

**MANEJO POSCOSECHA DE SEMILLA DE PAPAYA
(*Carica papaya*) VARIEDAD GOLDEN (HAWAIANA)**

JULIO CÉSAR GARCÍA DEAN

T E S I S

**Presentada como requisito parcial para
obtener el grado de:**

**MAESTRO EN TECNOLOGÍA
DE GRANOS Y SEMILLAS**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Marzo de 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIRECCIÓN DE POSTGRADO

MANEJO POSCOSECHA DE SEMILLA DE PAPAYA
(*Carica papaya*) VARIEDAD GOLDEN (HAWAIANA)

TESIS

POR:

JULIO CÉSAR GARCÍA DEAN

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada
como requisito parcial para optar al grado de:

MAESTRO EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

C O M I T É P A R T I C U L A R

Asesor principal:

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Asesor:

M.C. María Alejandra Torres Tapia

Asesor:

Dr. Sergio Ignacio Dávila Cabello

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director de Posgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Marzo de 2009.

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS**: Por darme la vida y la salud necesaria para poder lograr uno de mis sueños más anhelados, y por darme los padres más maravillosos del mundo.

A mi “Alma Terra Mater”, la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”**, por brindarme la oportunidad de ser parte de ella y formarme profesionalmente.

A todos los maestros y personal del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) por los conocimientos compartidos durante mi estancia en la maestría, que contribuyeron en mi formación profesional.

Al **Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo**, por concederme la oportunidad de realizar esta investigación, por sus conocimientos brindados que enriquecieron y sacaron adelante este trabajo, además de su amistad y confianza brindada. Gracias.

A la **M.C. María Alejandra Torres Tapia**, por su asesoría y útiles sugerencias en la elaboración de este trabajo. Gracias.

Al **Dr. Sergio Ignacio Dávila Cabello**, por el apoyo brindado en la elaboración de este trabajo de investigación. Gracias.

Al **Ing. René A. De la Cruz Rodríguez**, por brindarme su amistad y por haber proporcionado parte de los materiales utilizados en esta investigación y por las sugerencias y conocimientos otorgados.

Al **M.P. Antonio Flores Naveda**, por su gran apoyo brindado en la traducción.

A la **T.L.Q. Sandra Luz García Valdez**, encargada de laboratorio, por su apoyo y experiencias compartidas durante mi estancia en la maestría.

A la **T.A. Martina De la Cruz Casillas**, por su gran apoyo otorgado para la realización de este trabajo de investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**) por todo el apoyo otorgado para lograr una meta más en mi vida.

A la **Empresa Semillas del Caribe S.A. de C.V.** por haber proporcionado el material genético requerido en este trabajo de investigación.

A mis compañeros de generación: **Silvia, Rosi, Pavel, Bey, Layner y Antonio**, a todos ellos por la amistad que siempre ha existido entre nosotros y por todos esos momentos tan felices que hemos compartido.

DEDICATORIAS

A mis padres: **Jorge Saúl García Escandón y Neri Dean Sánchez**, porque gracias a su cariño, guía y apoyo he llagado a realizar uno de los anhelos más grandes de mi vida, fruto del inmenso apoyo, amor y confianza que en mí se depositó y con los cuales he logrado terminar mis estudios profesionales que constituyen el legado más grande que pudiera recibir y por lo cual les viviré eternamente agradecido.

A mis hermanitas: **Edith Guadalupe, Marli Arilu y Cruz Georgina**, a quines con mucho cariño y amor al igual que mis padres me dieron su amor, confianza y sus consejos en todo momento, les dedico esta meta alcanzada por ser las personas más importantes y con quienes he compartido momentos de alegría y tristeza en el trayecto de mi vida.

A mi sobrino **Jorge Daniel** por ser la personita que llena de felicidad nuestro hogar.

A mi esposa **Elvira Velázquez Velázquez** por ser mi compañera de toda la vida, por compartir días de tristezas y alegrías, por contar contigo en todo momento, por tu apoyo y amor que me demuestras cada día.

A mis suegros: **Cecilio y Amandina**, por permitirme ser parte de su familia, por toda la confianza y apoyo que me han brindado y por sus consejos llenos de sabiduría que han sido de mucha importancia para salir adelante.

A mis cuñados: **Miguel Ángel, Gilberto, Caralampio y Cecilia**, por aceptarme y recibirme en su casa, por hacerme parte de su familia y compartir gratos momentos.

COMPENDIO

MANEJO POSCOSECHA DE SEMILLA DE PAPAYA

(*Carica papaya*) VARIEDAD GOLDEN (HAWAIANA)

POR

JULIO CÉSAR GARCÍA DEAN

MAESTRÍA

TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA GRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA SALTILLO, COAHUILA. MARZO 2009.

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo – Asesor –

Palabras clave: *Carica papaya*, semilla, poscosecha, métodos de extracción, germinación, longevidad.

Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron: Evaluar seis tratamientos de semilla para romper la latencia presente en la semilla de papaya (*carica papaya*) extraída bajo el método convencional, evaluar seis métodos de extracción de semilla de papaya y sus efectos en la calidad

fisiológica, conocer la longevidad de la semilla de papaya extraída bajo diferentes métodos de extracción y almacenada bajo condiciones de refrigeración durante 240 días, así como, evaluar el efecto de productos orgánicos sobre la germinación de la semilla de papaya almacenada durante 240 días bajo condiciones de refrigeración. El material genético que se utilizó fueron frutos de papaya de la variedad Golden (Hawaina) proporcionada por la empresa de Semillas del Caribe, Especialistas en Papayas, S.A. de C.V. de Guadalajara Jalisco, la investigación se llevo acabo en dos etapas "A y B". Para el análisis de resultados en la etapa "A" se utilizó un diseño completamente al azar, y en la etapa "B" se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial. Los resultados en la etapa "A" mostraron que la semilla de papaya logró tener germinaciones de 94 y 89 % al ser sometida a imbibición por dos horas con AG_3 a 300 y 600 ppm. En lo que respecta a las características físicas de la semilla evaluadas en la etapa B, únicamente se encontraron diferencias estadísticas en las variables de (Peso volumétrico inicial y final) la extracción a base de HCl al 0.3 % sobresalió ante el resto de las extracciones en estudio. En almacenamiento, la germinación más alta fue para la extracción a base de HCl al 0.3 %, con un 93.3 %. Después de los 180 días de almacenamiento la semilla tiende a deteriorarse en la mayoría de las extracciones, sin embargo, la extracción con HCl al 0.3 % se mantiene con el mismo porcentaje hasta los 240 días. Para el caso del vigor, las extracciones a base de HCl al 0.3 % y fermentación por 24 y 72 horas fueron superiores al resto de las extracciones, sin embargo, la semilla obtenida en los diferentes métodos de extracción tienen un comportamiento muy semejante, ya que estas van disminuyendo sus vigor

conforme se prolonga el tiempo de almacenamiento, pero en el caso de la extracción a base de HCl al 0.3 %, fermentación por 24 y 72 horas, el deterioro es más lento a través del tiempo. En la evaluación de productos orgánicos en la germinación los resultados demostraron que el tratamiento a base de extracto orgánico concentrado a 0.4 gr/150 semillas en la germinación superó al resto de los tratamientos con 89.16 %, los métodos de extracción tuvieron efecto sobre la respuestas de los tratamientos, los resultados demuestran que los tratamientos a base de AG₃ a 300 ppm y extracto orgánico concentrado a 0.4 grs reflejaron los mejores resultados en todas las variables al interactuar con las extracciones a base de HCL 0.5%, H₂SO₄ al 0.3% y NaClO al 5%.

ABSTRACT

HANDLING OF POSTHARVEST OF PAPAYA SEED

(*Carica papaya*) GOLDEN VARIETY (HAWAIANA)

BY

JULIO CÉSAR GARCÍA DEAN

MASTER

GRAIN AND SEED TECHNOLOGY

ANTONIO NARRO AGRICULTURAL AUTONOMOUS UNIVERSITY

BUENAVISTA SALTILLO, COAHUILA. MARZO 2009.

Ph.D. Mario Ernesto Vázquez Badillo – asesor –

Key words: *Carica papaya*, seed, postharvest, methods of extraction, germination, storage.

The purposes of the present work of investigation were: to evaluate six treatments of seed to break the present latency in the seed of papaya (*Carica papaya*) extracted under the conventional method, to evaluate six methods of extraction of papaya seed and their effects in the physiological quality, to know

the longevity the seed of papaya extracted under different methods of extraction and stored under conditions of refrigeration during 240 days, as well as, to evaluate the organic product effect on the germination of seed of papaya stored during 240 days under conditions of refrigeration. The genetic material that was used were fruits of papaya of the Golden variety (Hawaiiana) provided by the company Semillas del Caribe, Specialistic in Papayas, S.A. de C.V. of Guadalajara Jalisco, the work of investigation It was carried in two stages "A and B". For the analysis of results in the stage "A" was used a design completely at random and in the stage "B" was used a design completely at random with bifactorial adjustment. The results in the stage "A" showed that the papaya seed profit to have germinations of 94 and 89 % to have been submissive imbibicion for two hours with AG_3 in 300 and 600 ppm. With regard to the physical typical of the seeds evaluated in the stage B, unique statistical differences in the variables (initial and final volumetric weight) the extraction with HCl to 0.3 % protruded the rest of the extractions in study. In storage the high germination was for the extraction with HCl to 0.3 % with 93.3 %. After the 180 days of storage the seed tends to deteriorate in the majority of the extractions, however, the extraction with HCl to 0.3 % stays with the same percentage until the 240 days. For the case of vigor, the extractions with HCl to 0.3 % and fermentation, by 24 and 72 hours were superiors to the rest of the extractions, nevertheless, the seed obtained in the different methods of extraction have a very similar behavior, since these are diminishing their vigor as extends the time of storage, but in the case of the extraction with HCl to 0.3 %, fermentation by 24 and 72 hours, the deterioration is more slow through of the time. In the organic product

evaluation in the germination the results demonstrated that the treatment with organic extract concentrate to 0.4 gr/150 seeds in the germination surpass to the rest of the treatments with 89.16 %, the extraction methods had effect on the answers of the treatments with AG₃ to 300 ppm and organic extract concentrate to 0.4 grs showed the best results in all the variables to interact with the extraction with HCl 0.5 %, H₂SO₄ to 0.3 % and NaClO to 5 %.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS -----	x
ÍNDICE DE FIGURAS -----	xii
INTRODUCCIÓN -----	1
Objetivos -----	4
Hipótesis-----	4
REVISIÓN DE LITERATURA-----	6
Semilla -----	6
Semilla de papaya -----	7
Semilla de calidad-----	7
Extracción de semillas -----	9
Acondicionamiento y/o beneficio de semillas -----	10
Germinación-----	11
Factores que afectan la germinación -----	12
Latencia-----	12
Tipos de latencia-----	12
Tratamientos para eliminar la latencia -----	17
Germinación de semilla de papaya-----	19
Almacenamiento de semillas -----	22
Deterioro de semillas -----	23
MATERIALES Y MÉTODOS-----	26
Material experimental -----	26
Tratamientos para romper latencia -----	29

Etapa “B” -----	29
Métodos de extracción de la semilla -----	30
Almacenamiento de semillas -----	32
Evaluación de productos orgánicos en la germinación -----	32
Parámetros Evaluados -----	34
Diseño Experimental -----	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	44
Rompimiento de latencia-----	44
Características físicas de fruto -----	47
Características físicas de la semilla -----	47
Calidad fisiológica de la semilla -----	50
Almacenamiento -----	58
Evaluación de productos orgánicos en la germinación -----	64
DISCUSIONES -----	74
CONCLUSIONES -----	77
RESUMEN -----	78
LITERATURA CITADA -----	80

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
3.1. Tratamientos utilizados para promover la germinación en semilla de papaya Hawaiana.....	29
3.2. Metodos de extracción semillas de papaya variedad Golden (Hawaina) con sus respectivas concentraciones.....	31
3.3. Tratamientos utilizados para promover la germinación en semilla de papaya Hawaina variedad Golden almacenadas por 240 días bajo refrigeración.....	33
4.1. Cuadrados medios, significancia y comparación de medias de las variables evaluadas de semilla de papaya (<i>Carica papaya</i> L.).....	46
4.2. Media general de las características físicas de los frutos de papaya Hawaiana variedad Golden.....	47
4.3. Cuadrados medios, significancia, y comparación de medias de las variables de calidad física en seis métodos de extracción de semilla Hawaiana variedad Golden.....	50
4.4. Cuadrados medios, significancia y comparación de medias de las variables de calidad fisiológica en seis métodos de extracción de semilla de papaya Hawaiana variedad Golden evaluadas en laboratorio.....	52

4.5.	Cuadrados medios, significancia y comparación de medias de las variables evaluadas en semilla de papaya hawaiana variedad Golden obtenida con diferentes métodos de extracción y almacenada bajo refrigeración.....	59
4.6	Cuadrados medios, significancia y comparación de medias de las variables evaluadas en semillas de papaya tratadas con producto orgánico en la semilla de papaya hawaiana Cv golden, obtenida con diferentes métodos de extracción y almacenada durante ocho meses bajo condiciones de refrigeración.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Cuadro		Página
4.1.	Porcentaje de plántulas normales en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada y clasificada por peso.....	54
4.2.	Porcentaje de plántulas anormales en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada y clasificada por peso.....	55
4.3.	Longitud media de hipocotilo en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada y clasificada por peso.....	56
4.4.	Longitud media de raíz en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada clasificada por peso.....	57
4.5.	Peso seco por plántula en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada y clasificada por peso.....	58
4.6.	Porcentaje de germinación en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada durante 240 días bajo refrigeración.....	61
4.7.	Longitud media de hipocotilo en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada durante 240 días bajo refrigeración.....	62

4.8.	Longitud media de raíz en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada durante 240 días bajo refrigeración.....	63
4.9.	Peso seco por plántula en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada durante 240 días bajo refrigeración.....	64
4.10.	Porcentaje de germinación en semilla de papaya hawaiana.Cv. Golden tratada con productos orgánicos.....	67
4.11.	longitud media de hipocotilo en semilla de papaya hawaiana Cv. Golden tratada con productos orgánicos.....	68
4.12.	Longitud media de raíz en semilla de papaya hawaiana Cv. Golden tratada con productos orgánicos.....	69
4.13.	Peso Fresco de Hipocotilo en semilla de papaya hawaiana Cv. Golden tratada con productos orgánicos.....	70
4.14.	Peso fresco de raíz en semilla de papaya hawaiana Cv. Golden tratada con productos orgánicos.....	71
4.15.	Peso seco de hipocotilo en semilla de papaya hawaiana Cv. Golden tratada con productos orgánicos.....	72
4.16.	Peso seco de raíz en semilla de papaya hawaiana Cv. Golden tratada con productos orgánicos.....	73

INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya L.*) es una fruta tropical que en los últimos cinco años ha tenido un crecimiento significativo en las zonas costeras de México. Existen diversas opiniones referentes al centro de origen de esta planta; sin embargo, la mayoría de los investigadores coinciden en señalar a Centroamérica y al sur de México como el lugar donde se originó esta especie. En la actualidad, los taxónomos y botánicos no se han puesto de acuerdo en que la semilla se considera ortodoxa o recalcitrante, esto es debido a la dificultad que presenta la semilla y su manejo de poscosecha, el cual es poco documentado.

El papayo es uno de los cultivos alimenticios más importantes en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, el cual se explota en plantaciones comerciales o en huertos familiares.

Entre los principales países productores destacan: Brasil, México, Nigeria, India e Indonesia, ocupando México el segundo lugar a nivel mundial de producción en el año 2003, con 955,694 TM; en superficie cosechada ocupa el cuarto lugar con 26,327 ha y es el primer lugar como país exportador de fruta

con 74,814 TM. Los principales estados productores son: Michoacán, Oaxaca, Jalisco, Nayarit, Veracruz, Yucatán y Chiapas, aunque se siembra en 22 de los 31 estados de la república.

El método más práctico y comercial del cultivo de papaya es mediante el uso de semilla sexual que se establecen en viveros. En la actualidad, la mayoría de las empresas dedicadas a la producción de semillas de papaya utilizan métodos de extracción para separar el mucílago de las semillas, como es el manual, mecánico, químico y fermentación; aunque este último es considerado junto con el asoleado los métodos rústicos de extracción, ya que requieren de un tiempo de dos o tres días de fermentación, y de dos a tres horas en el asoleadero, produciendo como consecuencia un olor desagradable, mala apariencia en las semillas y su afectación en su viabilidad.

En cuestión de semillas, México está iniciando los primeros pasos en la producción de semilla, donde pocas empresas dedicadas a la comercialización están enfocándose a esta actividad, sin embargo existe gran desconocimiento en esta área, ya que hay factores que limitan la producción, principalmente relacionada a la poscosecha, ya que hay poca información relacionada con la selección y colecta del fruto, extracción, acondicionamiento y almacenamiento de semilla, ya que la información disponible es escasa; además de esto, se le agrega el tipo de floración del cultivo con diferente proporción de hembras, machos y hermafroditas, lo que dificulta la producción y comercialización de semillas entre los productores de este cultivo.

Por lo anterior, la empresa Semillas del Caribe, S.A. de C.V. ubicada en Guadalajara, Jalisco, México, especialistas en el cultivo de papaya, empresa que inició la comercialización de semilla de papaya certificada en el año de 1994, con el objetivo de buscar la adaptación y el desarrollo del cultivo en México, se ha preocupado por un adecuado proceso de poscosecha de semillas con la finalidad de ofrecer semillas de alta calidad, sin embargo, debido a la falta de información relacionada a las técnicas de extracción y manejo de poscosecha de semillas, ha enfrentado una problemática en este rubro, lo que ha significado una reducción y comercialización de semillas.

Debido a lo anterior, semillas del Caribe S.A. de C.V. en coordinación con el Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) han planteado el siguiente trabajo de investigación con la finalidad de generar información que coadyuve a mejorar los procesos de poscosecha de semilla, planteándose así cuatro objetivos.

Objetivos

- Evaluar seis tratamientos de semilla para romper la latencia presente en la semilla de papaya (*carica papaya*) extraída bajo el método convencional.
- Evaluar seis métodos de extracción de semilla de papaya (*Carica Papaya*) y sus efectos en la calidad fisiológica.
- Conocer la longevidad de la semilla de papaya (*carica papaya*) extraída bajo diferentes métodos de extracción y almacenada bajo condiciones de refrigeración durante 240 días.
- Evaluar el efecto de productos orgánicos sobre la germinación de la semilla de papaya (*Carica papaya*) almacenada durante 240 días bajo condiciones de refrigeración.

Hipótesis

- Al menos uno de los tratamientos aplicados a la semilla romperá la latencia presente en la semilla de papaya.
- Al menos uno de los métodos de extracción no afecta la calidad fisiológica de la semilla de papaya.
- Los métodos de extracción tendrán una respuesta diferente en la longevidad de la semilla de papaya durante el almacenamiento.

- Al menos unos de los tratamientos orgánicos tendrá efecto sobre la germinación de semilla de papaya.

REVISION DE LITERATURA

Semilla

Moreno (1996), menciona que en términos agronómicos y comerciales se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas (unidad semilla) que se emplean en las siembras agrícolas. Desde el punto de vista de la Botánica, una semilla verdadera es un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutricional y protegido por el episperma. En cambio Camacho (1994) define a la semilla en un sentido Botánico estricto, como un óvulo fecundado, independiente de la planta madre, que ha madurado hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica para originar un nuevo vegetal.

Para Villareal (1993), la semilla es el ovulo maduro y fertilizado, el cual lo conforman las siguientes partes. Una cubierta o testa que protege las partes internas, el endospermo o tejido de reserva del alimento, que en muchas semillas rodea a los cotiledones y al embrión.

Por su parte, Bidwell (1993) considera que la semilla es una estructura en reposo. Por lo regular está sumamente deshidratada, compuesta principalmente de tejido de reserva y rodeada por una cubierta esencialmente impermeable. Los procesos metabólicos están suspendidos o tienen lugar muy lentamente; La semilla está en una condición de vida interrumpida, debido principalmente a su carencia de agua y oxígeno.

Semilla de papaya

Ferwerda (1987) menciona que la semilla es de color negro, contiene un embrión pequeño, aplanado lateralmente y rodeado por endospermo, así como una cubierta formada por una endotesta dura y de una sarcotesta traslúcida que contiene un fluido delgado mucilaginoso.

Semilla de calidad

Jara (1993) menciona que en la agricultura moderna, gran parte del éxito productivo y económico de un cultivo comercial y de uno destinado a la producción de semilla fundamentalmente depende del uso de una semilla de alta calidad. De ahí, la importancia de evaluar periódicamente la calidad de la semilla mediante ensayos en el laboratorio, que permitan que la semilla llegue al agricultor con la información real y confiable de la calidad que contiene.

Bustamante (1982), indica que la calidad de las semillas está dada por cuatro componentes: calidad genética, fisiológica, sanitaria y física.

Flores (2004), dice que el componente genético es el resultado del trabajo del fitomejoramiento a la variedad, que se expresa en mayor rendimiento, mayor resistencia a plagas y enfermedades, mayor uniformidad, rango de adaptación, calidad específica en sus productos, entre otros.

Moreno (1996), menciona que la pureza física, pureza varietal, poder germinativo, el vigor, la sanidad y el contenido de humedad definen la calidad de las semillas.

La obtención de semillas de alta calidad juega un papel determinante en el desarrollo y producción de las plantas y en el rendimiento final del cultivo. Esto ha llevado que diferentes instituciones e investigadores presten una atención especial al desarrollo de esta actividad dentro del sector agrícola. Sin embargo, en cuestión de semillas de papaya es muy escasa la información disponible, principalmente en el área de poscosecha, lo que conlleva a que sean muy pocas las empresas dedicadas a la producción y comercialización de semilla que garantice un alto valor genético, físico, fisiológico y sanitario para un buen establecimiento de plantas en campo, ya que en todo cultivo es imprescindible tener en cuenta la calidad de la semilla para el éxito del mismo.

Lesbel *et al.* (2000) menciona que para obtener semilla certificada en papaya, los frutos seleccionados deben proceder de plantas hermafroditas con buen rendimiento, calidad del fruto y tolerancia a plagas y enfermedades. Por su parte, Rafael (2004) recomienda que deben seleccionarse plantas fuertes y vigorosas, de porte bajo, libres de plagas y enfermedades que hayan iniciado la producción de flores a partir de los primeros 60 centímetros de altura del tallo de la planta.

José (2002), menciona que para seleccionar las plantas para la producción de semillas, lo primero que se debe hacer es localizar una plantación o plantas uniformes, de buen rendimiento, sanidad, vigor y características de crecimiento; tales como uniformidad en el tamaño y forma de los frutos, uniformidad de la producción, inicio de la floración a baja altura y con predominancia del sexo hermafrodita, las plantas no deben tener fruta

con deformidades originadas en las flores. Todas estas características deben ser idóneas, pues son heredables.

Guillermo (1998), quien coincide con Lesbel *et al.* (2000) explica que al obtener semilla de frutos provenientes de cruzamientos entre plantas hermafroditas se logra el 67 por ciento de plantas hermafroditas y 33 por ciento de plantas femeninas, por otro lado, selecciones de semillas provenientes de cruza hermafroditas con femeninas producen en su descendencia 50 por ciento hermafroditas y 50 por ciento femeninas, con la desventaja de que las femeninas representan un volumen elevado de frutas "bomba", forma no demandada por el comercio.

Extracción de semillas

Lesbel *et al.* (2000) reportan que la obtención de semillas en papaya asegura un mayor porcentaje de germinación en frutos no completamente maduros que en frutos completamente maduros y se extraen las semillas situadas en la parte central del mismo, eliminando las del principio y final del fruto. Por su parte José (2002), menciona que en papaya, las semillas alcanzan su madurez cuando el fruto también está maduro. Las semillas se concentran en el saco seminal y cada una de esta, está rodeada de un tejido mucilaginoso llamado sarcotesta.

Para la obtención de semillas en frutos carnosos se han practicado diferentes técnicas de extracción de semillas, como son: extracción manual, extracción mecánica, extracción por acción de agentes químicos y extracción por fermentación.

Moreira y Joao (1983), menciona que la extracción se realiza en forma manual en caso de que sean pequeñas cantidades de frutos o por inexistencia de equipo apropiado, ya que este método trae bajo rendimiento y es muy tardado y se requiere de mano de obra abundante. Por otro lado la extracción manual asegura mejores cualidades de las semillas a razón de la reducida incidencia de daños mecánicos. El mismo autor señala que la extracción de semillas se puede realizar con el auxilio de equipo mecánico que es utilizado para grandes volúmenes de frutos, tales como: tomate, pimiento, berenjena, pepino, etc.

Ríos (1996) evaluó métodos de extracción y calidad de semilla de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot), donde determinó que el método de extracción con NaOH, HCl y H₂SO₄ permitieron obtener la mejor apariencia física en las semillas sin que la semilla llegara a decolorarse, de igual manera, el mismo autor determinó que al incrementar el tiempo de extracción con y sin agua de 24 a 48 hrs, la germinación y el vigor de las semillas fueron afectadas.

Acondicionamiento y/o Beneficio de Semillas

Facio (1983) define el acondicionamiento de semillas como el proceso mediante el cual son sometidos los lotes de semillas para mejorarlos físicamente, para darles protección adecuada, tanto en el almacén como en los primeros días de campo.

Flores (2004) explica que el beneficio o acondicionamiento de semillas consiste en una serie de operaciones que se realizan en una planta y almacén de semillas, encaminadas a mejorar físicamente la semilla, darle

protección adecuada y envasarla para su fácil manipuleo y transporte. Por su parte, Dávila (1985) menciona que el proceso de acondicionamiento de semillas se realiza con la finalidad de obtener la mejor calidad posible y poder cumplir con las leyes y normas de producción establecidas para el mercado de semillas.

Germinación

Moreno (1996), define la germinación como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables. Por su parte Camacho (1994), menciona que la germinación es el proceso mediante el cual un embrión adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que la convertirán en una planta adulta. Mientras que Ruiz *et al.* (1979) llaman a la germinación como el fenómeno por el cual el embrión pasa del estado de vida latente en que se encuentra en la semilla a un estado de vida activa. En otras palabras, es el desarrollo y transformación del embrión en una nueva y pequeña planta. Los mismos autores mencionan que las semillas maduras, el embrión se encuentran en estado latente, durante el cual sus células no se reproducen, y apenas si efectúan la respiración y la nutrición. Pero tan pronto como la semilla se encuentra en condiciones propicias a la germinación, dichas células comienzan una vida muy activa.

Factores que afectan la germinación

Ruiz *et al.* (1979), menciona que para que una semilla germine y origine una nueva planta, son necesarias diversas condiciones que se pueden agrupar en dos clases: condiciones intrínsecas y condiciones extrínsecas. Las condiciones intrínsecas o internas, son las que se refieren a la semilla misma, siendo tres las principales: 1) que la semilla este normalmente constituida, 2) que la semilla este madura y 3) que el embrión se encuentre vivo. Las condiciones extrínsecas o externas son las que debe poseer el medio ambiente en el cual va a germinar la semilla. Tres son las principales: el aire, el agua y la temperatura.

Latencia

Moreno (1996) denomina semilla latente a las semillas viables (diferente de las semillas duras) que no germinan aun cuando estén bajo las condiciones que se especifican para dicha especie. Por su parte Flores (2004) explica que la latencia se entiende como la capacidad de la semilla para retrasar su germinación hasta el tiempo y lugar propicio y representa un importante mecanismo de sobrevivencia de la planta.

Tipos de latencia

La Universidad Politécnica de Valencia (UPV) (2003) reportan que los factores responsables de la latencia (latencia innata) son muy diversos, pero podemos agruparlos en tres grupos: exógena, endógena y latencia combinada.

Latencia exógena. Las semillas que presentan este tipo de latencia tienen un retraso en la germinación y es debido a propiedades físicas y químicas de las cubiertas seminales, por lo que podríamos denominarla “latencia impuesta por las cubiertas seminales”. En este caso el embrión aislado puede germinar con normalidad. En este sentido, Jiménez (1984) menciona que los mecanismos que actúan en la latencia impuesta por las cubiertas seminales pueden ser:

Testas impermeables. La presentan aquellas semillas que tienen capas exteriores, las cuales no permiten la penetración del agua a su interior, probablemente debido a la presencia de sustancias hidrofobitas en la semilla. A estas generalmente se les conoce como semillas duras. Cabe hacer notar que el embrión no está latente en esta situación.

Moreno (1996) quien coincide con Holman y Robbins (1982), dice que las semillas duras son aquellas que permanecen duras al final de la prueba de germinación, ya que no absorben agua porque tienen cubierta impermeable.

Impermeabilidad al aire. En este tipo de semillas, el embrión no se encuentra latente, su falta de germinación se debe a la imposibilidad de las membranas de pericarpio, cubierta o paredes celulares para el intercambio gaseoso. Es considerado como el mecanismo principal de latencia en semillas de algunas gramíneas y algunas compuestas (Jiménez, 1984). Para este tipo de latencia Holman y Robbins (1982) mencionan que los tejidos que rodean al embrión pueden evitar la libre entrada de oxígeno, y quizá

también la salida de bióxido de carbono, no siendo raro que esta inhibición del cambio gaseoso retarde o evite el crecimiento del embrión.

Latencia mecánica. Es aquella que presentan semillas cuyas cubiertas son demasiado gruesas y no permiten la expansión del embrión durante el proceso de germinación. Este tipo de latencia es menos frecuente, sin embargo, la podemos encontrar en nogal, durazno y chabacano (Jiménez, 1984).

Presencia de inhibidores. La presencia de inhibidores en las cubiertas seminales es el causante de que especies tropicales y subtropicales no puedan germinar en las estaciones secas. La naturaleza química de los inhibidores es muy variada, pero principalmente compuestos fenólicos. La eliminación manual de la cubierta o la lixiviación de los frutos es suficiente para que se inicie la germinación. En condiciones naturales esto ocurre durante las estaciones lluviosas.

Latencia endógena. La latencia endógena viene determinada por características anatómicas, morfológicas y fisiológicas del propio embrión (Latencia embrionaria). En este caso, el embrión es durmiente en sí mismo, y es incapaz de germinar, incluso si es aislado de la semilla y colocado en condiciones favorables. Este tipo de latencia sólo puede eliminarse cuando existan factores que puedan provocar cambios en las características anteriores, tales como la estratificación a ciertas temperaturas, condiciones de iluminación, administración de sustancias de crecimiento, etc. Podemos distinguir tres tipos de latencia endógena, dependiendo de la característica

que provoque tal latencia: morfológica, fisiológica y morfofisiológica (U.P.V., 2003).

Latencia morfológica: Este tipo de latencia puede ser debida a la presencia de un embrión rudimentario, cuando éste apenas es un proembrión que no alcanzó a desarrollarse y no presenta estructuras bien definidas; o bien, a la presencia de un embrión inmaduro, el cual podemos encontrar en forma de torpedo y no llena la cavidad de la semilla totalmente. En el primer caso, es común encontrarla en especies ornamentales como *Anemona*, *Ranunculos*, *Poppy* y *Gin seng*; mientras que en el segundo caso, la localizamos en zanahoria, anona, rododendro, orquideas, palma y actinidia, entre otras (Jiménez, 1984).

Latencia fisiológica. Se debe a una disminución en la actividad de los embriones. Las semillas que la presentan pueden eliminarla mediante un almacenamiento en sitio seco, con tratamiento, en frío o con tratamiento luminoso.

- **Semillas que necesitan un almacenamiento seco:** Lo presentan la mayoría de los cereales (arroz, cebada, trigo, avena) y algunas variedades de lechuga y trébol. Las semillas así almacenadas van perdiendo paulatinamente la latencia y van adquiriendo la capacidad de germinar al colocarlas en condiciones adecuadas.
- **Semillas con un requerimiento de frío.** Algunas especies que necesitan pasar un período frío son: *Corylus avellana* (avellano), *Fagus sylvatica* (haya), *Fraxinus excelsior* (fresno), *Betula sp.* (abedul), *Pinus sp.* (pino), *Malus sp.* (manzano), *Rosa sp.* (rosa),

etc. Estas semillas si se siembran en otoño y quedan expuestas al frío invernal germinará a la primavera siguiente. Por ello, la práctica habitual es colocar las semillas embebidas en agua entre capas de arena, y dejarlas así durante el tiempo que sea necesario, la variación se deberá a las especies.

- **Semillas sensibles a la luz.** Existe un reducido número de especies en las que la germinación es inhibida por la luz (*Nemophilla insignis*, *Phacelia tanacetifolia*, *Lythrum salicaria* y *Phlox drumondii*). Para que estas semillas respondan a la luz han de estar embebidas en agua y percibir un corto período de iluminación. Además, las temperaturas elevadas también les afectan. El almacenamiento en sitio seco permite que al cabo de un cierto tiempo las semillas germinen en oscuridad completa. Parece ser que el fitocromo juega un papel decisivo en la respuesta de las semillas a la luz, tanto en las que la germinación es inhibida como estimulada (reversión rojo/rojo lejano). El fitocromo suministra un sensor luminoso que contribuye a desencadenar todo el proceso de la germinación cuando la semilla se encuentra muy cerca o en la superficie del suelo.

Latencia morfofisiológica. Es una combinación de las dos anteriores. Suele darse una inmadurez embrionaria con algún problema fisiológico, como ocurre en semillas de *Viburnum Opalus*. Estas semillas germinan a temperaturas cálidas y es el hipocótilo el que presenta la

latencia; pero sólo reanudan el crecimiento cuando la plántula, con un sistema radicular desarrollado, es sometida a un tratamiento en frío.

Latencia combinada. Generalmente, en la mayoría de los casos, las semillas presentan una latencia combinada, es decir, una combinación de latencia endógena y exógena. Así, en semillas de *Tilia* (tilo), por ejemplo, la latencia fisiológica está asociada con una impermeabilidad al agua de las cubiertas seminales. En otros casos, hay una asociación entre endocarpo duro y latencia fisiológica como en *Crataegus* (majuelo), *Cornus* (cornejo) y *Rosa* (rosa) (U.P.V., 2003).

Tratamientos para eliminar la latencia

Patiño *et al.* (1983), quienes coinciden con Hartmann y Kester (1988), recomiendan los siguientes tratamientos para eliminar la latencia:

a) Estratificación

Consiste en colocar las semillas embebidas de agua, en capas o estratos húmedos, usando como sustrato arena. El período de estratificación varía según la especie. Se utiliza para superar latencias provenientes del embrión.

- Cálida. Si la estratificación se realiza a temperaturas altas (22 a 30 °C).
- Fría. Si la estratificación se realiza a temperaturas bajas (0 a 10 °C).

En el vivero también se puede estratificar empleando el mismo suelo o algún otro sustrato húmedo. La estratificación fría se realiza en invierno y la cálida en verano.

b) Escarificación

Es cualquier proceso de romper, rayar, alterar mecánicamente o ablandar las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases.

- Mecánica. Consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo. Si es a gran escala se utilizan maquinas especiales como tambores giratorios recubiertos en su interior con papel lija, o combinados con arena gruesa o grava.
- Con agua caliente. Se colocan las semillas en un recipiente en una proporción de 4 a 5 veces su volumen de agua caliente a temperatura entre 77 y 100 °C. De inmediato se retira la fuente de calor y las semillas se dejan remojar durante 12 a 24 horas en el agua que se va enfriando gradualmente. Las semillas se deben sembrar inmediatamente después del tratamiento.
- Con ácido. Las semillas secas se colocan en recipientes no metálicos y se cubren con ácido sulfúrico concentrado 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.

c) Lixiviación

El propósito es remover los inhibidores remojando las semillas en agua corriente o cambiándoles el agua con frecuencia. El tiempo de lixiviación es de 12 a 24 horas.

d) Combinación de tratamientos

Se utiliza en semillas de especies que tienen más de un tipo de letargo.

e) Hormonas y otros estimulantes químicos

Existen compuestos que sirven para estimular la germinación, entre los más usados están: nitrato de potasio, tiourea, etileno, ácido giberélico (GA₃), citocininas, entre otros. Todo este tipo de sustancias se emplean a diferentes concentraciones y tiempos de remojo, dependiendo de la especie de que se trate.

En papaya, Semillas del Caribe (2003) recomiendan el método de pre-germinado, donde las semillas se ponen a remojar con agua limpia de pH neutro por 2 o 3 días, eliminando aquellas semillas que flotan, al terminar el periodo de remojo, se elimina el agua y se aplica un estimulador de la germinación Biozyme pp 1 gr/100 grs. semilla ó Agromil S a 1cc. para 500 gr. de semilla (auxinas, citocininas y giberelinas). Posteriormente las semillas se colocan entre jergas ó franelas a temperaturas de 35 °C.

Germinación de Semilla Papaya

Mirafuentes (1995), menciona que en la semilla extraída de papaya se le debe de eliminar la sarcotesta, una especie de mucílago que la cubre; de lo contrario la germinación se inhibe. El mucílago se elimina tallando

vigorosamente la semilla después de dos o tres horas de proceso de secado en asoleadero, si la semilla se expone por más horas al sol disminuye su viabilidad rápidamente. También se puede eliminar el mucílago manteniendo la semilla tres días en agua y luego proceder con el tallado. Este método produce un olor desagradable pero no causa daño a la semilla. La semilla secada a la sombra se trata con desinfectantes y pueden conservarse por cuatro meses sin perder la viabilidad.

En un estudio realizado por Antonio (1995), muestra que la adición de AG₃ (ácido giberélico) no tuvo efecto sobre el porcentaje de germinación, mencionando que esto posiblemente se debió a que el tiempo de inmersión de semilla en AG₃ no fue suficiente para que el ácido giberélico penetrara y causara efecto sobre los porcentajes de germinación, ya que el tiempo de inmersión fue de 12 horas, además encontró que al evaluar el efecto de la sarcotesta de la semilla, el porcentaje de germinación de semillas se incrementa a la vez que los porcentajes de germinación se incrementan al secar la semilla al sol, ya que presentaron un 87 por ciento de germinación y la semilla secada a la sombra solo tuvo un 71 por ciento de semilla germinada.

Palanisamy y Ramamoorth (1987), al realizar estudios de germinación en semilla de papaya, extrajo semilla de manera manual y le dio un secado a la sombra durante tres días, aplicándole un tratamiento adicional de diferentes soluciones de AG₃ (100 y 500 ppm) y concluyó que los mejores resultados se obtuvieron al sumergir la semilla en la solución de 100 ppm de

AG₃ durante 20 horas a temperatura ambiente, obteniendo un 98 por ciento de germinación en la semilla tratada.

Neves *et al.* (2000) realizaron un estudio de germinación utilizando semillas provenientes de frutos hermafroditas de dos variedades de papaya (Solo y Formosa) con grado de maduración de un 15 a 25 por ciento de color amarillo. La prueba se realizó con una parte en forma inmediata después de la llegada del fruto y la otra parte se obtuvo después de haber almacenado el fruto durante diez días a temperaturas de 10 y 25 °C, encontrando que las semillas provenientes de frutos de la variedad Solo almacenados por 10 días a 25 °C alcanzaron una mayor germinación (93.5 %) y las semillas provenientes de frutos almacenados a 10 °C el valor máximo de germinación fue de 46.0 por ciento, mientras que el 31.5 por ciento correspondieron a las semillas provenientes de los frutos sin almacenamiento. Para las semillas de la variedad Formosa, los valores de germinación fueron de 91 y 97 por ciento obtenidos de frutos almacenados a 10 y 25 °C respectivamente, seguidos de un 46.5 por ciento correspondiente a las semillas de los frutos sin almacenamiento. Los autores concluyen que el almacenamiento de los frutos por 10 días a 25 °C aumento significativamente la germinación y vigor de las semillas de papaya para ambas variedades.

José (2002) recomienda que antes de la siembra, las semillas deberán permanecer durante dos días en agua limpia para romper su latencia, luego se deben desinfectar por 10 minutos con Manzate (Mancozeb 80%) 2 grs. / lt.

Almacenamiento de Semillas

Semillas del Caribe (2003), menciona que la semilla de papaya es muy sensible a los cambios de temperatura y de humedad, dichos cambios causan una disminución progresiva de la viabilidad y el porcentaje de germinación de la misma, por lo que se debe de conservar el menor tiempo posible bajo las condiciones del medio ambiente prevaleciente.

Hartmann y Kester (1988) opinan que las condiciones de almacenamiento que mantienen la viabilidad de las semillas son aquellas que reducen la respiración y otros procesos metabólicos sin dañar el embrión. La viabilidad de las semillas se ve afectada principalmente por el contenido de humedad de la semilla, la temperatura y la atmósfera de almacenamiento.

Por su parte Duffus y Slaughter (1985) aclaran que, mientras más bajos sean los valores de: temperatura, contenido de humedad de la semilla y disponibilidad de oxígeno, las semillas permanecen viables por más tiempo.

Hartmann y Kester (1988), mencionan que un aumento de la humedad de las semillas puede provocar bastantes problemas durante el almacenamiento. Con un 8 a 9 % de humedad se activan los insectos y se pueden reproducir con un 12 al 14 % de humedad donde se inicia la actividad de los hongos.

De la misma manera Duffus y Slaughter (1985), reportan que cualquiera que sea la semilla y cualesquiera que sean las condiciones de almacenamiento se observa, que la viabilidad de una muestra de semillas

permanece razonablemente estática por un tiempo y después empieza a declinar hasta que ninguna de las semillas germina. Por su parte Serrato (1995), menciona una serie de reglas de almacenamiento, las cuales son:

- El almacenamiento no mejora la calidad de la semilla pues el proceso de deterioro es irreversible.
- La humedad de la semilla es función de la humedad relativa y en menor escala de la temperatura.
- La humedad y la temperatura son en ese orden los factores más importantes del almacenamiento.
- Por cada 1 % que se reduzca la humedad de la semilla se duplica el potencial del almacenamiento en un rango de 4 al 14 %.
- Por cada 5.5 °C que se reduzca la temperatura de la semilla se duplica el potencial de almacenamiento en un rango de 0 a 50 °C.
- Las condiciones frías y secas son las mejores para la gran mayoría de las empresas.
- El potencial de almacenamiento es función de la especie.
- Las semillas dañadas, inmaduras y mal formadas no almacenan bien.

Deterioro de semillas

Flores (2004) quien coincide con Mendoza (1985), asevera que las características que distinguen al fenómeno de deterioro son: es inexorable, irreversible, es mínimo el tiempo en que la semilla alcanza su madurez fisiológica; varía entre especies, lotes de la misma semilla especie e inclusive, varía dentro de semillas individuales de un mismo lote.

Duffus y Slaughter (1985), mencionan que conforme la viabilidad de una muestra de semilla comienza a declinar, ocurren varios cambios en las propiedades más obvias de la muestra. Típicamente, el color de la semilla cambia un poco, y la superficie pierde su lustre natural.

Silva (1993), dice que las manifestaciones del deterioro se presentan con una reducción en el vigor y crecimiento de las plántulas, mayor susceptibilidad al ataque de microorganismos, desuniformidad en la emergencia y, finalmente, reducción en el rendimiento. Además de los síntomas visuales, se sabe que el deterioro es el resultado inicial de alteraciones deletéreas en la fisiología y bioquímica celular.

Flores (2004) menciona que los cambios en el proceso del deterioro de la semilla, medidos algunos por pruebas de crecimiento y otros detectados por análisis bioquímicos son:

- Reducción del rango de respiración.
- Incremento de ácidos grasos.
- Bajo rango de germinación.
- Bajo rango de crecimiento y desarrollo.
- Reducción de la resistencia de la planta al estrés.
- Pérdida de emergencia en campo.
- Incremento de plántulas anormales (laboratorio).
- Pérdida de actividad enzimática.
- Incremento en pérdida de solutos en semilla.
- Reducidos requerimientos de germinación.
- Reducción en rendimiento y almacenaje.

- Decremento en uniformidad.
- Cambio de color y muerte de la semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Producción de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas y en el invernadero número uno de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN); la cual se encuentra ubicada a 25° 22” latitud Norte y 101° 00” longitud Oeste, con una altitud de 1742 m.s.n.m.

Dicho invernadero tiene las siguientes características: es un invernadero tipo capilla; La cubierta es de vidrio, con una luminosidad de 85 a 90%.

Material experimental

El material genético que se utilizó fueron dos lotes de frutos de papaya de la variedad Golden (Hawaiana), proporcionada por la empresa de Semillas del Caribe, Especialistas en Papayas, S.A. de C.V. de Guadalajara Jalisco, de los cuales se obtuvieron las semillas para realizar el presente trabajo de investigación.

El trabajo de investigación se dividió en dos etapas: **A** y **B**, ya que se contaron con frutos provenientes de dos lotes.

En la primera etapa (**A**) se evaluaron siete tratamientos de semilla para romper la latencia presente en la semilla de papaya (*Carica papaya*), para esto, se utilizaron frutos pertenecientes al lote uno, los cuales tenían un grado de madurez del 100%. Para la extracción de la semilla se utilizó el método convencional (fermentación con agua por 72 horas) utilizado por la empresa semillera. La extracción de semillas se obtuvo de los frutos y fueron colocadas en recipientes con agua y fermentadas por 72 horas, una vez transcurrido el tiempo de reposo se procedió a lavar las semillas con agua de la llave, frotándola con las manos para eliminar el mucilago de la semilla. Posteriormente se procedió a secar las semillas bajo condiciones de laboratorio, extendiéndolas uniformemente sobre papel a temperatura ambiente de 25 °C y HR de 40 % aproximadamente, todo ello con el propósito de reducir la humedad de la semilla al seis por ciento. Posterior al secado, la semilla se sometió a un proceso de acondicionamiento, para lo cual se utilizó el método del soplado (Everson *et al.* (1965), utilizando el soplador "South Dakota". Cabe señalar que se realizaron pruebas de aberturas de flujos de aire para determinar el 100% de semilla pura, una vez determinada la abertura de flujo de aire se realizó la separación satisfactoria de la muestra, ésta consistió en colocar en el contenedor inferior del tubo del soplador la muestra de semillas y se procedió a separarla al activar el soplador, abriendo lentamente el flujo de aire hasta la medida de abertura predeterminada de 4.5 cm, provocando que las impurezas por el peso se elevaran y depositarán en los contenedores superiores, quedando en el contenedor inferior la semilla pura, la cual se utilizó en el estudio.

Tratamientos para romper latencia

Una vez extraída y acondicionada la semilla se evaluaron los tratamientos de semilla para romper la latencia presente en la semilla.

Los tratamientos (Cuadro 3.1) para la inducción de la germinación consistieron en: Ácido giberélico (AG₃) a 300 y 600 ppm, Gibermass a 75 y 100 %, Biozyme a 0.3 y 0.6 gr/lit y agua, en todos los tratamientos la semilla permaneció por dos horas en reposo.

Cuadro 3.1 Tratamientos utilizados para promover la germinación en semilla de papaya Hawaiana.

Tratamientos	
1	Ácido giberélico (AG ₃) a 300 ppm
2	Ácido giberélico (AG ₃) a 600 ppm
3	Gibermass 75 %
4	Gibermass 100 %
5	Biozyme 0.3 gr/lit
6	Biozyme 0.6 gr/lit
7	Agua (testigo)

Una vez que se terminó el proceso de 2 hrs de reposo se procedió a realizar la prueba de germinación estándar, donde se contabilizó las plántulas normales, anormales y semillas sin germinar. Todas las variables fueron evaluadas bajo condiciones de laboratorio.

Etapa “B”

En esta etapa se utilizaron frutos pertenecientes al lote dos, en esta etapa se realizaron tres trabajos que consistieron en: 1) evaluar diferentes métodos de extracción de semilla y su comparación con el método

convencional, 2). Determinar la longevidad de la semilla almacenada bajo condiciones de refrigeración durante 240 días y 3). Evaluar el comportamiento de productos orgánicos en la germinación de la semilla de papaya extraídas bajo diferentes métodos y almacenada bajo condiciones de refrigeración durante 240 días. A continuación se describen la metodología utilizada en cada uno de ellos.

Métodos de Extracción de la Semilla

Se evaluaron seis métodos de extracción de semilla (Cuadro 3.2), donde los frutos se encontraban con un grado de madurez del 90%. Cada fruto se cortó en forma longitudinal, extrayendo las semillas en forma manual. Dentro de cada método de extracción se tomaron cuatro frutos al azar, evaluándose peso del fruto, longitud del fruto, ancho del fruto, diámetro del fruto, número de semillas por fruto y peso de semillas en fresco.

Para la extracción de semilla se utilizaron: 1) ácido clorhídrico (HCl) a concentraciones de 0.3 y 0.5 % durante una hora de reposo, 2) ácido sulfúrico (H₂SO₄) a una concentración de 0.3% por una hora y media de reposo, 3) hipoclorito de sodio (NaClO) al 5 % con media hora de reposo y 4) fermentación por 48 y 72 horas. Una vez transcurrido el tiempo de reposo en cada método, se procedió a lavar las semillas con agua corriente de la llave, tallándole con las manos, con la finalidad de eliminar el mucilago de la semilla. En el Cuadro 3.2 se describen los tratamientos utilizados.

Cuadro 3.2. Métodos de extracción semillas de papaya variedad Golden (Hawaiana) con sus respectivas concentraciones.

Extracción	Solución y concentración	Tiempo
1	HCl 0.3 %	Reposo 1 hrs
2	HCl 0.5 %	Reposo 1 hrs
3	NaClO 5 %	Reposo 30 min.
4	H ₂ SO ₄ 0.3 %	Reposo 1.5 hrs
5	Fermentación	24 hrs
6	Fermentación	72 hrs

Al igual que en la primera etapa, al término del lavado de la semilla (eliminación de mucílago) de cada una de las extracciones, se procedió a secarlas bajo condiciones de laboratorio, extendiéndolas uniformemente sobre papel a temperatura ambiente de 25 °C y HR de 40 % aproximadamente.

La cantidad total de semilla por extracción se dividió en tres partes iguales, con la finalidad de tener tres repeticiones de cada extracción.

La limpieza de la semilla se realizó con un soplador “South Dakota” con una abertura de 4.5 cm (tomando como referencia los resultados obtenidos en la etapa **A**) y se evaluó un análisis de pureza física (limpieza) que consistió en la separación de materia inerte y semilla pura; después de haber obtenido la porción de semilla pura, se procedió a una clasificación por diferencia de peso y tamaño en el mismo equipo pero con diferente abertura de 5 cm, donde la separación de semilla se consideró como semilla pura pesada, la resultante de la parte inferior de la columna del equipo, mientras que la semilla pura liviana a la parte superior de la columna.

Las variables evaluadas fueron: calidad física y fisiológica de la semilla. Dentro de la calidad física se determinaron el contenido de humedad, peso de

mil semillas antes y después del beneficio de la semilla, peso volumétrico antes y después del beneficio de la semilla, análisis de pureza física; En la calidad fisiológica se determinó: porcentaje de germinación y vigor mediante las pruebas de tasa de crecimiento de plántula, longitud media de plántula, longitud media de radícula y peso seco. Todo esto evaluado bajo condiciones de laboratorio.

Almacenamiento de Semillas

La semilla pura pesada fue almacenada bajo refrigeración con una temperatura media de 4 °C. Durante el periodo de almacenamiento se realizaron tres muestreos; 90, 180 y 240 días. En cada muestreo se evaluó la calidad fisiológica de la semilla, donde se determinó: porcentaje de germinación y vigor mediante las pruebas de tasa de crecimiento de plántula, longitud media de plántula y radícula y peso seco por plántula. Para la evaluación de las variables anteriormente mencionadas, la siembra se realizó en charolas bajo condiciones de invernadero, utilizando como sustrato promix.

Evaluación de Productos Orgánicos en la Germinación.

Esto se realizó con semilla pura pesada almacenada por 240 días bajo condiciones de refrigeración, utilizando siete tratamientos, con tres repeticiones cada uno, incluyendo un testigo.

Los tratamientos (Cuadro 3.3) para la promoción de la germinación consistieron en: Ácido giberélico (AG₃), estimulante orgánico concentrado

(EOC), estimulante orgánico mejorado (EOM) y un testigo absoluto (agua corriente).

Cuadro 3.3 Tratamientos utilizados para promover la germinación en semilla de papaya Hawaina variedad Golden almacenadas por 240 días bajo refrigeración.

Tratamientos	Descripción
1	300 ppm AG ₃ Imbibición/2 hrs.
2	600 ppm AG ₃ Imbibición/2 hrs.
3	Imbibir/2 hrs. en agua y luego adherir 0.4 gr. EOC/150 semillas
4	Imbibir/2 hrs. en agua y luego adherir 1.0 gr. EOC/150 semillas
5	Imbibir/2 hrs. en agua y luego adherir 0.4 gr. EOM/150 semillas
6	Imbibir/2 hrs. en agua y luego adherir 1.0 gr. EOM/150 semillas
7	Testigo absoluto imbibición/2 hrs. en agua

La aplicación de los productos, en el caso de los sólidos (polvos), la semilla se sometió a imbibición en agua por 2 hrs. luego se colocaron en cajas petri junto con el producto y fueron agitadas por algunos minutos, para poder adherir el producto a la testa de la semilla. En el caso del Acido Giberélico y el testigo absoluto se sometieron a imbibición por 2 hrs.

La siembra se realizó en charolas de unicel de 200 cavidades, usando como sustrato pro-mix, anterior a la siembra, las semillas fueron acondicionadas de acuerdo a cada tratamiento (Cuadro 3.3) colocando una semilla por cavidad a un centímetro de profundidad. Posteriormente se colocaron en el invernadero para su germinación y desarrollo, dándoles un riego por día.

En este estudio se evaluó: por ciento de germinación, longitud media de hipocotilo, longitud media de raíz, peso fresco de hipocotilo, peso fresco de raíz,

peso seco de hipocotilo y peso seco de raíz. Las variables se evaluaron 35 días después de la siembra

Parámetros Evaluados

Para ambos estudios se utilizó la misma metodología en cada una de las variables a evaluar.

Características del Fruto

Peso del Fruto

Se determinó en una balanza granataria de 10 kg, los resultados fueron expresados en kg.

Longitud del Fruto

Cada fruto se cortó en forma longitudinal, midiendo de extremo a extremo con una regla graduada en centímetros.

Ancho de Fruto

Cada fruto se cortó en forma longitudinal, midiendo el ancho con una regla graduada en centímetros.

Diámetro del Fruto

Se determinó midiendo en la parte ecuatorial del fruto con una cinta métrica graduada en centímetros.

Número de Semillas por Fruto

Se tomaron cuatro frutos al azar por cada tratamiento, contando el número de semillas por fruto en forma manual.

Pruebas Físicas en Semillas

Pureza Física (PF)

Se utilizó el método del soplado. El cual fue aplicado por Everson *et al.* (1965), mediante un soplador "South Dakota", donde se determinó inicialmente la medida de abertura del soplador para tener un flujo de aire constante y permitir una separación satisfactoria de la muestra, se colocó en el contenedor inferior la muestra de semillas y se procedió a separar al activar el soplador, abriendo lentamente el flujo de aire hasta la medida de abertura definida (5 cm), provocando que las impurezas por el peso se elevaran y depositarán en los contenedores superiores y quedando en el contenedor inferior la semilla pura. Se pesó cada componente del análisis en una balanza analítica y se determinó el porcentaje de pureza de cada repetición por extracción.

Peso Volumétrico (PV)

Esta variable se determinó antes y después del acondicionamiento de la semilla, a través de tres repeticiones por unidad experimental, todo ello mediante la metodología de volumen conocido. La cantidad de semilla contenida hasta la superficie y debidamente rasada se pesó en una balanza

analítica, el valor en gramos en dicho volumen se transformó a kilogramos por hectolitro (Kg/hl).

Peso de Mil Semillas (PMS)

Esta variable se determinó antes y después del acondicionamiento de la semilla, por medio de tres repeticiones de ocho series de 100 semillas por unidad experimental, realizando el conteo en forma manual, cada una de las ocho repeticiones se pesó en gramos utilizando una balanza analítica, la media de las ocho repeticiones se multiplicó por 10 para obtener el peso de mil semillas. Calculándose la varianza (S^2), la desviación estándar (S) y el coeficiente de variación (CV). Método basado en las reglas de la ISTA (2004).

Contenido de humedad

El método utilizado para su cuantificación fue el de secado en estufa sobre base húmeda. En tres recipientes de aluminio previamente secados y tarados se peso una cantidad de semilla que cubrió el fondo de la caja y se colocaron dentro de la estufa a temperatura constante de 130 °C durante una hora. Posteriormente se enfriaron en un desecador por 15 minutos y se pesó en una balanza analítica.

El contenido de humedad se calculó en base a peso húmedo mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} \times 100 = \text{Contenido de Humedad (\%)}$$

Donde:

P_1 = Peso en gramos de la caja y su tapa.

P_2 = Peso en gramos de la caja, tapa y semilla.

P_3 = Peso en gramos de la caja, tapa y semilla después de secado.

Pruebas Fisiológicas en Semillas

Germinación

La capacidad de germinación se determinó mediante dos métodos:

- 1).- En tacos bajo condiciones de laboratorio.
- 2).- En charolas bajo condiciones de invernadero.

En laboratorio se utilizaron tres repeticiones por tratamiento, utilizando 15 semillas por unidad experimental, las cuales se colocaron entre dos toallas de papel anchor humedecidas, que después de enrollar se colocaron en bolsas de polietileno y se llevaron a una cámara de germinación a una temperatura de 35 °C con ocho horas luz y 16 horas oscuridad. Se evaluaron a los 14 y 21 días, evaluándose plántulas normales, anormales y semillas sin germinar.

En invernadero se utilizaron 20 semillas por unidad experimental, las cuales se sembraron en charolas, utilizándose como sustrato (promix), antes de realizar la siembra, en el caso del estudio de almacenamiento de la etapa B, las semillas fueron sometidas a imbibición con AG_3 a 600 ppm por un tiempo de dos horas, ya que este tratamiento resultó ser el mejor en la evaluación realizada en la primera etapa. Después de efectuada la siembra, las charolas

fueron llevadas a invernadero a una temperatura de 25 a 30 °C aproximadamente. La evaluación se realizó a los 35 días después de la siembra, determinando el porcentaje de germinación, plántulas normales y semillas muertas.

Plántulas Normales (PN)

Se contabilizó aquellas plántulas que manifestaron buen desarrollo de sus estructuras esenciales; radícula e hipocotilo, tomándose como criterio un mínimo de dos centímetros para considerarse como plántula normal.

Plántulas Anormales (PA)

Se clasificó como plántulas anormales, aquellas que presentaron las siguientes características: un pobre desarrollo de la raíz y sus estructuras esenciales deformadas (hipocotilo, raíz y cotiledones).

Semillas Sin Germinar (SSG)

Se contabilizaron aquellas semillas que no tuvieron alguna modificación o cambios en su estructura, como la ruptura de la testa.

Vigor

Longitud Media de Hipocotilo (LMH)

Esta variable se determinó únicamente en plántulas normales, midiendo la longitud de hipocotilo a cada una de ellas con una regla graduada en centímetros, después, el total de longitud de hipocotilo se dividió entre el

número total de plántulas evaluadas. Los resultados fueron expresados en centímetros.

Longitud Media de Raíz (LMR)

Se determinó únicamente en plántulas normales, midiendo a cada una de ellas la longitud de raíz con una regla graduada en centímetros, después el total de longitud de raíz se dividió entre el número total de plántulas evaluadas. Los resultados fueron expresados en centímetros.

Peso Fresco de Hipocotilo (PFH)

Esta variable se determinó con las mismas plántulas seleccionadas para longitud de hipocotilo y longitud de radícula, el peso se determinó utilizando una balanza analítica, donde se colocaron las bolsas de papel estraza perforada para su posterior secado.

Peso Fresco de Raíz (PFR)

Esta variable se determinó con las mismas plántulas seleccionadas para longitud de hipocotilo y longitud de radícula, el peso se tomó utilizando una balanza analítica, colocándolas después en bolsas de papel estraza perforadas para su posterior secado.

Peso Seco de Hipocotilo (PSH)

Se tomaron las mismas plántulas utilizadas para peso fresco, las cuales fueron colocadas en la estufa dejándolas por 24 horas a una temperatura de 65

°C posterior al secado pesaron utilizando una balanza analítica.

Peso Seco de Raíz (PSR)

Para esta variable se tomaron las mismas raíces utilizadas para peso fresco y se metieron a la estufa, dejándolas por 24 horas a una temperatura de 65 °C posteriormente se les tomó el peso con una balanza analítica.

Peso Seco por Plántula (PS/P)

Esta variable se determinó después de la evaluación de longitud de hipocotilo y raíz, ya que para esta variable se utilizaron las mismas plántulas, las cuales se metieron en una bolsa de papel estraza perforado, estas fueron sometidas a un secado en estufa a una temperatura de 65 °C durante 24 horas, una vez transcurrido el tiempo se sacaron y se colocaron en un desecador por 15 minutos y se pesaron las muestras en una balanza analítica. Los resultados fueron expresados en gramos y después se convirtieron a mg/Pl.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones para el trabajo realizado en la primera etapa, consintiendo en la evaluación del rompimiento de latencia de la semilla bajo el método de extracción convencional, así como en las características físicas de la semilla evaluadas en el primer estudio de la etapa B, que consistió en los métodos de extracción de semillas. Para tal efecto se utilizó el siguiente modelo lineal

$$Y_{ij} = \mu + S_i + ij$$

Y_{ij} = Valor observado.

μ = Efecto de la media general.

S_i = Efecto del i ésima extracción.

ij = Error experimental.

El diseño experimental utilizado para los trabajos realizados para determinar las características fisiológicas de la semilla evaluadas en el primer estudio de la etapa B, así como para determinar la longevidad de la semilla y el efecto de los productos orgánicos en la germinación de la semilla, se realizaron mediante un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial, con el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + \beta_j + a\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

- **Características fisiológicas de la semilla evaluadas en el primer estudio de la etapa B**

Y_{ijk} = Valor observado.

μ = Efecto de la media general.

a_i = Efecto de la i -ésima extracción

β_j = Efecto del j -ésimo peso

$a\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción de la i -ésima extracción con el j -ésimo peso

ε_{ijk} = Error experimental.

- **Almacenamiento**

Y_{ijk} = Valor observado.

μ = Efecto de la media general.

a_i = Efecto de la i-ésima extracción

β_j = Efecto del j-ésimo muestreo

$a\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción de la i-ésima extracción con el j-ésimo muestreo

ϵ_{ijk} = Error experimental.

- **Evaluación de productos orgánicos**

Y_{ijk} = Valor observado.

μ = Efecto de la media general.

a_i = Efecto de la i-ésima extracción

β_j = Efecto del j-ésimo tratamiento

$a\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción de la i-ésima extracción con el j-ésimo tratamiento

ϵ_{ijk} = Error experimental.

Análisis Estadístico

Los análisis de varianza se realizaron mediante el paquete estadístico SAS versión 6.0 (1989)

La comparación de medias se realizó mediante la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) con un nivel de significancia de $P < 0.01$ %. La cual según Steel y Torrie (1980), se calcula mediante:

$$DMS = (t_{\alpha/2, g.l.EE}) (\sqrt{2CMEE/r})$$

Donde: CMEE = Cuadrado medio del error.

r = Numero de observaciones usadas para calcular un valor medio.

a = Nivel de significancia.

g.l.EE = Grados de libertad del error experimental.

t = Valor tabular que se usa en la prueba, con los grados de libertad del error y el nivel de significancia apropiado.

RESULTADOS Y DISCUSION

Rompimiento de Latencia

En el Cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios y comparación de medias de las variables evaluadas. En dicho cuadro se observa que en la fuente de variación de tratamientos se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para las variables de plántulas normales, anormales y semillas sin germinar. Los coeficientes de variación oscilaron entre 1.98 a 12.99 %, estos valores demuestran que la conducción del experimento fue satisfactoria.

Debido a estas diferencias estadísticas, la prueba de comparación de medias (DMS) muestra que en plántulas normales, el tratamiento a base de AG_3 a 600 ppm obtuvo el mayor número de plántulas normales con 26.63 %, seguido por AG_3 a 300 ppm con 22.19 %, siguiendo el grupo estadístico conformado por Gibermass a 75 y 100 %, Biozyme a 0.3 y 0.6 gr lt^{-1} y el testigo con 0.5 % de plántulas normales, siendo estos estadísticamente iguales.

En plántulas anormales la comparación de medias demuestra que el AG_3 a 300 ppm obtuvo el mayor número de plántulas anormales con 71.09 %

seguido del AG₃ a 600 ppm con 62.2 %, siendo los tratamientos de Gibermass a 75 y 100 %, Biozyme a 0.3 y 0.6 gr lt⁻¹ y el testigo, los que obtuvieron el porcentaje más bajo de anomalías con 0.5 %, siendo estos estadísticamente iguales.

Para semillas sin germinar, en la comparación de medias se observa que el tratamiento con AG₃ a 300 ppm obtuvo el menor número de semillas sin germinar con 6.6 %, seguido del AG₃ a 600 ppm con 11.06 %, mientras que los tratamientos de Gibermass a 75 y 100 %, Biozyme a 0.3 y 0.6 gr lt⁻¹ y el testigo presentaron los valores más altos con 99 %, quienes estadísticamente pertenecen al mismo grupo, siendo este grupo el que presentó los valores más altos en esta variable.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios, significancia y comparación de medias de las variables evaluadas de semilla de papaya (*Carica papaya* L.)

FV	GL	GERMINACIÓN		
		PN (%)	PA (%)	SSG (%)
TRAT	6	413.4**	3145.3**	5941.6**
EE	14	0.90	1.03	2.13
Comparación de Medias	AG ₃ 300 ppm	22.19 B	71.09 A	6.60 C
	AG ₃ 600 ppm	26.63 A	62.2 B	11.06 B
	Gibermass 75 %	0.50 C	0.50 C	99 A
	Gibermass 100 %	0.50 C	0.50 C	99 A
	Biozyme 0.3 gr/lt	0.50 C	0.50 C	99 A
	Biozyme 0.6 gr/lt	0.50 C	0.50 C	99 A
	Testigo	0.50 C	0.50 C	99 A
CV (%)		12.99	5.25	1.98

** = Altamente significativo (0.01 % de probabilidad); CV = Coeficiente de Variación; PN = Plántulas normales; PA = Plántulas anormales; SSG = Semilla sin germinar

Características Físicas de Fruto

En este estudio se determinó la media general de las características físicas de los frutos, con la finalidad de conocer la calidad del fruto en cuanto a longitud, ancho y peso de fruto, así como número y peso de semillas por fruto, describiendo estas características en el Cuadro 4.2, en donde se observa que los frutos utilizados no fueron totalmente homogéneos.

Cuadro 4.2. Media general de las características físicas de los frutos de papaya Hawaiana variedad Golden.

	Longitud de fruto (cm)	Ancho de fruto (cm)	Peso de fruto (kg)	No. de semillas por fruto	Peso de semillas por fruto (grs)
\bar{X}	13.88	7.94	0.411	494.65	48.55
S^2	0.70	0.34	0.009	22479.52	222.19
S	0.83	0.58	0.09	149.93	30.69
CV (%)	6.03	7.37	23.7	30.31	30.69

\bar{X} = Media General; S^2 = Varianza; S = Desviación Estándar y CV = Coeficiente de Variación.

Características Físicas de la Semilla

En el Cuadro 4.3 se presentan los cuadrados medios y significancia de las variables físicas de la semilla de papaya extraída bajo seis métodos. En el cuadro se observa que en la fuente de variación tratamientos, solo en las variables de peso volumétrico inicial y final mostraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), mientras que en el resto de las variables no mostraron diferencias estadísticas. Los coeficientes de variación en las variables bajo estudio oscilaron entre 1.88 a 12.81 %, valores que se consideran bajos y que muestran confiabilidad en la conducción del estudio.

A pesar de que no existieron diferencias estadísticas para las variables de peso de mil semillas inicial y final, así como de semilla pura y contenido de humedad de la semilla, se describe el comportamiento de los tratamientos de manera numérica.

Para semilla pura se encontró que el HCl al 0.3 % y fermentación a 72 horas presentaron 74.38 y 74.37 %, siendo estas extracciones las que presentaron mayor porcentaje de semilla pura, seguidos por fermentación a 24 hrs y NaClO al 5 % con 71.61 y 71.51 respectivamente. El H₂SO₄ a 0.3 % tuvo 65.11 % y HCl al 0.5 % con 63.87 por ciento quienes obtuvieron menor porcentaje de semilla pura.

Para peso de mil semillas inicial, los métodos de extracción que presentaron mayor peso antes del beneficio fueron, a base de NaClO al 5 % y H₂SO₄ al 0.3 % con 12.0 grs de peso, siendo en el resto de las extracciones los pesos de las semillas muy similares entre si, los cuales varían de 11.3 a 11.9 grs.

En peso de mil semillas final, esta se realizó una vez que fue sometida la semilla a un acondicionamiento de separación por peso, se observó que los pesos fueron muy similares entre las extracciones, estos varían de 13.66 a 14.12 grs. Estos resultados posiblemente se deban a que al realizar el proceso de acondicionamiento, las semillas son separadas por peso, quedando en el contenedor inferior del soplador la semilla pura con pesos muy similares.

En peso volumétrico inicial, el HCl al 0.3 % obtuvo un mayor peso volumétrico de 22.88 kg hl⁻¹, seguido por la extracción a base de HCl 0.5 % con 21.23 kg hl⁻¹ y H₂SO₄ con un peso de 21.14 kg hl⁻¹, el grupo conformado por la extracción de NaClO al 5 % presentó un peso volumétrico de 21.09 kg/hl⁻¹, y fermentación por 24 horas con un valor de 21.03 kg hl⁻¹, siendo estos estadísticamente iguales, la extracción que obtuvo el menor peso fue la fermentación por 72 horas.

Para peso volumétrico final, la comparación de medias encontró nuevamente que la extracción a base de HCl al 0.3 % obtuvo el mayor peso con 24.50 kg hl⁻¹, seguido por HCl al 0.5 %, NaClO al 5 % y H₂SO₄ con 22.73, 22.73 y 22.54 kg hl⁻¹, siendo este grupo estadísticamente iguales (Cuadro 4.3), mientras que la extracción con fermentación a 24 y 72 horas fueron los que presentaron menor peso volumétrico con 22.18 y 21.32 kg hl⁻¹

En contenido de humedad a pesar de no mostrar diferencias estadísticas, la extracción que presentó mayor contenido de humedad fue la extracción con fermentación a 72 horas, siendo en el resto de las extracciones el contenido de humedad de la semillas muy similares entre si, los cuales varían de 5.20 a 5.73 %. El resultado se debió probablemente a que al someter la semilla en el proceso de fermentación por 72 horas, la semilla tuvo mayor absorción de humedad.

Cuadro 4.3. Cuadrados medios, significancia, y comparación de medias de las variables de calidad física en seis métodos de extracción de semilla Hawaiana variedad Golden.

FV	GL	SP (%)	PMSI (gr)	PMSF (gr)	PVI (kg/hl)	PVF (kg/hl)	CH (%)
TRAT.	5	62.750	0.236	0.104	3.660**	3.255**	0.415
EE	12	80.791	0.083	0.171	0.460	0.182	0.148
Comparación de Medias	HCl 0.3 %	74.38	11.7	13.66	22.88 A	24.50 A	5.23
	HCl 0.5 %	63.87	11.8	13.81	21.23 AB	22.73 B	5.26
	NaClO 5 %	71.51	12.0	14.12	21.09 BC	22.73 B	5.23
	H ₂ SO ₄ 0.3 %	65.11	12.0	13.66	21.14 B	22.54 B	5.73
	Ferm. 24 hr	71.61	11.9	13.66	21.03 BC	22.18 BC	5.20
	Ferm. 72 hr	74.37	11.3	13.90	19.40 C	21.32 C	6.10
CV (%)		12.81	2.45	3.0	3.21	1.88	7.07

** = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); CV = Coeficiente de Variación; SP = Semilla Pura; PMSI = Peso de mil Semillas Inicial; PMSF = Peso de Mil Semillas Final; PVI = Peso Volumétrico Inicial (antes del acondicionamiento); PVF = Peso Volumétrico Final (después del acondicionamiento); CH = Contenido de Humedad.

Calidad Fisiológica de la Semilla

En el Cuadro 4.4 se tienen los cuadrados medios y significancia para las variables fisiológicas en seis métodos de extracción de semilla de papaya hawaiana “pesada y liviana” evaluadas en laboratorio. Para la fuente de variación de extracciones, las variables de plántulas anormales, longitud media de hipocótilo y raíz resultaron ser altamente significativos ($P \leq 0.01$), mientras que en plántulas normales y peso seco de plántula no hubo significancia estadística. Para la fuente de pesos, las variables de plántulas normales, plántulas anormales y longitud media de raíz mostraron diferencias altamente significativas, mientras que en el resto de las variables no. En la interacción extracciones/pesos, las variables que presentaron diferencias altamente significativas fueron plántulas anormales y longitud media de raíz, mientras el resto de las variables en estudio no mostraron diferencias estadísticas.

Se puede observar que la porción de suma de cuadrados, la mayoría de ellos fueron atribuidos a los pesos, esto significa que la incidencia de las variables fueron influenciadas de manera significativa por los pesos que por los métodos de extracción de semillas.

Los coeficientes de variación en las variables bajo estudio oscilaron entre 7.41 a 17.18 %, valores que se consideran bajos y que muestran confiabilidad en la conducción del estudio.

A pesar de que no existieron diferencias estadísticas para algunas variables se describe el comportamiento de los tratamientos de manera numérica.

Cuadro 4.4. Cuadrados medios, significancia y comparación de medias de las variables de calidad fisiológica en seis métodos de extracción de semilla de papaya Hawaiana variedad Golden evaluadas en laboratorio.

FV	GL	GERMINACION		VIGOR		
		PN (%)	PA (%)	LMH (cm)	LMR (cm)	PS/P (mg)
EXT	5	268.35	310.55**	5.05**	0.98**	1.14
PESOS	1	5052.84**	3158.44**	1.36	5.38**	14.06
EXT*PESOS	5	63.92	83.26**	1.85	0.53**	0.84
EE	24	104.86	22.22	0.87	0.19	0.27
Extracciones	HCl 0.3 %	68.8	25.5 D	12.19 BC	3.34 A	4.15 B
	HCl 0.5 %	63.3	34.4 BC	13.87 A	3.68 A	5.41 A
	NaClO 5 %	48.8	45.0 A	13.38 AB	3.09 AB	4.68 AB
	H₂SO₄ 0.3 %	57.7	40.0 AB	12.97 ABC	2.47 B	4.41 B
	Ferm. 24 hr	57.7	41.1 AB	11.81 C	3.34 A	4.38 B
	Ferm. 72 hr	61.1	31.1 CD	11.57 C	3.06 AB	4.60 AB
Pesos	Pesada	71.4 A	26.8 B	12.44	3.55 A	5.23 A
	Liviana	47.7 B	45.5 A	12.83	2.78 B	3.98 B
CV (%)		17.18	13.02	7.41	13.85	11.40

** = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); CV = Coeficiente de Variación; PN = Plántulas Normales; PA = Plántulas Anormales; LMH = Longitud Media de Hipocotilo; LMR = Longitud Media de Raíz; PS = Peso Seco

La prueba de comparación de medias nos indica que en el factor de extracciones, el mayor porcentaje de plántulas normales se dio en la extracción con HCl al 0.3 % con 68.8 % y HCl 0.5 % con 63.3 %, seguidos de fermentación por 72 horas, H₂SO₄ al 0.3 %, fermentación por 24 horas y NaClO al 5 % con 61.1, 57.7, 57.7 y 48.8 %.

En el factor de pesos, el mejor fue para la semilla más pesada con 71.4 % de plántulas normales, mientras que la semilla más liviana obtuvo el valor más bajo con 47.7 por ciento.

En la interacción extracciones/pesos se puede observar en la Figura 4.1 que la semilla más pesada supero a la liviana en todas las extracciones en estudio, para el caso de la semilla pesada, el mayor porcentaje de plántulas normales se presentó en las extracciones a base de HCl al 0.3 y 0.5 % con 82.2 y 77.7 %, seguido de fermentación por 72 horas con 75.5 %, el resto de las extracciones se comportaron muy similar y los valores varían de 62.2 a 66.6 %, para el caso de la semilla liviana, la extracción a base de NaClO al 5 % obtuvo el valor más bajo con 35.5 %, mientras el resto de las extracciones arrojaron resultados muy similares, los cuales van de 46.6 a 55.5 %

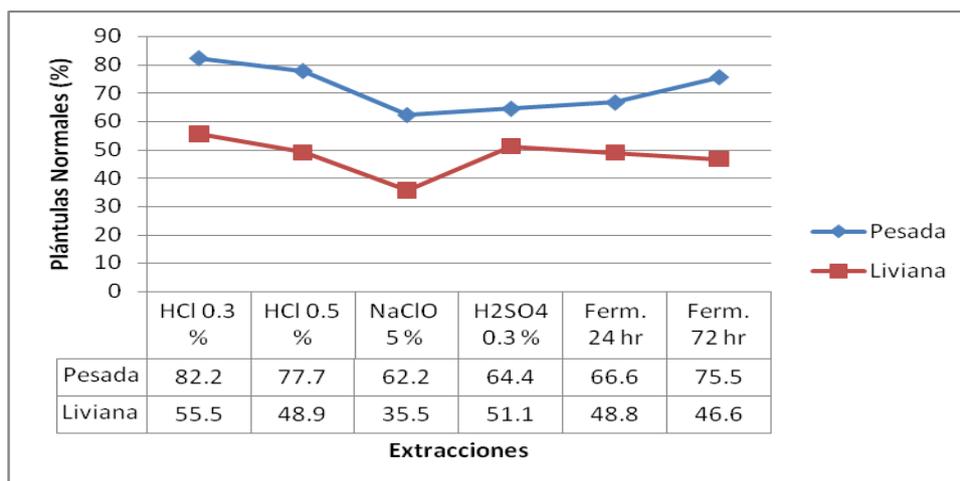


Figura 4.1 Porcentaje de plántulas normales en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada y clasificada por peso.

Para plántulas anormales, la comparación de medias demuestra que la extracción a base de NaClO al 5 % presentó el mayor número de plántulas anormales con 45.0 %, seguida por fermentación por 24 horas y H₂SO₄ al 0.3 % con 41.1 y 40.0 %, siendo estas estadísticamente iguales, mientras las extracciones a base de HCl al 0.5, fermentación por 72 horas y HCl al 0.3 % con 34.4, 31.1 y 25.5 % fueron las que presentaron los valores más bajos en esta variable.

En lo que respecta a los pesos, la semilla más liviana obtuvo el mayor número de plántulas anormales con 45.5 %, mientras que en la semilla más pesada, el número de anomalías fue menor con 26.8 %.

En la interacción extracciones/pesos (Figura 4.2) demuestra que los mejores resultados se obtuvieron en la semilla más pesada con las extracciones a base de HCl al 0.3 y 0.5 %, ya que presentaron el porcentaje más bajo de anomalías con 13.3 y 19.9 % en comparación al resto de las extracciones.

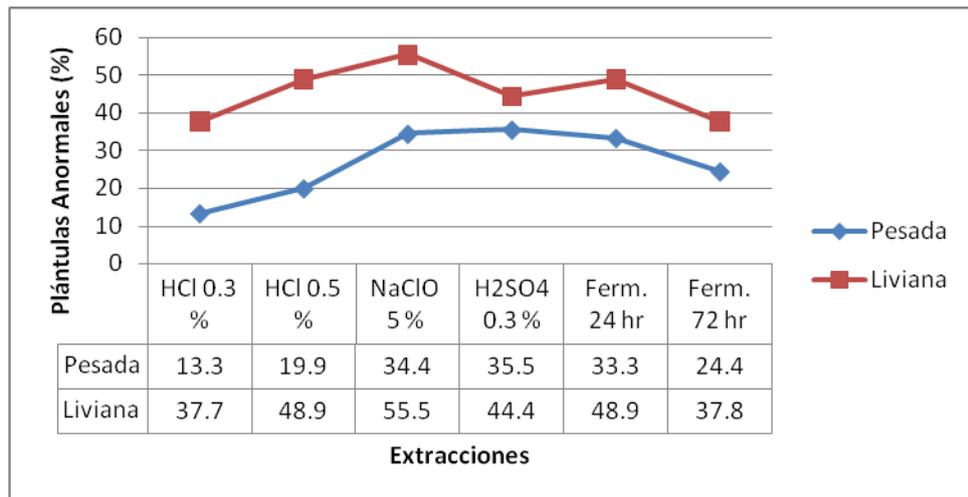


Figura 4.2 Porcentaje de plántulas anormales en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada y clasificada por peso.

En longitud media de hipocotilo, la extracción con HCl al 0.5 % obtuvo la mayor longitud de hipocotilo con 13.87 cm, seguida de NaClO al 5 %, H₂SO₄ al 0.3 % y HCl al 0.3 % con 13.38, 12.97 y 12.19 cm respectivamente, mientras la extracción a base de fermentación por 24 y 72 horas arrojaron los valores más bajos con 11.81 y 11.57 cm.

En el factor de pesos, los resultados arrojados por la semilla pesada y liviana son muy semejantes, los cuales varían de 12.44 a 12.83 cm.

En la interacción extracciones/pesos (Figura 4.3), se observó que los mejores resultados se presentan en la semilla liviana en la mayoría de las extracciones, a excepción de la extracción a base de fermentación por 72 horas, la cual responde mejor con la semilla pesada.

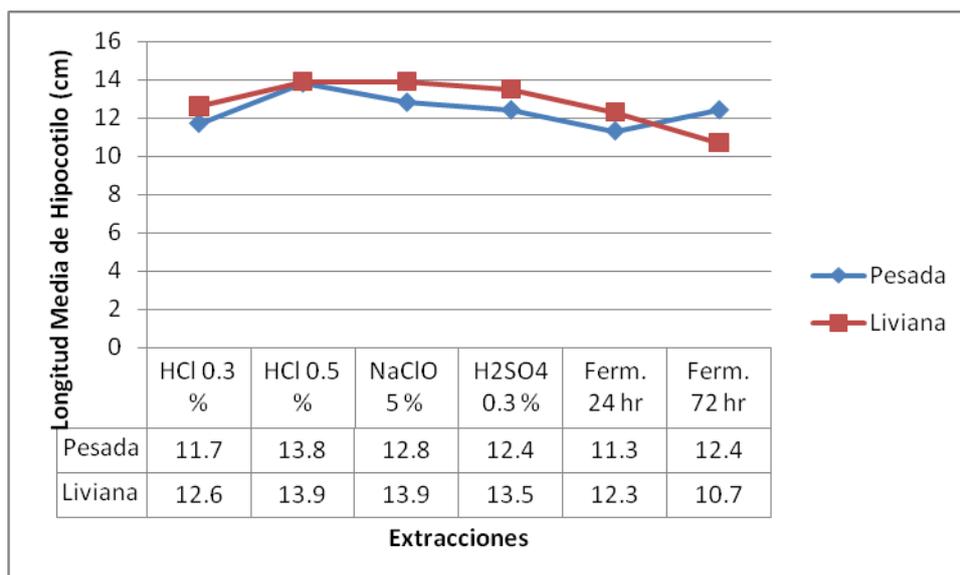


Figura 4.3 Longitud media de hipocotilo en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada y clasificada por peso.

En la variable de longitud media de raíz, la comparación de medias demuestra que las extracciones más sobresalientes son HCl al 0.5 y 0.3 % y fermentación por 24 horas con 3.68, 3.34 y 3.34 cm, las cuales fueron estadísticamente iguales entre sí, seguidas de las extracciones a base de NaClO al 0.5 % con 3.09 cm y fermentación por 72 horas con 3.06 cm, mientras la extracción con H₂SO₄ al 0.3 % fue la que obtuvo el valor más bajo con 2.47 cm.

En este parámetro, la semilla pesada fue superior con 3.55 cm. mientras que la semilla liviana obtuvo 2.78 cm de longitud de raíz.

En la Figura 4.4 se reflejan los resultados de la interacción extracciones/pesos, donde se observa que la semilla pesada obtuvo mayor longitud de raíz en la extracción a base de HCl al 0.5 % con 4.3 cm, siguiendo el HCl al 0.3 % con 3.8 cm, fermentación por 24 horas con 3.8, fermentación por 72 horas con 3.6 cm, NaClO al 0.5 % con 3.4 cm y H₂SO₄

al 0.3 % con 2.2 cm, para el caso de la semilla liviana, los resultados son muy semejantes en la mayoría de las extracciones, donde los valores varían de 2.5 a 3.0 cm.

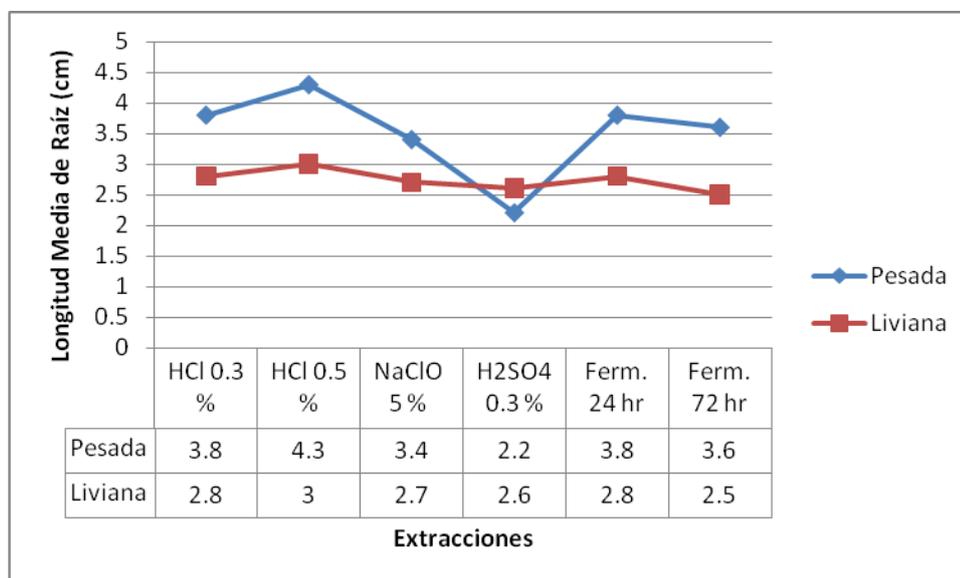


Figura 4.4 Longitud media de raíz en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada clasificada por peso.

En peso seco por plántula, la extracción con HCl al 0.5 % obtuvo el mayor peso con 5.41 mg, siguiendo las extracciones de NaClO al 0.3 % y fermentación por 72 horas con 4.68 y 4.60 mg, mientras las extracciones a base de H₂SO₄ al 0.3 %, fermentación por 24 horas y HCl al 0.3 % obtuvieron valores de 4.41, 4.38 y 4.15 mg, siendo estas estadísticamente iguales.

En el factor peso, la comparación de medias muestra que la semilla pesada fue la mejor, obteniendo un peso de 5.23 mg, mientras la semilla liviana registro un peso de 3.98 mg.

En la Figura 4.5 se muestra la interacción extracciones/pesos donde se observa un comportamiento muy similar a las variables anteriores, siendo

la semilla pesada la que registro los valores más altos en la mayoría de las extracciones, los cuales varían de 4.8 a 5.5 mg, a excepción de la extracción a base de HCl al 0.5 %, la cual se comportó de la misma manera, tanto en la semilla pesada como en la liviana.

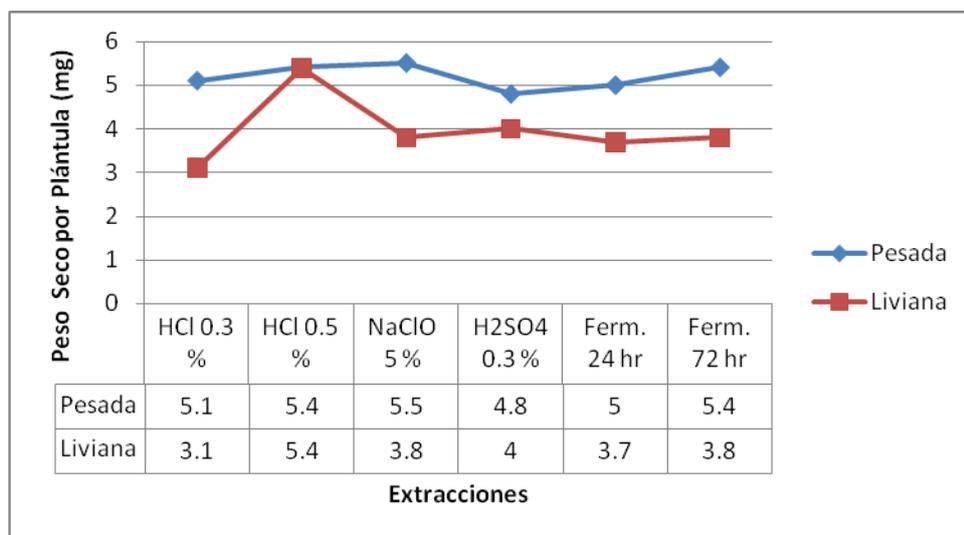


Figura 4.5 Peso seco por plántula en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada y clasificada por peso.

Almacenamiento

En el Cuadro 4.5 se tienen los cuadrados medios y significancia de las variables estudiadas en semilla de papaya con diferentes métodos de extracción y almacenadas durante 90, 180 y 240 días.

Para la fuente de variación de extracciones, las variables de germinación, longitud de hipocótilo y raíz resultaron ser altamente significativos ($P \leq 0.01$), mientras que en peso seco de plántula resulto no ser diferente. Para la fuente de muestreos, todas las variables evaluadas resultaron ser altamente significativas, mientras que en la interacción

extracciones/muestreos, las variables presentaron diferencias altamente significativas con excepción de peso seco de plántula.

Se puede observar que la porción de suma de cuadrados, la mayoría de ellos fueron atribuidos a los muestreos, esto significa que la incidencia de las variables fueron influenciadas de manera significativa por los muestreos que por los métodos de extracción de semillas.

Los coeficientes de variación se consideran bajos, ya que estos van de 4.79 a 12.77 %, lo cual significa que la conducción del estudio fue satisfactoria.

Cuadro 4.5 Cuadrados medios, significancia y comparación de medias de las variables evaluadas en semilla de papaya hawaiana variedad Golden obtenida con diferentes métodos de extracción y almacenada bajo refrigeración.

FV	GL	Germinación (%)	VIGOR		
			LMH (cm)	LMR (cm)	PS/P (mg/pl)
EXT	5	144.51**	0.417**	1.972**	11.12
MUESTREOS	2	2005.8**	23.12**	127.8**	11676.5**
EXT*MUES	10	335.8**	0.305**	2.183**	13.48
EE	36	52.5	0.033	0.56	16.37
COMPARACION DE MEDIAS					
Extracciones	HCl 0.3 %	93.3 A	3.83 BC	8.15 AB	31.27
	HCl 0.5 %	85.0 AB	3.62 C	7.64 AB	31.09
	NaClO 5 %	82.7 B	3.72 BC	7.43 B	31.76
	H ₂ SO ₄ 0.3 %	85.5 AB	3.76 BC	7.42 B	31.01
	Ferm. 24 hrs.	91.2 AB	3.86 B	8.57 A	33.88
	Ferm. 72 hrs	87.2 AB	4.24 A	8.15 AB	31.08
Muestreos	90 días	93.3 A	4.82 A	9.91 A	60.33 A
	180 días	93.8 A	4.10 B	8.89 B	23.13 B
	240 días	75.3 AB	2.60 C	4.87 C	11.59 C
CV %		8.28	4.79	9.48	12.77

** = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); CV = Coeficiente de Variación; LMH = Longitud Media de Hipocotilo; LMR = Longitud Media de Raíz; PS/P = Peso Seco por Plántula.

La prueba de comparación de medias nos indica que en el factor de extracciones, el mayor porcentaje de germinación se dio en la extracción con

HCl al 0.3 % con 93.3 %, seguido del grupo conformado por fermentación por 24 horas, fermentación por 72 horas, H₂SO₄ al 0.3 % y HCl al 0.5 % con 91.2, 87.2, 85.5 y 85.0 % respectivamente, quienes estadísticamente son iguales, siendo la extracción con NaClO al 5 % la que obtuvo el valor más bajo con 82.7 por ciento.

En el factor de muestreos, los mejores fueron a los 90 y 180 días con 93.8 y 93.3 % de germinación, mientras que el muestreo realizado a los 240 días obtuvo el valor más bajo de germinación con 75.3 por ciento.

En la interacción extracciones/muestreos se puede observar en la Figura 4.6 que en el primer muestreo, la extracción con NaClO al 5 % fue superior al resto de las extracciones con 98.3 %, seguido de la extracción a base de HCl al 0.5 % y H₂SO₄ al 0.3 % quienes presentaron 95 % de germinación, mientras que las extracciones con HCl al 0.3 %, fermentación por 72 horas y fermentación por 24 horas fueron las que obtuvieron los valores más bajos con 91.6, 91.6 y 88.3 por ciento. En el segundo muestreo se observa que la extracción con HCl al 0.3 %, HCl al 0.5 % H₂SO₄ al 0.3 % y fermentación por 24 horas tienden a incrementar el por ciento de germinación en comparación al primer muestreo, caso contrario sucede con cloro al 5 % y fermentación por 72 horas. En el tercer muestreo, las extracciones a base de HCl al 0.3 %, fermentación a 24 horas y fermentación a 72 horas se mantienen con el mismo porcentaje de germinación al muestreo anterior, a diferencia de las extracciones con HCl al 0.5 %, NaClO al 5 % y H₂SO₄ al 0.3 %, en donde la germinación bajó hasta en un 11 por ciento.

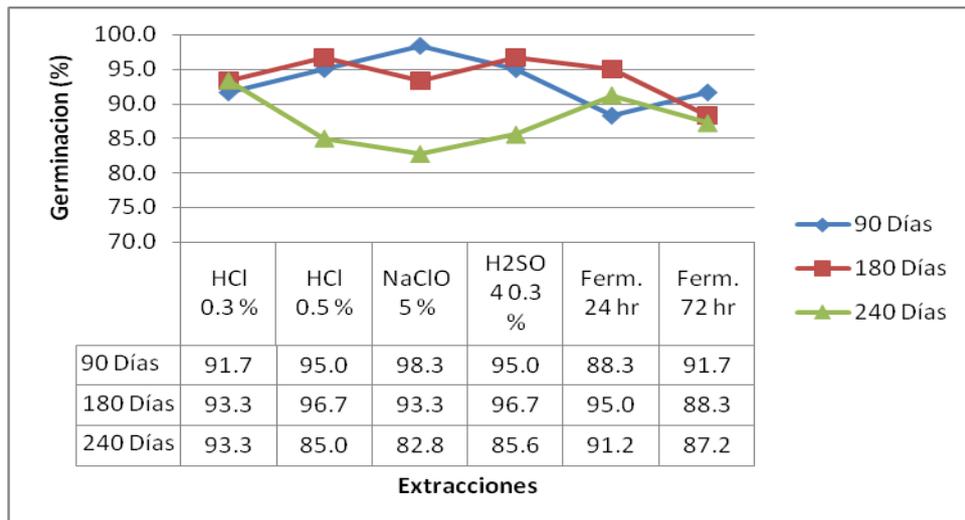


Figura 4.6 Porcentaje de germinación en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada durante 240 días bajo refrigeración.

Para la longitud media de hipocotilo, la comparación de medias demuestra que la extracción con fermentación por 72 horas obtuvo la mayor longitud de hipocotilo con 4.24 cm, seguida de fermentación por 24 horas con 3.86 %, así mismo, las extracciones HCl al 0.3 %, H₂SO₄ al 0.3 % y NaClO al 5 % presentaron una longitud de hipocotilo de 3.83, 3.76 y 3.72 cm respectivamente, mientras la extracción con HCl al 0.5 % obtuvo el valor más bajo con 3.62 cm.

En lo que respecta a los muestreos, la semilla almaceda a los 90 días fue la mejor con 4.82 cm, seguido del realizado a los 180 días con 4.10 cm, siendo el tercer muestreo (240 días) el que presentó la longitud de hipocotilo más bajo con 2.60 cm.

En la interacción extracción/muestreos (Figura 4.7) se pudo observar que la semilla obtenida en los diferentes métodos de extracción tiene un comportamiento muy similar, ya que estas van disminuyendo la longitud media de hipocotilo conforme se prolonga el tiempo de almacenamiento, sin

embargo, en el caso de la extracción a base de HCl al 0.3 %, fermentación por 24 horas y fermentación por 72 horas el deterioro es más lento a través del tiempo.

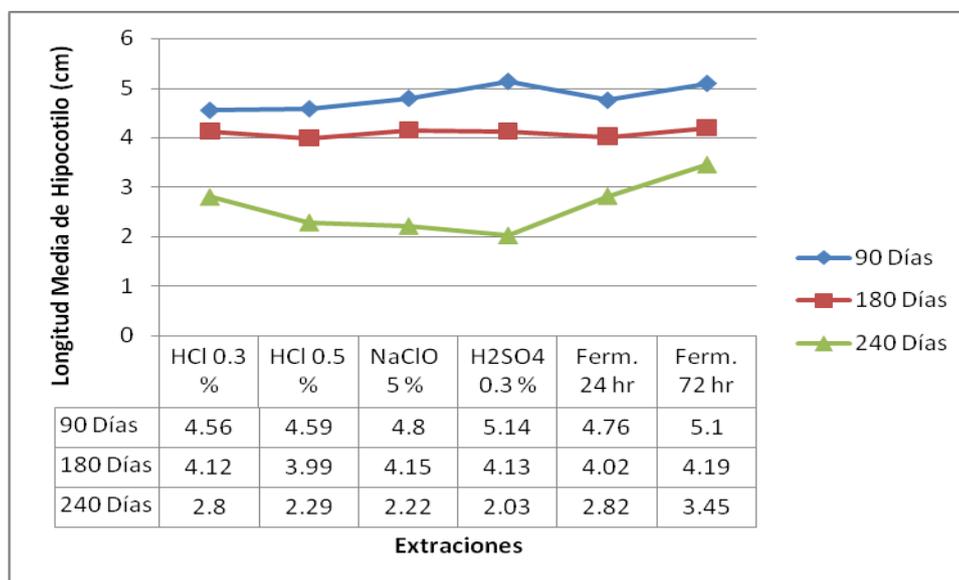


Figura 4.7 Longitud media de hipocotilo en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada durante 240 días bajo refrigeración.

Entre las diferentes extracciones de semilla, la longitud de raíz más sobresaliente fue para la fermentación por 24 horas con 8.57 cm, seguida de HCl al 03 %, fermentación por 72 horas y HCl al 05 % con 8.15, 8.15 y 7.64 cm, perteneciendo estas al mismo grupo estadístico, mientras que las extracciones a base de NaClO al 5 % y H₂SO₄ al 03 % presentaron la menor longitud de raíz con 7.43 y 7.42 cm.

Entre los muestreos, al igual que en la variable anterior, el mejor fue a los 90 días con una longitud de raíz de 9.91 cm, seguido del muestreo a los 180 días con 8.89 cm, mientras que el valor más bajo fue el realizado a los 240 días con 4.87 centímetros.

En la interacción extracciones/muestreos (Figura 4.8) se puede observar un comportamiento muy similar a la variable anterior, en donde la semilla obtenida en los diferentes métodos de extracción tiende a deteriorarse conforme se prolonga el tiempo de almacenamiento, a la vez, se observa que las extracciones a base de HCl al 5 % y NaClO al 5 % se mantienen con la misma longitud de raíz hasta los 180 días de almacenamiento y al igual que la variable anterior, la extracción a base de HCl al 0.3 %, fermentación por 24 horas y fermentación por 72 horas, el deterioro es más lento.

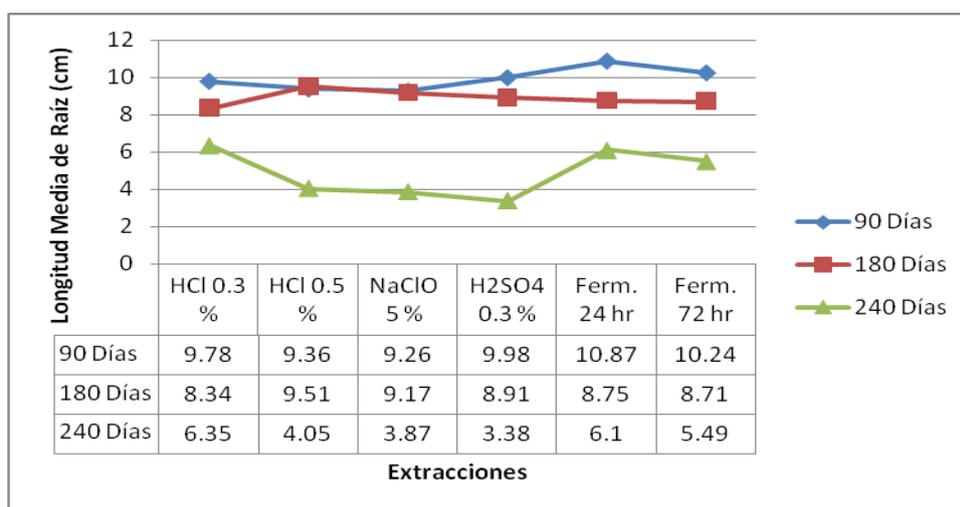


Figura 4.8 Longitud media de raíz en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada durante 240 días bajo refrigeración.

Para peso seco por plántula, el muestreo a 90 días registro ser el mejor con 60.33 mg, seguido del segundo muestreo (180 días) con 23.13 mg, siendo el tercer muestreo el que obtuvo el valor más bajo con 11.59 miligramos.

En la interacción extracciones/muestreo el comportamiento de la semilla obtenida bajo los diferentes métodos de extracción fue muy similar a las variables anteriores, en donde se observo claramente en la Figura 4.9,

que conforme se prolonga el tiempo de almacenamiento, la semilla tiende a deteriorarse disminuyendo su vigor.

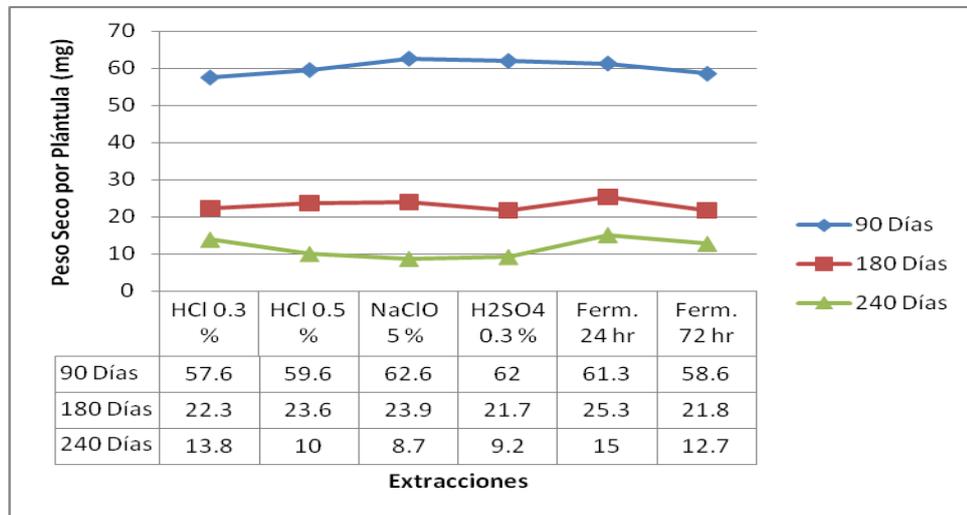


Figura 4.9 Peso seco por plántula en semilla de papaya hawaiana variedad Golden almacenada durante 240 días bajo refrigeración.

Evaluación de productos orgánicos en la germinación

En el Cuadro 4.6 se presentan los cuadrados medios y significancia de las variables evaluadas en semilla obtenida con diferentes métodos de extracción y tratadas con productos orgánicos para promover la germinación. En el mencionado cuadro se observa que en las fuentes de variación de extracción, tratamientos y la interacción de extracciones/tratamientos, las variables bajo estudio presentaron diferencias altamente significativas. Cabe señalar que en la partición de la suma de cuadrados entre las fuentes de variación y las variables, se puede observar que en la variable de germinación los métodos de extracción de semillas tuvieron mayor influencia que los tratamientos, mientras que en el resto de las variables fueron los tratamientos los más importantes que los métodos de extracción. Los coeficientes de variación se consideran aceptables al tener una variación de 6.36 a 14.36 %.

Cuadro 4.6. Cuadrados medios, significancia y comparación de medias de las variables evaluadas en semillas de papaya tratadas con producto orgánico, obtenida con diferentes métodos de extracción y almacenada durante 240 días bajo condiciones de refrigeración.

FV	GL	VARIABLES EVALUADAS						
		GS (%)	LMH (cm)	LMR (cm)	PFH (grs)	PFR (grs)	PSH (grs)	PSR (grs)
EXT	5	1011.3**	0.19**	5.82**	0.05**	0.02**	0.0004**	0.0003**
TRAT	6	868.05**	0.84**	9.38**	0.18**	0.09**	0.0020**	0.0006**
EXT*TRAT	30	324.23**	0.26**	2.87**	0.03**	0.03**	0.0003**	0.0001**
EE	84	107.62	0.025	0.20	0.00	0.00	0.00003	0.00001
COMPARACION DE MEDIAS								
Extracciones	Fermentación 24 hrs	85.5 A	2.61 A	5.19 A	0.63 A	0.32 A	0.07 A	0.03 A
	Fermentación 72 hrs	73.8 B	2.56 AB	4.48 B	0.58 B	0.26 B	0.06 B	0.02 C
	HCl 0.3 %	84.0 A	2.59 A	5.06 A	0.63 A	0.30 A	0.07 A	0.02 B
	HCl 0.5 %	72.8 B	2.38 C	4.06 C	0.56 B	0.24 B	0.06 B	0.02 C
	H ₂ SO ₄ 0.3 %	82.3 A	2.42 C	3.98 C	0.50 C	0.26 B	0.06 B	0.02 C
	NaClO a 5 %	68.8 B	2.45 BC	4.15 BC	0.57 B	0.24 B	0.06 B	0.02 C
Tratamientos	AG ₃ 300 ppm	82.2 AB	2.61 AB	5.76 A	0.73 A	0.39 A	0.08 A	0.03 A
	AG ₃ 600 ppm	75.3 BC	2.60 AB	4.87 B	0.69 B	0.33 B	0.08 A	0.03 A
	0.4 grs EOC	89.1 A	2.68 A	4.77 BC	0.61 C	0.29 C	0.06 B	0.02 B
	1.0 grs EOC	73.3 BC	2.37 C	3.92 D	0.52 DE	0.23 D	0.06 C	0.02 D
	0.4 grs EOM	68.3 C	2.21 D	3.93 D	0.50 EF	0.21 D	0.05 C	0.02 D
	1.0 grs EOM	75.0 BC	2.48 BC	4.46 C	0.54 D	0.21 D	0.06 C	0.02 BC
	Testigo (Agua)	81.9 AB	2.56 AB	3.68 D	0.47 F	0.23 D	0.05 C	0.02 CD
CV (%)		13.32	6.36	10.03	7.32	14.16	8.67	14.36

** = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); CV = Coeficiente de Variación; GS = Germinación Estándar LMH = Longitud Media de Hipocotilo; LMR = Longitud Media de Raíz; PFH = Peso Fresco de Hipocotilo; PFR = Peso Fresco de Raíz; PSH = Peso Seco de Hipocotilo; PSR = Peso Seco de Raíz.

Las comparaciones de medias para las variables estudiadas, muestran que en la prueba de germinación estándar se observa que las extracciones con fermentación a 24 hrs, HCl al 0.3 % y H₂SO₄ a 0.3 % presentaron los valores más altos con 85.52, 84.04 y 82.38 %, siendo estas estadísticamente iguales, seguidas por la fermentación a 72 hrs, HCl a 0.5 % y NaClO al 5 % con 73.80, 72.85 y 68.80 %, quienes estadísticamente pertenecen al mismo grupo, y con los valores más bajos.

Entre los tratamientos para la promoción de la germinación, la comparación de medias demuestra que el extracto orgánico concentrado a 0.4 grs fue el que presentó el mayor porcentaje de germinación con un 89.1 %, seguido por AG₃ a 300 ppm con 82.2 % y el testigo absoluto con 81.9 %, siendo estos dos estadísticamente iguales, el siguiente grupo estadístico lo conformó el AG₃ a 600 ppm, extracto orgánico mejorado a 1 gr y extracto orgánico concentrado a 1 gr con 75.3, 75.0 y 73.3 %, mientras que el extracto orgánico mejorado a 0.4 grs obtuvo el valor más bajo con 68.3 por ciento.

En la interacción extractos/tratamientos (Figura 4.10) se puede observar que el extracto orgánico concentrado a 0.4 grs obtuvo los valores más altos en germinación en cuatro métodos de extracción, siendo estas: fermentación a 24 hrs, HCl a 0.5, H₂SO₄ al 0.3 % y NaClO al 5 %.

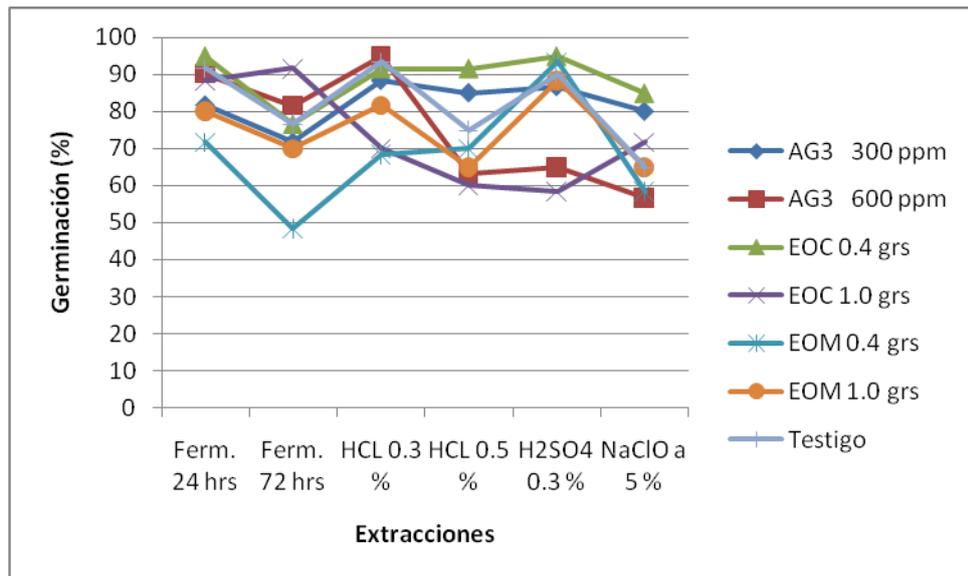


Figura 4.10 Porcentaje de germinación en semilla de papaya hawaiana.Cv. Golden tratada con productos orgánicos

En longitud media de hipocotilo se muestra que los métodos de extracción fermentación a 24 hrs y HCl a 0.3 % obtuvieron la mayor longitud de hipocotilo con 2.61 y 2.59 cm, seguido por la fermentación a 72 hrs con 2.56 cm y NaClO al 5 % con 2.45 cm, siendo las extracciones a base de HCl al 0.5 % y H₂SO₄ al 0.3 % las que obtuvieron la menor longitud de hipocotilo con 2.42 y 2.38 cm.

En lo que respecta a los tratamientos, al igual que en la variable anterior, el extracto orgánico concentrado a 0.4 grs fue el mejor con 2.68 cm, mientras que los tratamientos conformados por el grupo AG₃ a 300 y 600 ppm y el testigo absoluto obtuvieron valores de 2.61, 2.60 y 2.56 cm, siendo estadísticamente iguales, así mismo, los tratamientos de extracto orgánico mejorado a 1.0 grs con 2.48 cm, extracto orgánico concentrado a 1 gr con 2.37 cm y extracto orgánico mejorado a 0.4 grs con 2.21 cm fueron los que presentaron los valores más bajos.

En la Figura 4.11 se muestra que los tratamientos a la semilla con AG₃ a 600 ppm estimularon la elongación de hipocotilo en tres de los métodos de extracción, es de notar que el tratamiento extracto orgánico concentrado a 0.4 grs se comportó mejor en aquellas extracciones que propiciaron la escarificación en la semilla, siendo estas HCl al 0.5 %, H₂SO₄ al 0.3 % y NaClO al 5%.

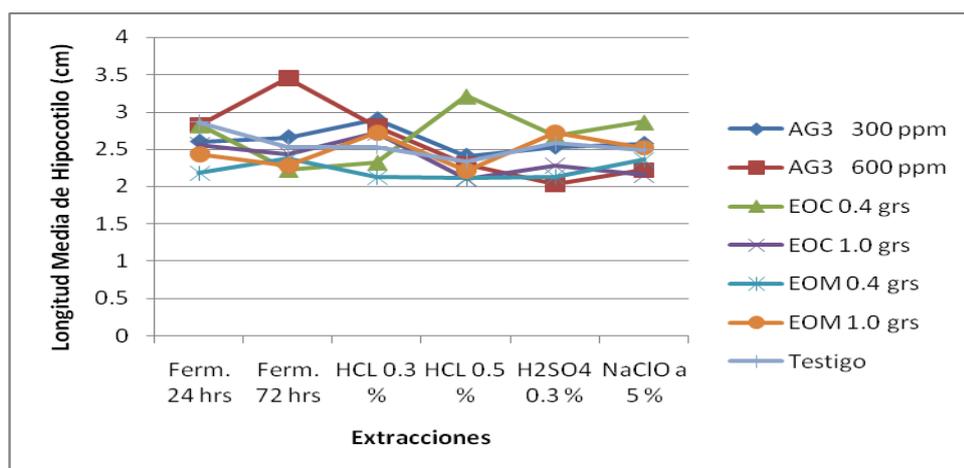


Figura 4.11 longitud media de hipocotilo en semilla de papaya hawaiana Cv. Golden tratada con productos orgánicos.

Para longitud de raíz, las extracciones de semilla a base de fermentación a 24 hrs y HCl al 0.3 % fueron las mejores con valores de 5.19 y 5.06 cm, seguido de las extracciones de fermentación a 72 hrs con 4.48 cm y NaClO al 5 % con 4.15 cm, mientras que las extracciones que presentaron los valores más bajos fueron a base de HCl al 0.5 % y H₂SO₄ al 0.3 % con 4.06 cm y 3.98 cm, siendo estas estadísticamente iguales.

La comparación de medias reportó que en el tratamiento a base de AG₃ 300 ppm obtuvo la mayor longitud de raíz con 5.76 cm, seguido de AG₃ 600 ppm con 4.87 cm, mientras que los tratamientos a base de extracto orgánico concentrado a 0.4 grs y extracto orgánico mejorado a 1 gr obtuvieron los valores de 4.77 cm y 4.46 cm. El último grupo lo conformó los

tratamientos de extracto orgánico mejorado a 0.4 grs con 3.93 cm, extracto orgánico concentrado a 1 gr con 3.92 cm y testigo absoluto con 3.68 cm. Estos valores fueron los más bajos en longitud de raíz.

En la interacción extracciones/tratamientos (Figura 4.12) se puede observar que al igual que en la variable longitud de hipocotilo, los tratamientos con AG₃ a 600 ppm estimularon un mayor crecimiento de raíz en tres de las extracciones (Fermentación a 24 y 72 hrs y HCl al 0.3%), mientras que los tratamientos AG₃ a 300 ppm y extracto orgánico concentrado a 0.4 grs se comportaron mejor en aquellas extracciones que lograron escarificar en cierto grado a la semilla, las cuales fueron HCl al 0.5 %, H₂SO₄ al 0.3 % e hipoclorito de sodio al 5 %.

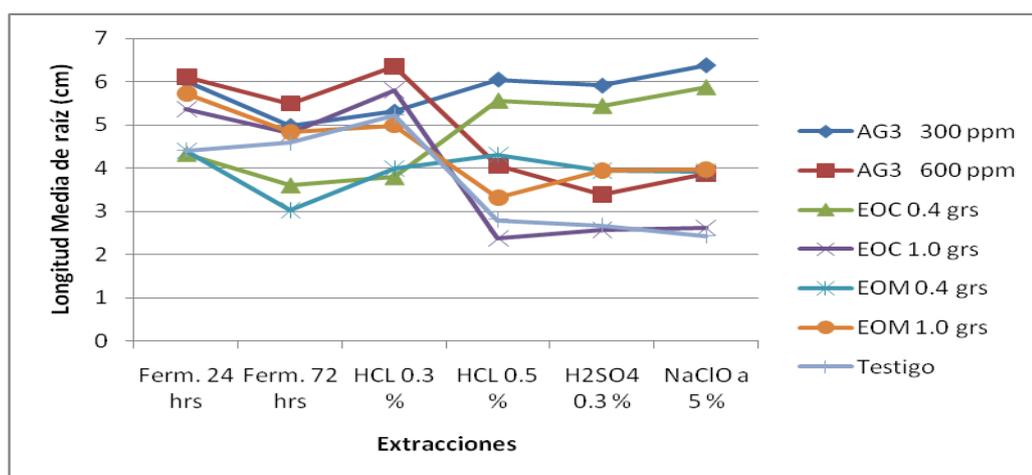


Figura 4.12 Longitud media de raíz en semilla de papaya hawaiana Cv. Golden tratada con productos orgánicos.

El mayor peso fresco de hipocotilo se dio con la extracción de fermentación a 24 hrs y HCl al 0.3 % presentando los valores más altos con 0.63 grs, seguidos por la fermentación a 72 hrs, NaClO al 5 % y HCL a 0.5 % con 0.58, 0.57 y 0.56 grs, estos pertenecen al mismo grupo, mientras que la extracción con H₂SO₄ al 0.3 % obtuvo el valor más bajo con 0.50 grs

Entre los tratamientos, el AG₃ a 300 ppm fue el mejor con 0.73 grs, seguido del AG₃ a 600 ppm, extracto orgánico concentrado a 0.4 grs, extracto orgánico mejorado a 1 gr y extracto orgánico mejorado a 0.4 grs, con valores de 0.69 grs, 0.61, 0.54 y 0.52 grs, quedando el tratamiento extracto orgánico concentrado a 1 gr y testigo en los últimos lugares con valores de 0.50 grs y 0.47 grs.

En la interacción extracciones/tratamientos se puede observar en la Figura 4.13 un comportamiento muy similar a las variables anteriores, en donde el AG₃ a 300 y 600 ppm y el extracto orgánico concentrado a 0.4 grs fueron los mejores tratamientos, así mismo, se observa que el AG₃ a 300 ppm y extracto orgánico concentrado a 0.4 grs requieren de una escarificación en la semilla para tener un mejor comportamiento, caso contrario sucede con el tratamiento AG₃ a 600 ppm, ya que este al existir escarificación en la semilla tiene un comportamiento negativo.

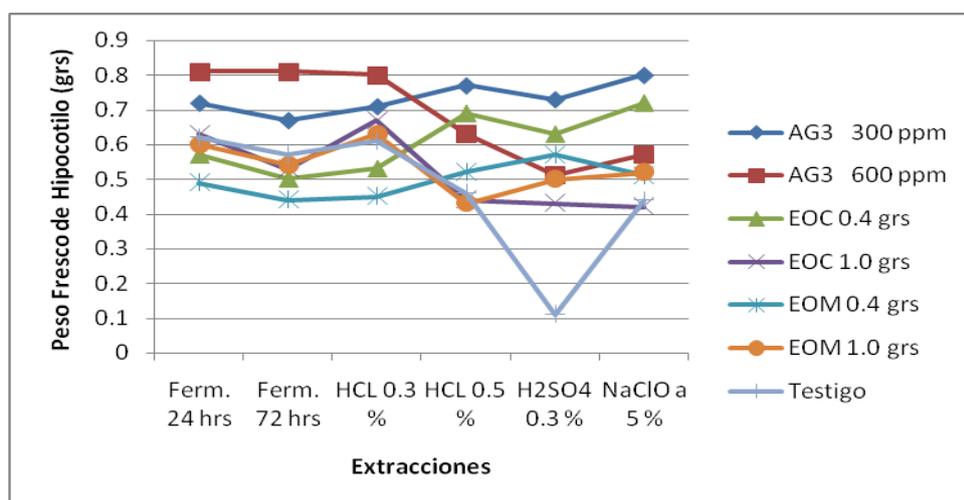


Figura 4.13 Peso Fresco de Hipocotilo en semilla de papaya hawaiana Cv. Golden tratada con productos orgánicos.

Las extracciones a base de fermentación a 24 hrs y HCl al 0.3 % fueron las mejores con valores de 0.32 grs y 0.30 grs, para peso fresco de

raíz, seguido del segundo grupo estadístico conformado por las extracciones a base de H_2SO_4 al 0.3 %, fermentación a 72 hrs, HCl al 0.5 % y NaClO al 5 %, las cuales presentaron los valores más bajos con 0.26, 0.26, 0.24 y 0.24 grs, siendo estas estadísticamente iguales.

Entre los tratamientos, se encontró que el AG₃ a 300 ppm fue el mejor con 0.39 grs, seguido de los tratamientos AG₃ a 600 ppm con 0.33 grs y extracto orgánico concentrado a 0.4 grs con 0.29 grs, mientras los tratamientos extracto orgánico concentrado a 1 gr, testigo, extracto orgánico mejorado a 1 gr y extracto orgánico mejorado a 0.4 grs, fueron los que arrojaron los valores más bajos con 0.23 y 0.21 grs, siendo estos estadísticamente iguales.

En la interacción se pudo observar que el AG₃ a 600 ppm respondió mejor en aquellas extracciones donde la semilla no fue afectada en la sarcotesta, a diferencia del AG₃ a 300 ppm y extracto orgánico concentrado a 0.4 grs que arrojaron los mejores resultados en las extracciones que provocan escarificación en las semillas (Figura 4.14).

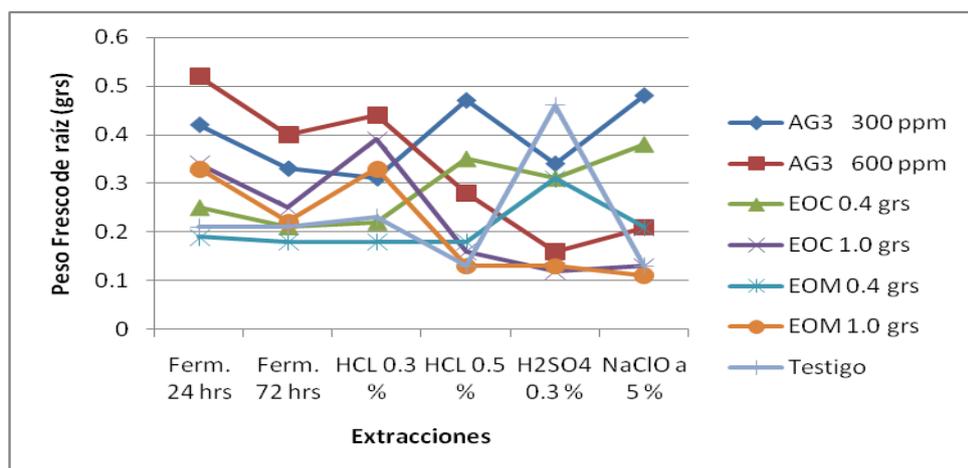


Figura 4.14 Peso fresco de raíz en semilla de papaya hawaiana Cv. Golden tratada con productos orgánicos.

En peso seco de hipocótilo se observa que los métodos de extracción a base de fermentación a 24 hrs y HCl a 0.3 % obtuvieron el mayor peso seco de hipocotilo con 0.073 y 0.072 grs, seguido por un segundo grupo, el cual está conformado por el HCl al 0.5 %, NaClO al 5 %, fermentación a 72 hrs y H₂SO₄ al 0.3 % con 0.065, 0.064, 0.063 y 0.062 grs, siendo estas estadísticamente iguales.

La comparación de medias para los tratamientos de AG3 300 y 600 ppm obtuvieron el mayor peso seco de hipocotilo con 0.082 y 0.081 grs, seguido del extracto orgánico concentrado a 0.4 grs con 0.067 grs, quedando los tratamientos extracto orgánico concentrado a 1 gr, extracto orgánico mejorado a 1 gr, testigo absoluto y extracto orgánico mejorado a 0.4 grs dentro del mismo grupo con valores de 0.060, 0.060, 0.059 y 0.058 grs respectivamente.

En lo que respecta a la interacción extracciones por tratamientos, en la Figura 4.15 se observa claramente la misma tendencia que en las variables anteriores, destacando los tratamientos AG3 300 y 600 ppm y extracto orgánico concentrado a 4 gramos.

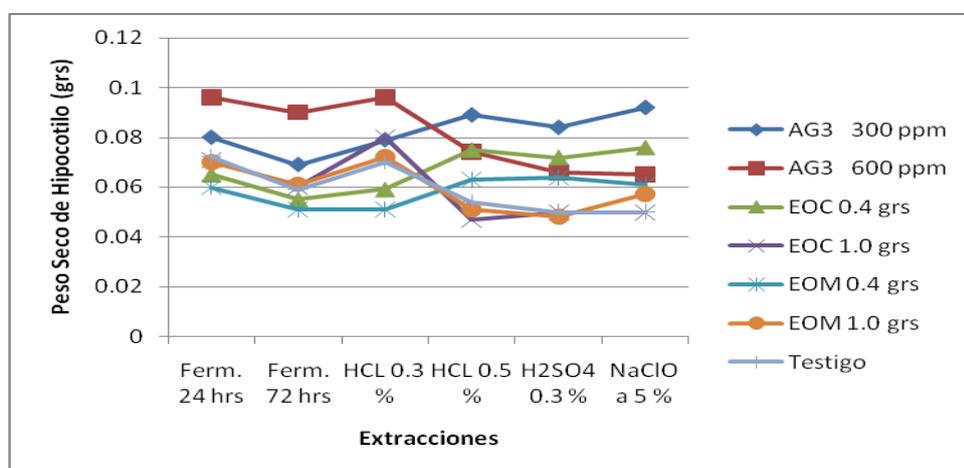


Figura 4.15 Peso seco de hipocotilo en semilla de papaya hawaiana Cv. Golden tratada con productos orgánicos.

En peso seco de raíz, la más sobresaliente fue fermentación a 24 hrs con 0.034 grs, seguida por HCl a 0.3 % con 0.029 grs, mientras que las extracciones de NaClO al 5 %, HCl al 0.5 %, fermentación a 72 hrs y H₂SO₄ al 0.3 % obtuvieron 0.025 grs, 0.025, 0.024 y 0.023 grs respectivamente, siendo estas estadísticamente iguales.

Entre los tratamientos estudiados, los mejores fueron AG₃ a 300 y 600 ppm con 0.036 y 0.034 grs, siguiendo el extracto orgánico concentrado a 0.4 grs con 0.028 grs, extracto orgánico mejorado a 1 gr y testigo absoluto con 0.028, 0.025, 0.022 grs, siendo los tratamientos extracto orgánico concentrado a 1 gr y extracto orgánico mejorado a 0.4 grs los que obtuvieron los valores más bajos con 0.022 y 0.021 grs, siendo estos estadísticamente iguales.

En la interacción se observa (Figura 4.16) que los tratamientos AG₃ 300 y 600 ppm y extracto orgánico concentrado a 0.4 grs tuvieron un comportamiento muy similar a las variables descritas anteriormente.

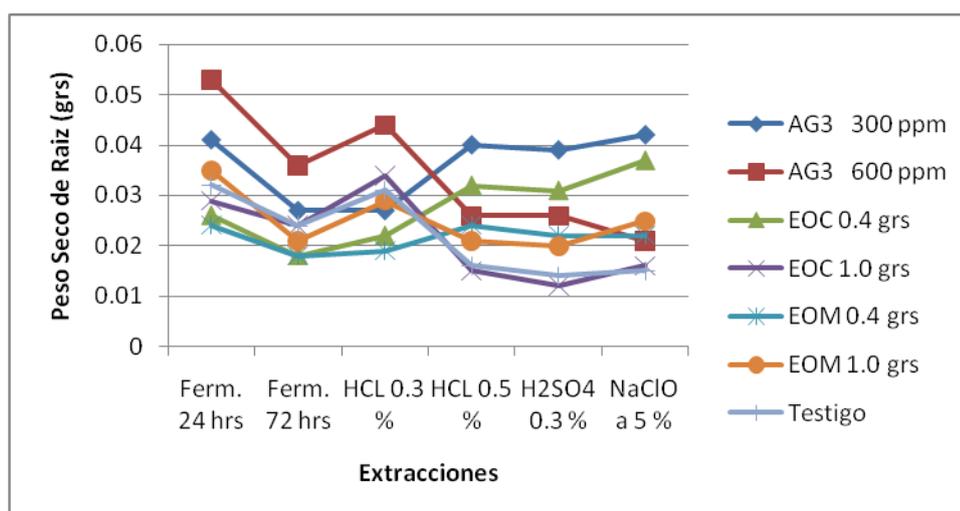


Figura 4.16 Peso seco de raíz en semilla de papaya hawaiana Cv. Golden tratada con productos orgánicos.

DISCUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el estudio (rompimiento de latencia) la semilla de papaya logró tener germinaciones de hasta un 94 y 89 % al ser sometida a imbibición por dos horas con AG₃ a 300 y 600 ppm a diferencia del resto de los tratamientos donde no se presentó germinación, lo cual coincide con Patiño *et al.* (1983), quienes coinciden con Hartmann y Kester (1988), estos recomiendan hormonas y otros estimulantes químicos para romper la latencia como son: nitrato de potasio, tiourea, etileno, ácido giberélico (GA₃), citokininas, entre otros, empleando este tipo de sustancias a diferentes concentraciones y tiempos de remojo, dependiendo de la especie que se trate.

El máximo porcentaje de plántulas normales en este estudio fue del 26.6 % y esto al utilizar AG₃ a 600 ppm, estos resultados posiblemente se deban a que los frutos utilizados para la extracción de la semilla se encontraban con un grado de madurez del 100 %, lo cual coincide con Lesbel *et al.* (2000) quienes reportan que la obtención de semillas en papaya asegura un mayor porcentaje de germinación en frutos no completamente maduros que en frutos completamente maduros.

En lo que respecta a las características físicas de la semilla evaluadas en la etapa B, únicamente se encontraron diferencias estadísticas en dos de las variables evaluadas (Peso volumétrico inicial y final) en dichas variables,

la extracción a base de HCl al 0.3 % sobresalió ante el resto de las extracciones en estudio, estos resultados posiblemente se deba a que los frutos utilizados para la extracción de la semilla fueron obtenidos del mismo lote de producción y con el mismo grado de madurez, aunado a esto se suma el proceso de acondicionamiento donde las semillas fueron separadas por peso quedando en el contenedor inferior del soplador la semilla pura con pesos muy similares.

En el estudio de almacenamiento, para germinación, el porcentaje más alto fue para la extracción a base de HCl al 0.3 %, con un 93.3 %. Después de los seis meses de almacenamiento la semilla tiende a deteriorarse en la mayoría de las extracciones, sin embargo, la extracción con HCl al 0.3 % se mantiene con el mismo porcentaje hasta los ocho meses.

Lo anterior coincide con Duffus y Slaughter (1985), quienes reportan que cualquiera que sea la semilla y cualesquiera que sean las condiciones de almacenamiento, se observa que la viabilidad de una muestra de semillas permanece razonablemente estática por un tiempo y después empieza a declinar hasta que ninguna de las semillas germina.

Para el caso del vigor, las extracciones a base de HCl al 0.3 % y fermentación por 24 y 72 horas fueron superiores al resto de las extracciones, sin embargo, la semilla obtenida en los diferentes métodos de extracción tienen un comportamiento muy semejante, ya que estas van disminuyendo sus vigor conforme se prolonga el tiempo de almacenamiento,

pero, en el caso de la extracción a base de HCl al 0.3 %, fermentación por 24 y 72 horas el deterioro es más lento a través del tiempo.

Estos resultados coinciden con Semillas del Caribe (2003), quienes mencionan que la semilla de papaya es muy sensible a los cambios de temperatura y de humedad, dichos cambios causan una disminución progresiva de la viabilidad y el porcentaje de germinación de la misma. En un trabajo realizado por Ríos (1996), reporta que el método y tiempo de extracción afecta la germinación y vigor de las semillas.

En la evaluación de productos orgánicos en la germinación los resultados obtenidos demostró que el tratamiento a base de extracto orgánico concentrado a 0.4 gr/150 semillas en la variable germinación superó al resto de los tratamientos con 89.16 %, esto posiblemente se deba a que el producto contiene cantidades importantes de citocininas, elementos menores, así como ácidos húmicos, ácidos fulvicos y otros compuestos.

Los métodos de extracción tienen efecto sobre la respuestas de los tratamientos utilizados en este estudio, ya que los resultados demuestran que los tratamientos a base de AG₃ a 300 ppm y extracto orgánico concentrado a 0.4 grs reflejaron los mejores resultados en todas las variables al interactuar con las extracciones a base de HCL 0.5%, H₂SO₄ al 0.3% y NaClO al 5%, esto posiblemente se deba a que estos métodos de extracción provocaron escarificación en las semillas.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye lo siguiente:

El AG₃ logró promover la germinación al someter la semilla a imbibición por dos horas a una concentración de 600 ppm.

Con respecto a los métodos de extracción de semillas, HCl al 0.3 % y fermentación por 24 y 72 horas fueron los mejores, ya que estos no afectaron la calidad física y fisiológica de la semilla, sin embargo, se recomienda la extracción a base de HCl al 0.3 %, ya que en esta se requiere menor tiempo y la longevidad de la semilla se mantiene estable hasta los ocho meses de almacenamiento, a diferencia de la fermentación donde el tiempo de extracción es mayor y la viabilidad de la semilla disminuye después de los seis meses de almacenamiento.

Con respecto a los tratamientos utilizados para promover la germinación después de 240 días de almacenamiento, el extracto orgánico concentrado a 0.4 grs fue el que obtuvo el mayor valor con 89.16 %, pero se observó que el mayor impacto se obtiene en las extracciones que causan escarificación. El AG₃ a 300 PPM y extracto orgánico concentrado a 0.4 grs incrementaron considerablemente el vigor al interactuar con las extracciones a base de HCL 0.5%, H₂SO₄ al 0.3% y NaClO al 5%,

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Producción de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas y en el invernadero número uno de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN). Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron: Evaluar seis tratamientos de semilla para romper la latencia presente en la semilla de papaya (*carica papaya*) extraída bajo el método convencional, evaluar seis métodos de extracción de semilla de papaya y sus efectos en la calidad fisiológica, conocer la longevidad de la semilla de papaya extraída bajo diferentes métodos de extracción y almacenada bajo condiciones de refrigeración durante 240 días, así como, evaluar el efecto de productos orgánicos sobre la germinación de la semilla de papaya almacenada durante 240 días bajo condiciones de refrigeración. El material genético que se utilizó fueron frutos de papaya de la variedad Golden (Hawaina) proporcionada por la empresa de Semillas del Caribe, Especialistas en Papayas, S.A. de C.V. de Guadalajara Jalisco, la investigación se llevo acabo en dos etapas “A y B”. Los resultados en la etapa “A” mostraron que la semilla de papaya logró tener germinaciones de 94 y 89 % al ser sometida a imbibición por dos horas con AG_3 a 300 y 600 ppm. En lo que respecta a las características físicas de la semilla evaluadas en la etapa B, únicamente se encontraron diferencias estadísticas en las variables de (Peso volumétrico inicial y final) la extracción a base de HCl al

0.3 % sobresalió ante el resto de las extracciones en estudio. En almacenamiento, la germinación más alta fue para la extracción a base de HCl al 0.3 %, con un 93.3 %. Después de los 180 días de almacenamiento la semilla tiende a deteriorarse en la mayoría de las extracciones, sin embargo, la extracción con HCl al 0.3 % se mantiene con el mismo porcentaje hasta los 240 días. Para el caso del vigor, las extracciones a base de HCl al 0.3 % y fermentación por 24 y 72 horas fueron superiores al resto de las extracciones, sin embargo, la semilla obtenida en los diferentes métodos de extracción tienen un comportamiento muy semejante, ya que estas van disminuyendo sus vigor conforme se prolonga el tiempo de almacenamiento, pero en el caso de la extracción a base de HCl al 0.3 %, fermentación por 24 y 72 horas, el deterioro es más lento a través del tiempo. En la evaluación de productos orgánicos en la germinación los resultados demostraron que el tratamiento a base de extracto orgánico concentrado a 0.4 gr/150 semillas en la germinación superó al resto de los tratamientos con 89.16 %, los métodos de extracción tuvieron efecto sobre la respuestas de los tratamientos, los resultados demuestran que los tratamientos a base de AG_3 a 300 ppm y extracto orgánico concentrado a 0.4 grs reflejaron los mejores resultados en todas las variables al interactuar con las extracciones a base de HCL 0.5%, H_2SO_4 al 0.3% y NaClO al 5%.

LITERATURA CITADA

- Antonio, M. J. 1995. Tratamientos a la semilla de papaya (*Carica Papaya L.*) para mejorar su germinación. Tesis de licenciatura UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. pp. 43-47
- Bidwell, R. G. 1993. Fisiología Vegetal. Primera edición. Ed. A.G.T., México. pp. 75-78
- Bustamante, G. L. A. 1982. Semillas: control y evaluación de su calidad. Curso de actualización sobre tecnología de semillas. Buenavista, Saltillo, Coah. México. UAAAN. pp. 99
- Camacho, M.F. 1994. Dormición de Semillas. Ed. Trillas. México. pp. 9,13.
- Dávila, C. S. 1985. Acondicionamiento y almacenamiento de semillas en México. Memoria de la reunión nacional sobre producción de semillas en México. Universidad Autónoma de Chapingo. Ed. Chapingo. México. pp. 109-114
- Duffus, C. y C. Slaughter. 1985. Las semillas y sus usos. Editorial AGT. México. P. 50, 84-89.
- Everson, LE, C.S. Shin, and F.B. Cady. 1965. A comparison of the uniform blowing and hand methods for the purity analysis of *Poa pratensis* seed. Proc. Int. Seed test. Association. p. 493-507.
- Facio, P. F. 1983. Acondicionamiento de semillas. Memoria del curso de actualización sobre tecnología de semillas. CCDTS. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila México. p. 79.
- Ferwerda, F.P. 1987. Genotécnia de cultivos tropicales perennes. 1a Edición, pp. 374–392.
- Flores, H. A. 2004. Introducción a la tecnología de las semillas. 1ra edición. Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp. 61, 76, 77, 113,149
- Guillermo, G. D. 1998. Guía para el cultivo de papaya (*Carica papaya L.*). Ed. La Uruca, San José. Costa Rica. pp. 19-20
- Hartman, T. H. y E. Kester. 1988. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Ed. CECSA. México D. F. pp. 759-760

- Holman, R. M. y W. W. Robbins. 1982. Botánica general. Primera edición. Ed. Unión Tipográfica, México. pp. 282-294.
- International Seed Testing Association (ISTA), 2004 International Rules for Seed Testing. P.O. BOX 308, 8303 Basserdorf, CH – Switzerland. ISBN 3 – 906549 – 38 – 0. Chapter 3, 4, 5 y 9.
- Jara, C. T. 1993. Potencial de pruebas de vigor para el ensayo de semillas de trigo. Tesis de Licenciatura UAAAN, Saltillo, Coah, México.
- Jiménez, M. A. 1984. Escarificación, inoculación, y peletizado de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo, México. D.F. pp. 15-21.
- José A., G. D. 2002. El cultivo de la papaya hawaina. Ed. EARTH. Costa Rica. p. 16
- Lesbel, C. L., L. Alberto y M. Aranguren. 2000. Fundamentos teóricos – prácticos sobre el cultivo y cosecha de la papaya (*Carica papaya* L.). Ed. Universitaria del Ministerio de Educación Superior. Cuba. pp. 6-7
- Mendoza, O. A. 1985. Causas y consecuencias de la deterioración de las semillas. Curso sobre calidad de semillas y control de enfermedades. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Calí, Colombia. P. 5.
- Mirafuentes, H. F. 1995. Manual para producir papayo en Tabasco. INIFAP. Campo Experimental Huimanquillo, Tabasco. Folleto No. 9 pp. 6-10
- Moreira, C. N. y N. Joao. 1983. Sementes ciencia, Tecnologia e producao. Ed. Campinas. pp.386-389.
- Moreno, M.E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ra. Edición. UNAM. México. pp. 63,113.
- Neves, G. M, S. Ferreira, P. M. Gonzaga y P. S. Prucoli. 2000. Efeito do Armazenamento dos Frutos na Germinacao e Vigor de Sementes de Mamao. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF.
- Patiño, F.; P.de la Garza; Y. Villagomez; I. Talavera, y F. Camacho, 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. P. 181
- Palanisamy, V. and K, Ramamoorth. 1987. Seed germination studies in papaya. Progressive Horticultura. pp. 253-255.

- Rafael, R. V. 2004. Establecimiento de plantaciones de lechosa. INIA. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Zulia. Maracaibo, Estado Zulia. p. 15
- Ríos, C. H. J. 1996. Métodos de extracción y calidad de semilla en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot) Tesis de maestría UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. pp.43-47
- Ruiz, O. M., R. D. Nieto y R. I. Larios. 1979. Tratado elemental de botánica. Décima quinta edición. Ed. E.C.L.A.L.S.A., México. pp. 251-260.
- SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT User`s Guide. Version 6, fourth Edition. SAS Institute Inc., Cary, N.C.
- Semillas del Caribe. 2003. En línea: www.semillasdelcaribe.com
- Serrato, C., V. M. 1995. Curso de capacitación en tecnología de semillas a extensionistas. Consultoría en tecnología de semillas. Ed. CENTA, El Salvador.
- Silva. C, C.A. 1993. Aspectos relacionados con el deterioro de las semillas Revista ICA (Colombia). 28(2): 137-146.
- Steel, G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill, New York. USA.
- Universidad Politécnica de Valencia, (U. P. V.). 2003. Latencia de Yemas y Semillas. En línea: http://www.etsmre.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_16.