura No. 15 Preparación de muestras para la obtención de peso seco.



Figura No. 16 Muestras en el horno para la determinación del peso seco de las plántulas.