

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



**Evaluación de Métodos de Extracción de Semillas de Papaya (*Carica papaya*  
L.) y su Efecto en la Calidad**

Por:

**SIMÓN BOLÍVAR PÉREZ CRUZ**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para**

**Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Marzo 2008**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

**Evaluación de Métodos de Extracción de Semillas de Papaya (*Carica papaya***

**L.) y su Efecto en la Calidad**

**Por:**

**SIMÓN BOLÍVAR PÉREZ CRUZ**

**Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito**

**Parcial para Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Aprobado Por:**

**Asesor principal:** \_\_\_\_\_  
**M.C. Maria Alejandra Torres Tapia**

**Asesor:** \_\_\_\_\_  
**Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo**

**Asesor:** \_\_\_\_\_  
**Dr. Víctor Manuel Zamora Villa**

\_\_\_\_\_  
**Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo.**  
**Coordinador de la División de Agronomía**  
**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Marzo 2008**

## DEDICATORIA

### **A: DIOS.**

Especialmente a ti por haberme dado una gran oportunidad de vivir, sobre todo por cuidarme e iluminarme en todo momento, tu que estuviste presente a mi lado en momentos de angustia, tristeza, desesperación y alegría; pero nunca me dejaste solo y que me distes las fuerzas necesarias para salir adelante.

### **A ti Mamita: Filomena Cruz Samayoa.**

Te dedico este proyecto, por que estoy muy orgulloso de que tú seas mi hermosa y buena mamá, gracias por traerme al mundo, por quererme, adorarme y cuidarme; sobre todo por darme una excelente educación que me convirtió en lo que ahora soy, gracias a tus bendiciones y apoyo moral mi primer objetivo se ha cumplido (Te Quiero Mucho, DIOS te bendiga).

### **A ti padre: Bolívar Pérez Ramos.**

Tu forma de hacer las cosas fáciles, me enseñó a comprender que no existe nada imposible por hacer siempre y cuando haya vida. Muchas gracias por tu apoyo y darme esta herencia “la profesión” (DIOS te bendiga).

### **A mis hermanos: Yadit, José, Marily, Anahi y Lisander.**

Por sus apoyo incondicional que me brindaron y muestra de cariño como buenos hermanos unidos (Los Quiero, DIOS los bendiga).

### **A mis tíos: Rubelí y Siria.**

Por el afecto que me tienen, sobre todo por apoyarme moralmente y motivarme a salir adelante y no caer en cualquier obstáculo (DIOS los bendiga).

### **A mis primos: Avidan y Jorge.**

Quienes me regalaron su amistad y la armonía de convivir como primos hermanos y mas aun por sus pequeños consejos pero significativos.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mis “Asesores”:**

**M.C. Maria Alejandra Torres Tapia.**

Por su hermosa amistad que me brindo a lo largo del proyecto, y como olvidar sus palabras de motivación en los momentos de aflicción; además sus grandes consejos que me ayudaron a fortalecer para salir adelante. Mil gracias por haberme asesorado en mi tesis y dedicarme el tiempo necesario para culminar el proyecto, para mi fue la persona indicada. Dios la bendiga.

**Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo.**

Por haber puesto su confianza en mí para llevar acabo el proyecto, además por brindarme su amistad y apoyo. Gracias.

**Dr. Víctor Manuel Zamora Villa.**

Por su apoyo incondicional y regalarme un poco de su tiempo, además brindarme su amistad. Gracias.

**A la Empresa Semillas del Caribe S.A. de C.V.**

En especial:

Ing. Roberto García Padilla

Lic. Francisco Mendoza Garibay

Por brindarme la oportunidad de elaborar un proyecto en coordinación con la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y por la aportación del material genético papaya Maradol para llevar acabo el trabajo de investigación.

**A mi “ALMA TERRA MATER”.**

Por darme la gran oportunidad de realizar mis estudios.

A mi **DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO.**

Por brindarme la facilidad de llevar acabo mi tesis y hacer uso de los equipos y materiales del laboratorio.

**A los señores: Concepción y Felipe.**

Por la confianza que me brindaron y que me permitieran convivir con ellos, en la cual, forme una nueva familia.

**A mis amigos:**

Jannet, Deysi, Dania, Gisel, Gabriel L, Ubaldo, Gonzo, Efrén, Toledo, Aron, Elmer, Narciso.

Quienes me brindaron su apoyo y amistad en todo momento, con quienes forme una nueva familia compartiendo grandes experiencias y culturas. Nunca olvidare los momentos que disfrutamos.

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b> .....	I
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	II
<b>INDICE DE CONTENIDO</b> .....	IV
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	V
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	VI
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Objetivos.....	4
Hipótesis.....	4
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b> .....	5
Generalidades del cultivo.....	5
Clasificación taxonómica.....	5
Descripción botánica.....	6
Requerimiento ecológico.....	8
Requerimientos edáficos.....	9
Cosecha de fruto.....	9
Extracción de semillas.....	11
Calidad de semillas.....	16
Factores que afectan la germinación.....	18
Tratamientos para promover la germinación en semillas de papaya.....	18
Estudios de germinación de semilla de papaya.....	19
Almacenamiento de semillas de papaya.....	20
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	22
Material experimental.....	22
Características del fruto.....	22
Métodos de extracción.....	23
Tratamientos para la germinación.....	24
Parámetros evaluados.....	25
Diseño experimental.....	30
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	32
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	49
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b> .....	50

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Pág.
3.1	Coloración de índice de madurez para la producción de semillas de papaya Maradol.....	22
4.1	Comportamiento de la viabilidad en semillas de papaya Maradol extraídas bajo ocho métodos después del acondicionamiento.....	37
4.2	Comportamiento de ocho métodos de extracción sometidos a cuatro tratamientos para promover su germinación y vigor (primer conteo) en semillas de papaya Maradol.....	43
4.3	Comportamiento del índice de velocidad de emergencia en ocho métodos de extracción, sometidos a cuatro tratamientos en semillas de papaya Maradol.....	45
4.4	Comportamiento de longitud media de hipocotilo y raíz en ocho métodos de extracción, sometidos a cuatro tratamientos en semillas de papaya Maradol.....	47
4.5	Comportamiento de peso seco en ocho métodos de extracción, sometidos a cuatro tratamientos en semillas de papaya Maradol.....	48

## INDICE DE CUADRO

Cuadro	Descripción	Pág.
3.1	Métodos de extracción con sus respectivas concentraciones para la extracción de semillas de papaya Maradol.....	23
3.2	Tratamientos que se utilizaron para promover la germinación en semillas de papaya Maradol.....	24
4.1	Media general de las características físicas de los frutos de papaya Maradol sometidos en el estudio.....	32
4.2	Cuadrados medios, significancia y comparación de medias de las variables de calidad física en ocho métodos de extracción de semillas de papaya Maradol.....	35
4.3	Cuadrados medios, significancia y comparación de medias de viabilidad después del acondicionamiento (Clasificación) en los ocho métodos de extracción en semillas de papaya Maradol.....	37
4.4	Significancia, comparación de medias y coeficientes de variación de extracciones, tratamientos y la interacción de extracciones por tratamientos en la germinación y vigor en semillas de papaya Maradol.....	42

## INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) es un cultivo de clima tropical, es ampliamente apreciado por ser uno de los pocos frutales que proporciona, producción continua durante todo el año después de iniciada la fructificación, por poseer frutos con un alto valor nutritivo, y por alcanzar altos rendimientos. La producción de papaya genera ingresos a las familias dedicadas a su cultivo, debido a los altos precios que alcanza en el mercado.

Su principal forma de consumo es como fruta fresca, aunque en algunos países lo explotan para extraer el látex que contiene la fruta inmadura, del cual principalmente se obtiene la papaína, una enzima proteolítica utilizada como base de ablandadores de carne y otros usos industriales y farmacológicos.

En el año 1998 la Organización Mundial para la Alimentación y la Agricultura (FAO) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), reportó un estimado de 5.1 millones de toneladas métricas cosechadas a nivel mundial, esto casi duplica la producción del año 1980.

De acuerdo a los reportes de la FAO, durante el periodo de 1993 al 2003, la superficie cultivada con papaya en el mundo ha tenido un incremento del 43.2 por ciento.

Brasil es el principal productor y comercializador de papaya a nivel mundial, siendo su principal mercado de exportación los países europeos. En el año 1998 tuvo una superficie cosechada de 35,000 hectáreas con un rendimiento promedio de 48.6 toneladas por hectárea, siendo éste el número uno a nivel mundial.

Estados Unidos es a la fecha el principal país importador de papayas del mundo, quienes compran el 44.9 por ciento, seguido por Singapur (13%) y China (12.7%). Estos tres países importaron cerca del 71 por ciento de la papaya en el planeta y el 29 por ciento restante esta distribuido entre otros 70 países. México ocupa el tercer lugar a nivel mundial en producción de papaya con 498,000 toneladas, en el área cosechada ocupa el quinto puesto con 17,500 hectáreas y es el primer lugar como país exportador de fruta con 59,638 toneladas (FAO, 1998).

La producción nacional de papaya se desarrolla en diferente grado de intensidad en 21 entidades del territorio nacional, que para el año 2002, se destinaron 22,370 hectáreas a la producción de esta fruta. Los principales estados productores son Veracruz, Tabasco, Chiapas, Michoacán, Oaxaca, Jalisco, Guerrero y Nayarit, quienes en su conjunto concentran el 84.7 por ciento en superficie sembrada, el 82.5 por ciento de la cosecha y más del 88 por ciento en lo que a producción se refiere, Sistema de Información Agrícola y Pecuario (SIAP, 2002)

En la actualidad, el método más práctico y comercial del cultivo de papaya es mediante el uso de semilla sexual que se establecen en viveros. La semilla debe extraerse de frutos sanos y maduros de plantas hermafroditas con el objeto de disminuir al máximo la probabilidad de que salgan machos en la futura plantación. De lo contrario se obtendrán distintos resultados, según se empleen semillas procedentes de árboles femeninos fecundados con papayos masculinos o semillas procedentes de árboles femeninos y hermafroditas.

La producción de semilla comercial se realiza en siembras (lotes) aisladas para evitar la contaminación con polen de plantas masculinas, en las que se utilizan únicamente plantas femeninas y hermafroditas; realizándose la polinización de sus flores por acción de insectos y del viento.

Entre las principales causas que afectan la germinación de las semillas se encuentran: la presencia de cubiertas de las semillas (mucílago), semillas fisiológicamente inmaduras, embriones en descanso, embriones rudimentarios y sustancias inhibidoras. Se menciona que las cubiertas impiden el movimiento molecular de afuera hacia adentro de las semillas y viceversa, y no permite que si existe algún inhibidor natural en los tegumentos, pueda ser lavado bajo condiciones del suelo, evitándose o deteniéndose la germinación, hasta el momento que las cubiertas se hallen en estado de descomposición (Lange, 1961)

Una vez separadas las cubiertas de la semilla, esta puede germinar entre dos o tres semanas después de haber sido sembrada, siempre y cuando las condiciones de temperaturas y humedad son propicias (Henry, 1962). El tiempo de germinación de la semilla es de 21 a 28 días (Ochese, 1972). De lo contrario si permanecieran las cubiertas en la semilla, estas se adhieren a ella e inhiben su germinación.

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 ultimo es considerado junto con el asoleado métodos rústicos en la extracción, ya que requiere de un tiempo de dos o tres días en la fermentación, y de dos a tres horas en el asoleado produciendo como consecuencia un olor desagradable, mala apariencia en las semillas y afectando su viabilidad.

Además la semilla de papaya presenta cierto nivel de inhibidores en su cubierta que hace que la germinación sea lenta e irregular, para evitar la presencia de inhibidores se emplean sustancias reguladoras de crecimiento (ácidos indolacético, naftalenacético, giberélico e hidrazida maleica).

Por lo anterior, la empresa, Semillas del Caribe le propuso a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro a través del Centro de Capacitación y Desarrollo

de Tecnología de Semillas, participar en un proyecto de investigación con el propósito de probar diferentes métodos de extracción y tratamientos para la germinación a corto tiempo en semillas de papaya Maradol, ya que la demanda de esta en el mercado no puede esperar y los métodos que actualmente se emplean (fermentación) son muy prolongados.

Por lo anterior, el presente trabajo tiene como:

### **Objetivos**

- Comparar el mejor método de extracción de semilla de papaya Maradol utilizando productos químicos sin que afecta su calidad fisiológica.
- Determinar la mejor dosis de productos químicos en la extracción de semilla sin que afecte su calidad.
- Comparar el mejor tratamiento para estimular la germinación y vigor de semillas de papaya Maradol bajo condiciones de laboratorio.

### **Hipótesis**

- Al menos uno de los métodos de extracción y dosis de producto químico no afecta la calidad fisiológica de la semilla de papaya maradol.
- Al menos uno de los tratamientos aplicados eleva la capacidad de germinación y vigor de la semilla de papaya Maradol.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## Generalidades del Cultivo

La papaya es originaria de América Central (Sur de México), actualmente se cultiva en Florida, Hawai, África Oriental, Británica, Sudáfrica, Ceilán, India, Islas Canarias, Archipiélago Malayo y Australia. Fue descrita por primera vez en 1526 por el cronista español Oviedo, quien la encontró en las costas de Panamá y Colombia.

La dispersión de la papaya a grandes rasgos, inicia aproximadamente en el año 1500 de nuestra era, cuando los españoles llevaron semillas a Panamá y República Dominicana. En el siglo correspondiente, marinos y portugueses las llevaron a Filipinas, Malasia y la India.

## Clasificación Taxonómica

Reino	Vegetal
Subreino	Embriofita
División	Antophyta
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledonea
Orden	Parietales
Familia	Caricaceae
Genero	<i>Carica</i>
Especie	<i>papaya</i>

(CARISEM, 2000)

## **Descripción Botánica**

*Carica papaya* es una hierba gigantesca, que alcanza hasta 8 ó 10 m de altura, y se forma de un tronco que no se ramifica y su punto apical crece continuamente, alargando el tallo y formando nuevas hojas. En la parte apical se desarrollan constantemente nuevas hojas, y a medida que el tallo va creciendo, las hojas viejas maduran y caen, este fenómeno deja libre el espacio en que ha de desarrollarse el fruto (León, 1987).

Su raíz tiende a ramificarse profundamente y en forma radial, explotando una capa de suelo de aproximadamente un metro de profundidad; son flexibles y de color blanco cremoso (Morín, 1967). Las raíces de papaya son sensibles al agua encharcada, siendo fatal su inmersión por 48 horas, por otra parte, el riego es necesario durante los periodos de sequía prolongada (Samson, 1991).

El tallo es erecto, cilíndrico, con tejido esponjoso, hueco, de 10 a 30 centímetros de diámetro, sin ramas laterales, pero algunas veces dividido en ramificaciones. El tallo termina en un mechón de hojas de pecíolos largos que nacen en forma alternada alrededor de él. Es de consistencia herbácea, algo lignificado en su base y puede alcanzar una altura de 2 a 10 metros. Su función no es solamente la de sostener las hojas si no también la de transporte de agua y minerales, además de la translocación de fotosintatos (Morín, 1967; Litz, 1986).

Las hojas se encuentran cerca del ápice del tallo. Tienen largos pecíolos huecos, de color gris pálido a teñido de púrpura, los pecíolos de las hojas maduras generalmente se extienden horizontalmente desde el tallo principal hasta alcanzar una longitud aproximada de 45 a 75 cm, dependiendo de la variedad. (Samson, 1991).

Su fruto es una baya carnosa, quedando en su interior un solo hueco, lleno de semillas, de las cuales puede tener 1000 o más. Tiene una testa epicarpio fino,

liso, algo coriáceo y la pulpa mesocarpio y endocarpio blanda, de color rojizo (Pereira, 1986).

Las flores de papaya, debido a que es una especie polígama sus flores se clasifica en tres clases sexuales: masculina, femenina y hermafrodita. Algunas plantas producen flores que no corresponden a estas tres formas básicas, pero exhiben diferentes grados de masculinidad o feminidad (Malo y Campell, 1994).

- **Flores masculinas.** Son de tamaño pequeño, aproximadamente de dos centímetros, forma tubular, se agrupa en racimos con un pedúnculo largo (hasta 80 centímetros) posee de 5 a 10 estambres y un pistilo atrofiado. Los pocos frutos que llegan a maduración provenientes de este tipo de flor, no son comerciales, debido a su tamaño, forma y peso.
- **Flores femeninas.** Son de tamaño grande de aproximadamente cuatro centímetros, forma oblonga, única por axila, casi sentada, posee solo pistilo con estigma amplio y pentalobulado y su ovario es globoso. Estas flores dan origen a frutos globosos, o sea con una cavidad amplia y pulpa delgada.
- **Flores hermafroditas.** Son de tamaño intermedio, pedúnculo corto y ramificado con dos ó tres flores, posee estambres y pistilo funcional.

Las flores hermafroditas presentan una amplia gama de variantes que oscilan entre **hermafrodita elongata**, la cual es parecida a la flor masculina, los estambres están adheridos a la cara interna de los pétalos, generalmente presenta 10 estambres, el ovario del pistilo es alargado. Esta flor es la que produce los frutos de mayor calidad, compactos, apropiados para empaque; **hermafroditas intermedia o irregular**, no es una flor bien constituida, formando frutos deformes, los estambres pueden variar de 5 a 10 y están colocados irregularmente en el tubo de la corola y **petandrica**, esta ultima posee cinco

estambres y el filamento estaminal adherido a la cara externa del ovario, el fruto proveniente de esta flor es generalmente grande ovoidal o globosa y frecuentemente con surcos longitudinales marcados por los estambres.

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 muricada y de una sarcotesta traslucida que contiene un fluido delgado mucilaginoso (Ferwerda, 1987).

Son numerosas y están adheridas a lo largo de cinco hileras en el interior de la cavidad del fruto, son de forma esférica, de aproximadamente cinco milímetros de diámetro y 0.02 gramos de peso.

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 ([www.semillasdelcaribe.com.mx](http://www.semillasdelcaribe.com.mx)).

### **Requerimiento Ecológico**

La papaya no se debe cultivar en áreas propensas a las heladas. La producción comercial de fruta de alta calidad, se encuentra en aquellas plantaciones que están debajo de una altitud de 1000 msnm. La papaya producida en regiones bajas es de buena calidad en cuanto a su sabor y tamaño pero a medida que el cultivo se va haciendo a mayor altura esas características van desapareciendo, por lo que para producir buena fruta se recomiendan alturas inferiores a los 2100 msnm.

La temperatura es el factor climático limitante, que permite que este frutal se desarrolle o no. El rango de temperatura es entre 22° y 30°C, pero su óptima

es entre 23 y 28 °C, temperaturas bajas inhiben su crecimiento y temperaturas altas le provocan abscisión floral y baja en la producción. Canículas y sequías especialmente en la floración ocasionan su caída y la planta llega a suspender su crecimiento. La temperatura óptima para el cultivo de papaya es de 20° C (Ploetz *et al.*, 1994). Se deben establecer en lugares donde las temperaturas nocturnas no bajan de entre 12 y 14 °C por varias horas, ya que esto afecta severamente el crecimiento y la producción.

La precipitación pluvial debe de fluctuar entre 1500 y 2000 mm anuales, es la óptima para el buen desarrollo de papaya. Un exceso de agua por 48 horas afecta a la planta.

### **Requerimientos Edáficos**

El suelo debe ser profundo, blando, permeable y fértil. Por regla general, los árboles y plantas, no deben de cultivarse en terrenos demasiado húmedos y compactos porque se pudren con facilidad las raíces.

Este cultivo crece bien en diferentes tipos o colores del suelo, con una proporción adecuada de arena. Los suelos que dan resultados favorables con base a producción y calidad son los suelos franco arcilloso, arcilloso rico en materia orgánica, profundo y permeable. Requiere de un PH adecuado para su buen desarrollo, que se maneja el óptimo de 6.5 a 7.0 de PH.

### **Cosecha de Fruto**

Respecto al grado de madurez, en México aun no se ha determinado un momento exacto de corte de la papaya y que, para realizar la cosecha se toma en cuenta solo el color del fruto, el cual es determinado a la vez por las personas que compran el fruto a los productores y que tienen que ver con el mercado destinado (De los Santos *et al.*, 1993).

Aunque en México aun no se haya determinado el momento exacto de cosecha de la papaya, se pueden hacer pruebas, cosechando a diferentes niveles o grados de maduración para verificar:

- Vida de postcosecha
- Calidad de madurez al momento de consumo.

Dichos índices varían y pueden tomarse en cuenta la tonalidad de la cáscara, contenido de azúcar y sólidos solubles, firmeza de tejido e incluso contenido interno de etileno (Sánchez, 1988).

Frutas cosechadas inmaduras no maduran normalmente con posterioridad, la fruta no desarrolla aroma ni dulzura normales, se deshidrata fácilmente y presenta mal aspecto; todo lo cual hace que pierda su valor comercial. Frutas cosechadas más maduras (1/4, 1/2 y 3/4 de amarillo) tienen una vida de poscosecha menor por lo que sólo pueden ser comercializadas en el mercado interno. Otros índices de madurez complementarios al color son la textura y el contenido de sólidos solubles (11.5% mínimo). Se recomienda determinar estos índices para las variedades cultivadas en la localidad, ya que sus valores pueden variar por las condiciones ambientales y del cultivo.

(<http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s02.htm>)

En forma práctica, el índice de corte de los frutos se determina por un cambio de coloración de la cáscara de verde a amarillo. En muchas variedades se presentan veteados longitudinales de color amarillo cuando el fruto llega a su madurez fisiológica. En otras se colorea de amarillo primero el ápice del fruto. Otros maduran sin un cambio marcado de coloración y solo el verde se torna mas claro.

Otro indicador de madurez fisiológica es el enclarecimiento del látex. En frutos verdes, el látex es espeso y de color blanco, mientras que en frutos en madurez fisiológica es poco denso y de un blanco menos intenso.

Índices de cosecha de acuerdo a los estándares de clasificación Hawaianos (EE.UU).

- Cambio del color de la cáscara de verde oscuro a verde claro con algo de amarillo en el extremo distal (quiebre de color). Las Papayas usualmente son cosechadas entre el quiebre de color a  $\frac{1}{4}$  amarilla para exportación o entre  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  amarilla para mercado local.
- Cambio de color de la pulpa desde verde a amarillo o rojo (dependiendo del cultivar) durante la maduración.
- Se requiere un contenido mínimo de sólidos solubles de 11.5%.

(<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Papaya.shtml>)

### **Extracción de Semillas**

En tecnología de semillas existen diferentes métodos de extracción de semillas de frutos carnosos, como son:

#### **Extracción Manual**

Esta técnica se efectúa con pequeñas cantidades de fruto o inexistencia de un equipo apropiado para la realización. Para este método los frutos maduros son cortados ecuatorialmente mediante una navaja o triturados en forma rustica dentro de un costal, aplastando los frutos y el material gelatinoso que rodea a las semillas se exprime en recipientes, durante este proceso se eliminan las paredes del fruto, la pulpa, la epidermis y demás restos, posteriormente las semillas son separadas del material gelatinoso por un lavado u otros métodos (Hernández, 1990). Las semillas son extraídas junto con parte de la pulpa y del tejido placentario después de lavarse, esto repercute en un bajo rendimiento y una mayor demora. Sin embargo, la ventaja principal de la extracción manual es que asegura una mayor calidad de semillas en razón de la reducida incidencia de daño mecánico (Carvalho, 1983). Al extraer por el método manual las semillas de

tomate, estas tuvieron una buena calidad fisiológica al comparar como testigo este método con fermentación y ácidos (Gowda *et al.*, 1991)

### **Extracción Mecánica**

Para esta técnica se utiliza una maquina despulpadora de frutos que consiste en un molino con dientes curvados formados en dos hileras que al girar presionan los frutos mientras que los fragmentos grandes se desalojan y la pulpa con semillas se interna en un cilindro con perforaciones donde se tamizan la pulpa de las semillas. Estas son conducidas con su jugo a cajones o tambores donde serán fermentadas y/o lavadas (Hernández, 1990). Para extraer semillas con equipo mecanizado, se debe utilizar grandes cantidades de fruto; principalmente de hortalizas, como: tomate, pimiento, berenjena, pepino. El método de extracción mecánico presenta rendimientos elevados utilizando pequeñas cantidades de mano de obra disminuyendo por lo tanto los costos de extracción (Carvalho, 1983)

Las semillas obtenidas por este proceso tienen que separarse de los mucílagos, por lo que posteriormente se lavan y son separadas de otros restos, muchas compañías lo efectúan con la finalidad de ofrecer los residuos de pulpa y piel de los frutos a las fábricas de conserva (Raymond, 1989).

Se evaluó un extractor mecánico de flujo axial para semillas hortícola de frutos húmedos. De acuerdo a sus resultados esta maquina tuvo una capacidad de 220 – 960 kg/hr de frutos triturados, las perdidas por daño mecánico oscilaron entre 0.82 y 15.02 % y obtuvieron una germinación de 93 % en semilla de tomate, por lo tanto, estos autores la sugieren para su uso en la extracción en la industria de semillas hortícola (Kachru y Sheriff, 1992).

Al evaluar diferentes métodos de extracción encontraron que la extracción mecánica es un método óptimo en relación a la eficacia y calidad, obtuvieron un 85 % de germinación en semillas de tomate (Gowda *et al.*, 1991).

## **Extracción por Fermentación**

Dentro de los frutos carnosos jugosos hay algunas especies que presentan una capa mucilaginosa que rodea a las semillas, la cual es necesario eliminar mediante fermentación (Hernández, 1990).

La pulpa que contiene la semilla de tomate se deja fermentar por tres días a una temperatura de 20–35 °C. la duración de la fermentación depende de la temperatura ambiental e incluso se puede necesitar cinco días. Frecuentes inspecciones permiten determinar cuando las semillas se han desprendido de la capa gelatinosa. La pulpa macerada debe agitarse varias veces al día para mantener una fermentación homogénea y así evitar decoloraciones en las semillas. El tiempo de duración de la fermentación no debe de ser mas allá de lo necesario en la separación del mucílago, ya que puede influir en la calidad de la semilla debido a que puede presentarse una germinación prematura (Raymond, 1989).

El binomio tiempo y temperatura de fermentación puede afectar el vigor y la germinación en diferentes especies. Para el caso del tomate se deja que la fermentación dure de seis a siete días, si la temperatura ambiental es de 18 a 20 °C y solo cinco días si la temperatura es de 25 a 27 °C (Palacios, 1989).

El mejor rango de temperatura y tiempo de fermentación en extracción de semillas, es de 21 a 27 °C de tres a cinco días, ellos observaron una disminución en la germinación en las semillas de tomate fermentado por un periodo de 72 hr a temperatura de 21 °C mientras que la germinación no se vio afectada (Silvia *et al.*, 1982).

Las principales desventajas del proceso de fermentación son: mala apariencia en las semillas, el efecto negativo que puede tener sobre el vigor y la germinación reduciéndolo en algunos casos y además que requiere periodos

largos para el proceso y existe riesgo de germinación de la semilla durante el mismo (Carvalho, 1983).

Sin embargo, al estudiar diferentes tiempos y temperaturas de fermentación en semillas de tomate, encontró que este método afecta la germinación debido al incremento del tiempo y la temperatura de exposición. Por otra parte el vigor, resulto óptimo cuando las semillas fueron expuestas a un tiempo de 24 a 48 hr y temperatura de 15 a 30 °C mientras que la fermentación a 40 °C en un tiempo de 16 hr redujo el vigor de las semillas (Liptay, 1989).

Los mejores rendimientos en cuanto a la extracción de la semilla se obtienen al fermentar solo las placentas por espacio de 12 a 72 hr en el caso de extraer la semilla inmediatamente después de la cosecha. La fermentación por 24 hr, en el caso de que se deje el fruto reposar cuatro días fue el mejor tratamiento, adicionando el agua necesaria para eliminar los espacios llenos de aire para favorecer una correcta fermentación (Montes, 1990).

La separación de semilla se puede realizar por medio de la fermentación o mecánicamente. A través de la fermentación exhiben un porcentaje de germinación superior a las que han sido limpiadas mecánicamente (Marco, 1969).

### **Extracción Química**

Este método es preferido por los productores en algunas zonas, debido a que produce una semilla muy limpia. El tratamiento ácido se combina frecuentemente con etapas de fermentación, ya que esta es inducida. La mayor parte de los productores que extraen semillas en pequeñas cantidades de tomate al utilizar el método con ácido, estiman que con 567 ml de ácido clorhídrico concentrado este se mezcla con 10 litros de pulpa macerada por 30 minutos, ellos obtienen una buena separación (Raymond, 1989). El ácido clorhídrico (HCl) es usado ampliamente para separar las semillas de la pulpa en frutos. La rapidez de

este proceso se asocia a una eficiencia en el desprendimiento de la capa gelatinosa, como también ayuda a tener una mejor apariencia de las semillas (Silva *et al.*, 1982).

El ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) es eficiente para la limpieza de las semillas de tomate. Sin embargo, es restringible en razón a la dificultad de su manejo, su acción corrosiva y su influencia sobre la germinación (Palacio, 1989).

Las semillas de tomate sumergidas en HCl al 5 % por 45 minutos y  $H_2SO_4$  al 4 % por 30 minutos obtuvieron los mayores porcentajes de germinación (96 y 94 respectivamente) e índice de vigor, al comparar estos tratamientos con extracción manual, mecánica y fermentación por 24–120 horas (Gowda *et al.*, 1991).

La dispersión ácida tiene su punto óptimo cuando el pH es reducido a 1.2, bajo esta condición las semillas se precipitan en 30 minutos al término de los cuales deberá hacerse un lavado para evitar daños a los embriones. (Palacio, 1989).

Al relacionar los métodos de extracción ácida con la viabilidad de la semilla de tomate, encontraron que cuando se extrajo la semilla inmediatamente con ácido cítrico, esta obtuvo un porcentaje de 97 y un índice de vigor de 18.53. Sin embargo, después de ocho meses de almacenarse las semillas bajaron su porcentaje de germinación a 60 y el índice de vigor a 5.40. Mientras que al extraerlas con ácido clorhídrico y almacenadas por ocho meses se obtuvo un alto porcentaje de germinación (90 %) y un índice de vigor de 12.85 (Raju *et al.*, 1992).

No obstante el uso de ácidos en la extracción de semillas de frutos carnosos presenta las siguientes ventajas: rapidez de la operación y uso de los recipientes por corto periodo de tiempo (Carvalho, 1983).

## **Calidad de Semillas**

La calidad de la semilla es un concepto múltiple que comprende varios componentes, los cuales se refiere a la convivencia de aptitud de la semilla para sembrarse, designados como: componente genético, fisiológico, sanitario y características físicas (Thomson, 1979). La calidad de semilla puede ser vista como un patrón de excelencia que van a determinar el desempeño de la semilla en la siembra o en el almacén; y que es utilizada para reflejar el valor de la semilla para propósitos específicos, como es la distribución y comercialización (Hampton, 2001). Cuando las semillas se aproximan a su muerte, son más susceptibles a producir plántulas anormales, y que la proporción de plántulas anormales en cualquier lote de semillas, puede ser interpretada sobre esta base (Roberts, 1981).

Las características de calidad de semilla son agrupadas en: factores genéticos, principalmente pureza varietal; factores físicos, atributos que van desde el concepto tradicional de pureza, a la incidencia y severidad de daño mecánico, y tamaño de semilla; factores patológicos tipo e incidencia de enfermedades; y factores fisiológicos, como germinación y vigor (Delouche, 1986).

### **Vigor**

Se podría definir como la “habilidad” que presentan las semillas para producir plántulas normales, aún en condiciones que no sean las óptimas para esas semillas, por ejemplo las bajas temperaturas en el suelo y exceso de humedad. El vigor es considerado desde que la semilla alcanza su madurez fisiológica en la planta y es el punto donde convergen el máximo peso seco, viabilidad y el más alto vigor de la semilla (Miranda, 1984). La pérdida de vigor precede a la pérdida de germinación y viabilidad (McDonald, 1977).

El vigor es definido como “la suma total de propiedades de la semilla que determinan el potencial para la rápida y uniforme emergencia y desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones de campo” (Association of Official Seed Analysts “AOSA”, 1983).

## **Germinación**

El proceso de germinación inicia con la imbibición de agua, la cual provoca la hidratación del protoplasma reactivando así la síntesis de proteínas, posteriormente a este proceso le sigue la digestión de nutrientes, la cual convierte las grasas, proteínas y carbohidratos a compuestos químicos mas sencillos que son utilizados en los puntos de crecimiento del eje embrionario para originar nuevas partes de la planta, después inicia la división celular en los puntos de crecimiento separados del eje embrionario, seguida de la expansión de los tejidos, a medida que avanza este proceso, pronto se pone de manifiesto la estructura de la plántula (Hartmann y Kester, 1988).

Existen dos tipos de germinación:

- 1) la germinación epigea; en este tipo de germinación el hipocotilo se alarga y eleva los cotiledones sobre el terreno.
- 2) Germinación hipogea; el alargamiento del hipocotilo no eleva los cotiledones arriba del nivel del suelo y solo emerge el epicotilo. El patrón de germinación difiere entre plantas dicotiledóneas y plantas monocotiledóneas. La papaya por ser planta dicotiledónea presenta un tipo de germinación epigea (Moreno, 1976).

La germinación se efectúa entre dos o tres semanas después de la siembra si las condiciones de temperaturas y humedad son propicias (Henry, 1962); sin embargo, (Ochese, 1972), menciona que el tiempo de germinación en semilla de papaya es de 21 a 28 días.

## **Factores que Afectan la Germinación**

Las principales causas que afectan la germinación son las cubiertas de las semillas, semillas fisiológicamente inmaduras, embriones en descanso, embriones rudimentarios y sustancias inhibitoras (Crocker, 1965).

**Tratamientos para Promover la Germinación en Semillas de Papaya:** Los principales factores que estimulan la germinación son la humedad, la temperatura y el oxígeno (Crocker, 1965).

La dormancia (latencia) fisiológica de la semilla se cree que generalmente es regulado por un balance de promotores e inhibidores endógenos de crecimiento. La latencia puede ser considerada como un resultado de la presencia de inhibidores de crecimiento y de la ausencia de promotores de crecimiento o una combinación de ambos. Se dice que el nivel de esos componentes endógenos es controlado por estímulos ambientales tales como luz y temperatura y sugiere la participación de tres hormonas en el control de la dormancia de la semilla. Para que haya germinación, deben estar presentes las giberelinas y solo es bloqueada por la presencia de un inhibidor. La otra hormona son las citoquininas, que juegan un papel promisorio para la relación antagónica de los inhibidores cuando estos están presentes; si los inhibidores no están fisiológicamente activos, las citoquininas no tienen efecto sobre el rompimiento de la dormancia entonces este papel es gobernado por las giberelinas (Copeland y McDonald, 1985).

Andreoli (1993) al emplear osmocondicionamiento y el uso de giberelinas en semillas de papaya para mejorar su porcentaje de germinación, concluye que el simple uso de osmocondicionamiento de semillas nos aumenta un 5 % más de emergencia en comparación con semillas no tratada, y establece que al combinar el osmocondicionamiento con  $AG_{4+7}$  a dosis de 100, 200, y 400 ppm se incrementan los porcentajes de emergencia de un 5 % hasta un 90 %.

El osmoacondicionamiento es un tratamiento de presiembra, el cual consiste en someter la semilla en una solución de silicato, que es producido por una reacción de sílice de diatomeae, cal hidratada y agua.

En la dormición química, la germinación es bloqueada por la presencia de inhibidores que se encuentran en la cubierta mas expuesta al medio. Algunos de estos inhibidores son compuestos fenólicos, cumarina, cafeína, lactonas no saturadas, ácido abscísico, cinámico, cianhídrico, oxobenzoico, salcílico y algunos terpenos; y en la dormición fisiológica, es el resultado de bloqueos metabólicos en el embrión sostenidos por la baja permeabilidad de la cubierta a los gases (Camacho, 1994).

### **Estudios de Germinación de Semilla de Papaya**

Substancias reguladoras de crecimiento (ácidos indolacético, naftalenacético, giberélico e hidrazida maleica) y otros tratamientos se usaron para estudiar su efecto sobre la germinación de las semillas de papaya en Hawai, usando ocho líneas de la variedad Solo, concluyendo que hubo germinación mas temprana y en mayor porcentaje cuando el mucílago se elimino; aparte de esto, al eliminar el mucílago y lavar la semilla con agua durante 24 horas se presento una mayor germinación al contrario de cuando se le dejo. Cuando las semillas se remojaron en jugo de papaya fresca enlechada de ellas mismas, germinaron pobremente (Lange, 1961). En tanto que Alonso (1952) comprobó en Cuba que la luz solar y la fermentación disminuyen el poder germinativo de las semillas.

Al sembrar semillas de papaya de la manera tradicional solo se obtuvo un 6 % de germinación y las plántulas obtenidas fueron débiles (Koyamu, 1966).

Mosqueda (1968) realizó un experimento que consistió en ocho tratamientos, combinando el lavado de las semillas con el secado al sol y al aire en una atmósfera de 35.5 °C de temperatura, así como eliminando el mucílago y semilla fresca, y efectuando la siembra bajo un diseño bloques al azar con tres

repeticiones, midiendo el porcentaje y la velocidad de germinación. Los resultados mostraron que cuando a las semillas se les eliminó el mucílago, se lavaron y secaron al sol y al aire se obtuvo un mayor porcentaje y velocidad de germinación, ya que esta se inició a los 13 días después de la siembra y terminó a los 18, lográndose reducir en 15 días el periodo de germinación. En tanto que Palanisamy y Ramamoorth (1987), extrajo semillas de papaya en forma manual del cultivar y le dio un secado a la sombra durante tres días después de quitar el mucílago, aplicándole un tratamiento adicional de diferentes soluciones de  $AG_3$  (100 y 500 ppm) y concluyó que los mejores resultados se obtuvieron al empapar la semilla en la solución de 100 ppm de  $AG_3$  durante 20 hr a temperatura ambiente, obteniéndose un 98 % de germinación en la semilla tratada.

Mientras que Begum (1988) realizó estudios con semilla vieja de papaya para evaluar germinación, utilizó una dosis de  $AG_3$  a 50 y 200 ppm y thiourea a 4-10 g/lit, comprobó que conforme la semilla envejecía su poder germinativo disminuía y al aplicar los tratamientos con  $AG_3$  los porcentajes de germinación no aumentaban pero incrementaba considerablemente su vigor, los tratamientos con thiourea, en cambio, tenían un efecto inhibitorio de la germinación y del vigor de las plantas.

### **Almacenamiento de Semillas de Papaya**

Los factores tales como la temperatura, humedad, variedad y estado nutricional influyen en la madurez de la semilla, la cual influye en el almacenamiento de la misma. El mejor potencial de almacenamiento es atribuido al tiempo de la madurez fisiológica o máximo peso seco de la semilla.

También comenta que aunque las semillas inmaduras (o pequeñas) han sido mostradas en numerosos estudios como inferiores a las semillas maduras en viabilidad y vigor, comenta que otros factores tales como el estado nutricional,

puede también influenciar la longevidad de las semillas (Copeland y McDonald, 1985).

Marco (1986) menciona que las semillas conservadas en condiciones óptimas (ambiente frío y seco), retienen aproximadamente unos cinco años un excelente poder germinativo. Esta duración puede en ocasiones alcanzar hasta 10 años y más. Sin embargo se recomienda realizar las siembras con semillas de uno o dos años.

## **MATERIALES Y METODOS**

La investigación se realizó en el Laboratorio de Producción de Semillas, del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas perteneciente al Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN); cuya ubicación geográfica se encuentra a 25° 22” latitud Norte y 101° 00” longitud Oeste, con una altitud sobre el nivel del mar de 1742 m.

### **Material Experimental**

El material genético que se utilizó fue papaya de la variedad Maradol de origen cubano, se colectó en Tecoman Colima durante el 2007, en la localidad de San Pedro proveniente de una empacadora y proporcionada por la empresa Semillas del Caribe especialistas en papayas, S.A. de C.V. de Guadalajara Jalisco.

### **Características del Fruto**

Para la presente investigación se utilizaron 88 frutos de papaya, los cuales se seleccionaron conforme al índice de madurez descrito por la FAO (<http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s02.htm>), siendo de 90 a 100 % en color amarillo y tamaño similar (Figura 3.1).



Figura 3.1. Coloración de índice de madurez para la producción de semillas de papaya Maradol.

Los cuales se les evaluaron los parámetros: longitud, ancho, diámetro y peso de fruto, con la finalidad de determinar la calidad física del fruto.

### Métodos de Extracción

Se utilizaron ocho métodos de extracción (Cuadro 3.1), usando 11 frutos por método. Cada fruto se cortó en forma longitudinal, extrayendo las semillas y contabilizando el peso fresco. Dentro de cada método de extracción se tomaron tres frutos al azar, realizándose el conteo de semillas por fruto y peso de semillas en fresco, con el propósito de tener una relación de la cantidad y peso de semillas por fruto. Para la extracción química se utilizó tres concentraciones de ácido clorhídrico y ácido sulfúrico a dos diferentes concentraciones, así como dos tiempos de fermentación y un testigo. Después de que transcurriera el tiempo para cada uno de los tratamientos indicados se procedió a lavar las semillas obtenidas de cada extracción con agua de la llave, tallando vigorosamente; con la finalidad de separar el mucílago de la semilla.

Cuadro 3.1. Métodos de extracción con sus respectivas concentraciones para la extracción de semillas de papaya Maradol.

Extracción	Solución y concentración	Tiempo
1	Testigo absoluto (agua)	Reposo 24 hr
2	HCl 0.1 %	Reposo 1 hr
3	HCl 0.5 %	Reposo 1 hr
4	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.1 %	Reposo 1 hr
5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.2 %	Reposo 1 hr
6	Fermentación	48 hr
7	Fermentación	72 hr
8	HCl 0.7 %	Reposo 1 hr

Al término del lavado de cada una de las extracciones, se procedió a secar las semillas extendiéndolas uniformemente sobre papel filtro por un periodo de seis días a temperatura ambiente, durante el tiempo de secado se movió ligeramente con la finalidad de tener un secado uniforme. Una vez secas las semillas, se peso en una balanza digital.

Para la etapa de acondicionamiento se dividió en tres partes iguales la cantidad de semilla total, con la finalidad de tener tres repeticiones de cada extracción.

Se realizó una limpieza de la semilla en un soplador “South Dakota” con una abertura 4.7 cm 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 a 6.5 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, la parte superior de la columna.

### **Tratamientos para la Germinación**

Antes de llevar a cabo los tratamientos para determinar la calidad fisiológica, se evaluó la viabilidad mediante una prueba de tetrazolio a la semilla resultante del acondicionamiento (semilla pura liviana y semilla pura pesada).

Los tratamientos (Cuadro 3.2) consistieron en dos concentraciones de ácido giberélico y escarificación tal como se aprecia en el cuadro mencionado, usando tres repeticiones de 20 semillas c/u en vasos de poliestireno, agregando la solución correspondiente y dejando imbibir la semilla por el tiempo marcado.

Cuadro 3.2. Tratamientos que se utilizaron para promover la germinación en semillas de papaya Maradol.

	<b>Tratamiento</b>	<b>Tiempo</b>
1	Agua	0 hr
2	Escarificación en agua a 50 °C	Reposo 2 hr
3	Acido giberélico (AG3) a 100 ppm	Reposo 2 hr
4	Acido giberélico (AG3) a 500 ppm	Reposo 2 hr

## **Parámetros Evaluados**

### **Características del Fruto**

#### **Longitud del Fruto**

Se determinó con una cinta métrica a lo largo del fruto, de extremo a extremo (longitudinalmente), registrándose en centímetros.

#### **Ancho del Fruto**

Se determinó cortando el fruto en forma longitudinal y midiendo el ancho del fruto con una cinta métrica, los resultados se registraron en centímetros.

#### **Diámetro del Fruto**

Se determinó midiendo en la parte ecuatorial del fruto, expresados en centímetros.

#### **Peso del Fruto**

Se evaluó por medio de una balanza granataria con capacidad de 10 kg, los resultados fueron expresados en kg.

### **Pruebas Físicas en Semillas**

#### **Pureza Física (PF)**

La prueba de pureza física, se realizó por el método de soplado aplicado por Everson *et al.*, (1965), mediante un soplador "South Dakota", donde primeramente se determinó la abertura de la columna para su limpieza la cual fue

de 4.7 cm, donde se obtuvo un flujo de aire constante que permitiera una dispersión adecuada de la muestra; la prueba consistió en colocar la muestra en el contenedor de la parte inferior de la columna y se colocó el complemento de la columna, y después se activó el soplador para separar la porción de materia inerte que fue considerada toda la semilla vana e impurezas, que por la dinámica del aire esta materia fue a la parte superior de la columna, mientras que la porción de semilla pura que fue considerada todas aquellas semillas llenas o de un peso mayor, las cuales se depositaron en la parte inferior de la columna o no alcanzaron a subir por efecto del peso de las mismas. Tanto la semilla pura y materia inerte fueron pesadas en una balanza analítica con 0.0001 g de precisión y se determinó el porcentaje de pureza de cada repetición por extracción.

### **Peso Volumétrico (PV)**

Se determinó antes y después del acondicionamiento, con tres repeticiones por extracción, mediante la metodología de un volumen conocido, utilizando un recipiente de capacidad de 185.5 ml, se procedió a vaciar la semilla en el recipiente a una distancia de 5 cm, dejando caer libremente la semilla hasta sobrepasar el borde, lo cual permitió el llenado en forma uniforme, el exceso se eliminó mediante el paso en “zig-zag” con una regla de madera, de tal manera que la semilla quedó al ras del recipiente; se pesó el volumen resultante de semillas en una balanza digital. Los datos se expresaron en kilogramos por hectolitro (kg/Hl). Método basado en las reglas de la ISTA (2004).

### **Peso de Mil Semillas (PMS)**

Se realizó antes y después del acondicionamiento, con tres repeticiones de ocho series de 100 semillas, realizando así el conteo de forma manual. Cada una de las ocho series se pesó en una balanza analítica y fueron reportados en gramos, 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 (CH)**

El método utilizado para su cuantificación fue el de secado en estufa sobre base húmeda. En recipientes de aluminio previamente secados y tarados se pesaron 10 semillas, usando tres repeticiones por cada extracción y se sometió en la estufa a una temperatura constante de 130 °C por una hora. Posteriormente se enfrió en un desecador con silica gel durante 15 minutos y se pesó en una balanza analítica, los resultados se obtuvo en gramos posteriormente se convirtió a porcentajes mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ de Contenido de Humedad} = \frac{P2 - P3}{P2 - P1} \times 100$$

Donde:

P1= Es el peso en gramos del recipiente y su tapa.

P2= Es peso en gramos del recipiente, su tapa y la muestra de semillas antes del secado.

P3= Es el peso en gramos del recipiente, su tapa y la muestra de semillas después del secado.

Método basado en las reglas internacionales de la ISTA (2004).

### **Pruebas Fisiológicas en Semillas**

#### **Viabilidad**

Para realizar esta prueba se utilizaron tres repeticiones de 25 semillas por extracción, se puso a imbibir en agua las semillas por un tiempo de 24 hr, una vez

transcurrido el tiempo, se secciono cada semilla en forma longitudinal dejando los cotiledones visibles, se colocaron en tubos de ensayo envueltos con papel aluminio agregando una solución de 2,3,5-trifenil cloruro de tetrazolio al 1 %, los tubos se colocaron en una incubadora a  $35 \pm 1$  °C por un tiempo de dos hr.

La evaluación se realizó colocando cada una de las semillas en el estereoscopio, observando si los cotiledones se tiñeron de color rojo (indicando viabilidad en la semilla), expresado el dato en porcentaje. Esta prueba se determino con las semillas resultantes de la clasificación (semilla pura pesada y semilla pura liviana). La metodología y evaluación se determino en base a la ISTA, 2004.

### **Germinación**

Se utilizo papel anchor de 25.5 cm de largo por 19 cm de ancho para la elaboración de los “tacos” de cada tratamiento, humedeciéndolo en su respectiva solución. Una vez humedecido, se colocó un papel sobre la mesa y se sembraron las 20 semillas acomodadas en la parte central de la hoja en forma equidistante, cubriéndose con otro papel húmedo y enrollándose hasta formar un “taco”, realizando tres repeticiones por tratamiento. Los “tacos” se colocaron en bolsas de polietileno y se llevaron a una cámara de germinación a una temperatura de 35 °C con ocho hr luz y 16 hr oscuridad. Se evaluaron a los 14 días plántulas normales y a los 21 días porcentaje de germinación, plántulas anormales y semillas muertas. El procedimiento se baso conforme a las reglas de la ISTA (2004) y la evaluación conforme al manual de la AOSA (1992).

**Plántulas Normales (PN).** Se contabilizó aquellas plántulas que manifestaron un mejor desarrollo de sus estructuras esenciales; radícula e hipocotilo, tomándose como criterio un mínimo de dos centímetros para considerarse como plántula normal. Para obtener un porcentaje total de plántulas normales, se realizó la última evaluación a los 21 días de siembra.

**Plántulas Anormales (PA).** Se evaluaron a los 21 días de la siembra. Se clasificó como plántulas anormales, aquellas que presentaron las siguientes características: pobre desarrollo de la raíz, estructuras esenciales deformadas (hipocotilo, raíz y cotiledones), necrosidad en alguna estructura esencial, etc. Los resultados fueron expresados en porcentaje.

**Semillas Sin Germinar (SSG).** Se evaluaron a los 21 días de la siembra, considerando como semillas sin germinar aquellas que no tuvieron alguna modificación o cambios en su estructura, como romper la testa. Los resultados fueron expresados en porcentaje

## **Vigor**

**Primer Cuento (PC).** El primer conteo se realizó a los 15 días de la siembra, determinando la cantidad de plántulas normales. Los resultados fueron expresados en porcentaje.

**Índice de Velocidad de Emergencia (IVE).** Esta variable se evaluó en base al número de plantas emergidas por día, en la cual se determinó mediante la siguiente fórmula que fue expresado en porcentaje.

$$IVE = \sum \frac{\text{No. P}}{d} + \dots + \frac{\text{No. P}}{d}$$

Donde:

IVE = índice de velocidad de emergencia

No. P = número de plántulas emergidas

d = días después de la siembra

**Longitud Media de Hipocotilo (LMH).** Esta variable se determinó solo a las plántulas normales, se evaluó con una regla de 30 cm el hipocotilo a cada una de ellas, después el total de longitud de hipocotilo se dividió entre el número total de plántulas consideradas como normales. Los resultados fueron expresados en centímetros.

**Longitud Media de Raíz (LMR).** A las plántulas normales obtenidas, se midió con una regla de 30 cm la raíz de cada una de ellas, después el total de longitud de raíz se dividió entre el número total de plántulas consideradas como normales. Los resultados fueron expresados en centímetros.

**Peso Seco (PS).** Para peso seco, una vez medidas las plántulas normales se metieron en una bolsa de papel estraza perforado, se sometieron a un secado en una estufa a una temperatura de 65 °C durante 24 hr, una vez transcurrido el tiempo se sacaron y se colocaron en un desecador con silica gel a enfriar por 10 minutos y se pesaron las muestras en una balanza analítica con 0.0001 g de precisión, donde 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.

## **Análisis Estadístico**

Los análisis de varianza para los métodos de extracción se realizaron mediante el paquete estadístico SAS versión 6.0 (1989), con el siguiente modelo estadístico:

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

$Y_{ij}$  = Valor observado.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$S_i$  = Efecto del  $i$ -ésima extracción.

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental.

La información generada por los tratamientos utilizados para promover la germinación y los métodos de extracción se analizó mediante un análisis factorial con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = Valor observado.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\alpha_i$  = Efecto de la  $i$ -ésima extracción

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo tratamiento

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

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental.

### **Comparación de Medias**

Se utilizó la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS), 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.

$\alpha$  = 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

### Características Físicas de Fruto

Se obtuvo una media general de las características físicas de los frutos sometidos a las diferentes extracciones con la finalidad de tener una calidad inicial del fruto en cuanto a peso y dimensiones de fruto, lo cual reflejó que los frutos utilizados para la investigación fueron totalmente homogéneos, describiendo estas características en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Media general de las características físicas de los frutos de papaya Maradol sometidos en el estudio.

	Largo de fruto (cm)	Ancho de fruto (cm)	Diámetro de fruto (cm)	Peso de fruto (kg)	No. de semillas por fruto	Peso de semillas por fruto (g)
$\bar{X}$	24.34	12.55	38.67	1.94	336.60	47.59
$S^2$	0.28	0.85	6.28	0.06	4014.26	97.52
$S$	0.53	0.92	2.51	0.24	63.36	9.88
$CV$	0.02	0.07	0.06	0.12	0.19	0.21

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

### Pruebas Físicas

#### Análisis de Pureza Física

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre las extracciones, encontrando que el testigo (reposo en agua por 24 Hr) obtuvo el mayor valor en el análisis de pureza física con 94.21 %, seguido por HCl 0.1 % con 93.98 % y  $H_2SO_4$  al 0.2 % con 92.54 % siendo estos estadísticamente

iguales (Cuadro 4.2). Los porcentajes altos que se presentaron de semilla pura para estas extracciones, se debió a que el mucílago se removió parcialmente quedando adherido a las semillas, impartiendoles mayor peso sin tomar en cuenta si la semilla estaba llena o vana; como consecuencia, fue considerada como semilla pura por el hecho de haber permanecido en la parte inferior del soplador. Mientras las extracciones que conformaron el grupo D, fueron fermentaciones 72, 48 Hr, HCl 0.5 y 0.7 % (Cuadro 4.2); los cuales mostraron un valor real de semilla pura por el hecho de que no presentaron mucílago y quedando esta porción en la parte inferior de la columna del soplador, es de notar que con el HCl al 0.7 % la semilla no presentó mucílago y sarcotesta, pero sus valores fueron similares a aquellas extracciones que no tuvieron este efecto, sugiriendo que la extracción con ácido no afectó en la pureza física.

### **Peso de Mil Semillas (PMS)**

En el análisis de varianza para esta variable, resultó una diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ) entre las extracciones evaluadas, como se observa en el Cuadro 4.2. Encontrando que el testigo (reposo en agua por 24 Hr) obtuvo el mayor valor en peso de mil semillas, debido posiblemente a que la semilla quedó con mucílago y restos de mucílago, lo cual elevó el peso hasta una media de 24.107 g; mientras que en el siguiente grupo resultaron la concentración de HCl al 0.1 % y  $H_2SO_4$  al 0.1 % con 20.93, 21.52 g respectivamente; en el caso de fermentación a 48 Hr se observó que este tiempo no fue suficiente el total desprendimiento del mucílago obteniendo valores similares a las extracciones con HCl al 0.5 % (con 19.42 y 19.25 g respectivamente).

Con HCl al 0.7 % se mostró un efecto de pérdida de peso por el daño físico que sufrió la semilla sobre todo en la sarcotesta, la cual fue removida, aunque se comportó estadísticamente igual al HCl al 0.5 %. Respecto a fermentación 72 Hr fue una de las extracciones que mayor pérdida de mucílago presentó el cual se vio reflejado en la disminución de peso de las semillas.

### **Peso Volumétrico Inicial (PVI)**

El análisis de varianza indico diferencias altamente significativas entre las extracciones, resultando una tendencia similar que en el peso de mil semillas, donde el testigo obtuvo un mayor peso volumétrico de 22.3 Kg/HL, seguido por la extracción HCl 0.1 % con 21.6 Kg/HL, los cuales mostraron estar en el mismo grupo en la comparación de medias (Cuadro 4.2). Las demás concentraciones de HCl mostraron efectos más bajos que el testigo, donde HCl al 0.5 % se mostró igual que las concentraciones de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 0.1 y 0.2 % con 18.56, 18.9 y 19.22 Kg/HL cada una; el siguiente grupo solo lo conformó la fermentación por 48 Hr, presentando un peso volumétrico de 15.98 Kg/HL, seguido por la fermentación por 72 Hr y la extracción con HCl 0.7 % con un valor de 16.9 y 16.11 Kg/HL respectivamente, siendo los dos estadísticamente iguales, esto pudo deberse a que las semillas ya estaban parcial y completamente libre de mucílago, por lo que existió menor espacio entre semillas y resulto tener menor peso, aunque en el caso de HCl al 0.7 %, la semilla sufrió un daño físico en cuanto a su estructura ya que perdió parte de la sarcotesta, provocando aún menor espacio entre semillas y por lo tanto menor peso en el volumen.

### **Peso Volumétrico Final (PVF)**

Una vez que fue sometida la semilla a un acondicionamiento de separación por peso, se observó que al evaluar esta variable, existió una diferencia altamente significativa entre las extracciones utilizadas; donde en la comparación de medias, se encontraron nuevamente en el mismo grupo al testigo y HCl al 0.1 % con 21.055 y 21.098 Kg/HL cada uno, siendo estadísticamente iguales (Cuadro 4.2), esto se debió a que presentaron los mejores porcentajes en semilla pura, la cual beneficio el PVF; así mismo, la extracción con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 0.1 y 0.2 % también fueron iguales pero con menor valor que los anteriores con 19.8 y 20.2 Kg/HL, las extracciones que presentaron el menor peso volumétrico fueron HCl 0.7 % y fermentación 72 Hr.

Estos cambios de grupos estadísticos en las extracciones en relación al PVI, se debieron a que presentaron los porcentajes más bajos de semilla pura, por lo tanto repercutió en el peso volumétrico.

### **Contenido de Humedad (CH)**

En esta variable se encontró una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ). La extracción que presentó mayor contenido de humedad fue el testigo con un resultado de 8.97 %, seguido por fermentación 48 Hr con 8.82 %, siendo estos dos estadísticamente iguales en la comparación de medias, mientras en la extracción HCl 0.5 % obtuvo el menor contenido de humedad, como se muestra en el Cuadro 4.2. El resultado del testigo y fermentación a 48 Hr, se debió probablemente a que los restos de mucílago que quedaron adheridos a las semillas ayudaron a retener mayor humedad en ella. Proceso contrario que ocurrió en la extracción HCl 0.5 % y fermentación 72 Hr, como el mucílago fue retirado en su mayoría evitó la acumulación de humedad.

Cuadro 4.2. Cuadrados medios, significancia y comparación de medias de las variables de calidad física en ocho métodos de extracción de semillas de papaya Maradol.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SP (%)</b>	<b>PMS (g)</b>	<b>PVI (Kg/Hl)</b>	<b>PVF (Kg/Hl)</b>	<b>CH (%)</b>
<b>CM</b>	<b>7</b>	<b>13.175**</b>	<b>12.213**</b>	<b>16.375**</b>	<b>5.446**</b>	<b>2.197*</b>
<b>EE</b>	<b>16</b>	<b>1.163</b>	<b>0.199</b>	<b>0.225</b>	<b>0.152</b>	<b>0.672</b>
<b>Comparación De Medias</b>	<b>Testigo</b>	94.21 A	24.11 A	22.29 A	21.06 A	8.97 A
	<b>HCl 0.1%</b>	93.98 A	20.93 BC	21.60 A	21.09 A	7.89 ABC
	<b>HCl 0.5%</b>	89.85 CD	19.26 DE	18.56 B	19.03 C	6.28 D
	<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1%</b>	90.98 BC	21.52 B	18.99 B	19.79 B	7.73 ABC
	<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.2%</b>	92.54 AB	20.29 C	19.23 B	20.23 B	7.39 BCD
	<b>48 Hr</b>	89.51 CD	19.42 D	17.15 C	18.57 CD	8.82 AB
	<b>72 Hr</b>	88.57 D	17.55 F	15.98 D	17.94 DE	7.32 CD
	<b>HCl 0.7%</b>	90.43 CD	18.65 E	16.11 D	17.59 E	7.63 ABCD
<b>CV</b>		<b>1.182</b>	<b>2.211</b>	<b>2.532</b>	<b>2.011</b>	<b>10.570</b>

\*\* = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); \* = Significativo (0.05 % de probabilidad); CV= Coeficiente de Variación (porcentaje).

SP= Semilla Pura; PMS= Peso de Mil Semillas; PVI= Peso Volumétrico Inicial (antes del acondicionamiento); PVF= Peso Volumétrico Final (después de acondicionamiento); CH = Contenido de Humedad.

## **Pruebas Fisiológicas**

### **Viabilidad de Semilla Liviana (VL)**

En el análisis de varianza se encontró una diferencia significativa, donde la fermentación a 72 Hr resultó obtener la mayor viabilidad con 77.33 %, seguido por H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.2 % con 70.67 % (Cuadro 4.3), pero en la comparación de medias se consideraron estadísticamente iguales estos dos métodos. El H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 0.1 % la fermentación a 48 Hr y HCl al 0.7 %, lo cual se puede mencionar que la extracción con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y HCl a diferentes concentraciones no le afectó la viabilidad de la semilla, sin embargo el HCl a concentraciones de 0.1 y 0.2 % presentaron los valores más bajos al igual que el testigo con 32.0, 54.7 y 36 % respectivamente (Figura 4.1), posiblemente se debió a que en esta prueba se utilizó la semilla recién extraída la cual no presentó homogeneidad, debido a la presencia de semilla vana, semilla muy pequeña, semilla inmadura, etc., que se reflejó en los bajos valores de viabilidad de la semilla.

### **Viabilidad de Semilla Pesada (VP)**

Los resultados que se obtuvieron en esta variable marcan claramente el cambio después del acondicionamiento (clasificación) que se les aplicó a las semillas, ya que el análisis de varianza resultó con una diferencia altamente significativa entre las extracciones (Cuadro 4.3). Mostrando que los mayores porcentajes de viabilidad los obtuvieron la fermentación a 48 Hr con 94.67 % y 72 Hr con 85.33 % siendo estos dos estadísticamente iguales, aunada la extracción con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 % quien resultó estar también en el mismo grupo pero con menor porcentaje de 82.67 % (Figura 4.1), esto se debió a la mejor remoción del mucílago en su totalidad o en su mayoría; además influyó el hecho de que la semilla utilizada para la prueba estaba homogénea (sin semillas vanas o inmaduras), lo cual se vio reflejado en una mejor viabilidad. Mientras tanto, los ácidos clorhídricos fueron los que presentaron resultados muy pobres en la

viabilidad final, posiblemente se debió a que el ácido dañó la sarcotesta y a su vez penetró en la semilla, evitando tener una buena viabilidad.

Cuadro 4.3. Cuadros medios, significancia y comparación de medias de viabilidad después del acondicionamiento (Clasificación) en los ocho métodos de extracción en semillas de papaya Maradol.

FV	GL	VL (%)	VP (%)
<b>CM</b>	<b>7</b>	<b>835.714**</b>	<b>1103.905**</b>
<b>EE</b>	<b>16</b>	<b>137.333</b>	<b>62.000</b>
<b>Comparación De Medias</b>	<b>24 Hr</b>	36.000 CD	54.667 CD
	<b>HCl 0.1%</b>	32.000 D	46.667 D
	<b>HCl 0.5%</b>	54.667 BC	44.000 D
	<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1%</b>	68.000 AB	82.667 AB
	<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.2%</b>	70.667 AB	80.000 B
	<b>48 Hr</b>	69.333 AB	94.667 A
	<b>72 Hr</b>	77.333 A	85.333 AB
	<b>HCl 0.7%</b>	62.667 AB	65.333 C
<b>CV</b>		<b>19.919</b>	<b>11.384</b>

\*\* = Significativo al 0.01 de probabilidad; \* = Significativo al 0.05 % de probabilidad; CV= Coeficiente de Variación (porcentaje).

VL = Viabilidad de semilla Liviana; VP = Viabilidad de semilla Pesada.

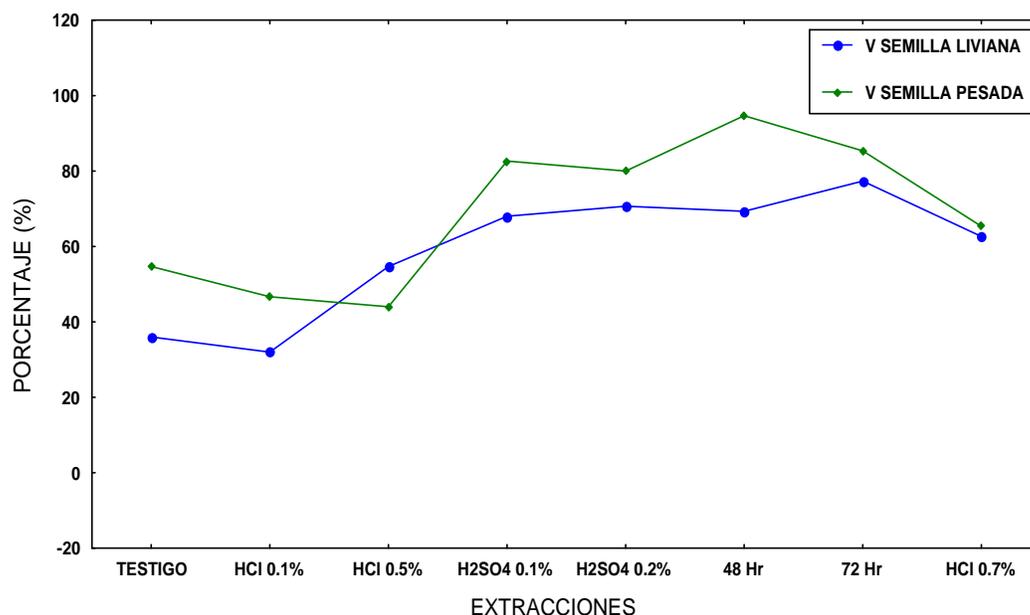


Figura 4.1. Comportamiento de la viabilidad en semillas de papaya Maradol extraídas bajo ocho métodos de extracción después del acondicionamiento.

### **Plántulas Normales (PN)**

En el ANVA se encontró que entre las extracciones evaluadas hubo diferencias altamente significativas, resultando en forma general que la extracción con HCl al 0.7 % con 48.33 % presentó el mayor porcentaje de plántulas normales, seguido de HCl 0.5 % con 46.25 %, así como fermentación a 72 Hr con 44.17 %, que estadísticamente estas tres extracciones se encontraron en el mismo grupo (Cuadro 4.4); se puede mencionar que para todas estas extracciones, el mucílago se quitó de la semilla en su mayor parte.

Mientras que el testigo (reposo en agua por 24 Hr) resultó ser el más bajo de germinación con 11.67 %, esto probablemente se debió a que en el mucílago quedó completamente adherido a la semilla e impidió o interfirió en dicho proceso; concordando con Lange (1961), quien mencionó que entre las principales causas que afectan la germinación está la presencia de las cubiertas de las semillas (mucílago) y probablemente impide el movimiento molecular de afuera hacia adentro de las semillas y viceversa, y no permite que, si existe algún inhibidor natural en los tegumentos, pueda ser lavado bajo condiciones del suelo, evitándose o deteniéndose la germinación, hasta el momento que el mucílago se halle en estado de descomposición.

En el caso de los tratamientos aplicados para la promoción de la germinación, se encontró en el análisis de varianza, hubo diferencias altamente significativas entre ellos, así como en la interacción extracciones por tratamientos como se observa en el Cuadro 4.4; el cual también indica en la comparación de medias que el tratamiento a 500 ppm de  $AG_3$  fue el que presentó una mayor respuesta de germinación con un 80.83 %, contrastando con el tratamiento con agua, el cual no presentó germinación, lo cual vuelve a coincidir con lo reportado por Lange (1961) y Crocker (1965), ya sea por embriones rudimentarios o sustancias inhibitoras.

La tendencia de los tratamientos sobre las extracciones mostró que el de  $AG_3$  100 ppm, que las extracciones con  $H_2SO_4$  0.1 %, fermentación 72 Hr y HCl 0.7 % obtuvieron germinaciones por arriba del 80 % como se observa en la Figura 4.2; mientras que con  $AG_3$  a 500 ppm, la extracción con HCl 0.5 % y fermentación a 48 Hr nuevamente obtuvieron valores por arriba del 80 %. Estos resultados coinciden con Copeland y McDonald (1985), quienes afirmaban que para que haya una germinación, deberían estar presentes las giberelinas y éstas, posiblemente podrían estar bloqueadas por la presencia de un inhibidor físico o químico como es el caso del mucílago presente en la semilla de papaya, o como lo menciona Camacho (1994), por la presencia de metabolitos en el embrión sostenidos por la baja permeabilidad de la cubierta; por lo cual la concentración de giberelinas aumento positivamente en la germinación sin importar la presencia del mucílago. También se coincide con Andreoli (1993), respecto a que una combinación del osmoacondicionamiento y el uso de giberelinas en este cultivo aumentan la germinación, que en este estudio se llevo acabo por una imbibición de dos Hr en las giberelinas.

En cuanto a las fermentaciones era de esperar los resultados mostrados, ya que por si solas mostraron los mejores porcentajes en cuanto a viabilidad, además de un buen porcentaje de germinación con ambas concentraciones de acido giberelico, lo cual se debió principalmente a que las semillas extraídas con este método no fueron dañadas físicamente; además se elimino en su totalidad el mucílago.

### **Plántulas Anormales (PA)**

El ANVA mostró que no hubo diferencias entre las extracciones aplicadas y un coeficiente de variación de 180.97 % (Cuadro 4.4), encontrando que numéricamente el  $H_2SO_4$  al 0.2 % presentó 9.17 %, el cual fue mayor, posiblemente porque el acido sulfúrico dañó fisiológicamente a las semillas. En el

caso de HCl 0.7 % reportó 1.67 % de plantas anormales, siendo el valor mas bajo, aunque como se mencionó, estadísticamente igual al resto de extracciones.

Entre los tratamientos se encontró una diferencia altamente significativa, no reportándose diferencias en la interacción extracciones por tratamientos. El tratamiento AG<sub>3</sub> a 500 ppm, mostró un 10 % de anomalías (Cuadro 4.4), mientras que el tratamiento con agua permaneció en valores por debajo del 1 % en el último grupo de significancia.

El comportamiento de las plántulas anormales en cuanto a los tratamientos aplicados mostró que en el tratamiento de escarificación hubo un comportamiento positivo de emergencia como fue en el testigo (reposo 24 Hr), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.2 % y fermentación 72 Hr (Figura 4.2); así también los tratamientos con ácido giberélico promovieron una mayor respuesta en esta variable; cabe mencionar que el HCl 0.7 % (extracción 8), no se encontraron plántulas anormales, por lo que puede considerarse un método deseable de extracción si se desea maximizar el número de plántulas normales.

### **Semillas Sin Germinar (SSG)**

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos, extracciones y la interacción, donde el testigo tuvo mayor porcentaje de semillas sin germinar con un valor de 81.67 %, ya que, como se mencionó anteriormente, el mucílago quedó adherido a la semilla, impidiendo su germinación.

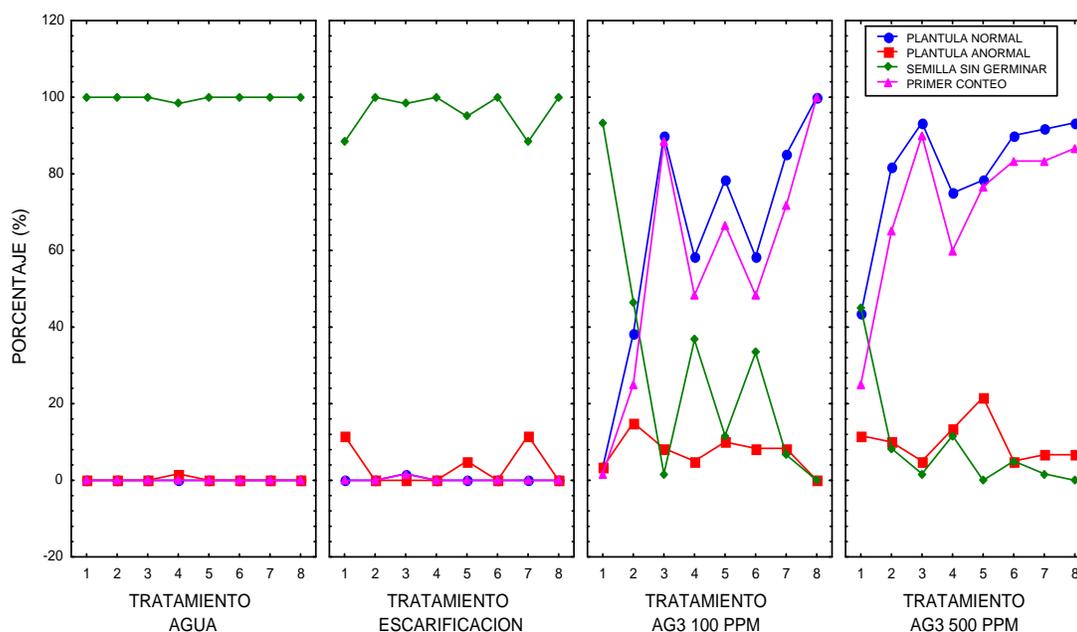
Mientras que en la fermentación a 72 Hr presentó 49.17 % siendo el menor porcentaje de semillas sin germinar, junto con HCl 0.7 % quien obtuvo el 50.0 % siendo estos dos estadísticamente iguales (Cuadro 4.4), y en los que las semillas quedaron casi perfectamente libres de mucílago, lo cual benefició la germinación.

Entre los tratamientos aplicados para la promoción de la germinación, el tratamiento AG<sub>3</sub> a 500 ppm mostró los valores mas bajos, a diferencia del tratamiento con agua que presentó un 99 % de semillas sin germinar (Cuadro 4.4), el tratamiento a AG<sub>3</sub> a 100 ppm también disminuyó hasta un 29 %, lo cual nos confirma lo descrito anteriormente, respecto a que el ácido giberelico promueve germinación y por lo tanto disminuye las semillas sin germinar.

Cuadro 4.4. Significancia, comparación de medias y coeficientes de variación de extracciones, tratamientos y la interacción de extracciones por tratamientos en la germinación y vigor en semillas de papaya Maradol.

FV	GL	Germinación			Vigor				
		PN (%)	PA (%)	SSG (%)	PC (%)	IVE (%)	LMH (cm)	LMR (cm)	PS (mg/pl)
EXT	7	1662.5**	69.606 <sup>NS</sup>	1451.749**	2059.487**	244.654**	12.784**	1.366*	61.307 <sup>NS</sup>
TRAT	3	42947.92**	440.538**	51591.233**	33306.510**	2693.425**	1408.747**	205.710**	924.508**
EXT*TRAT	21	729.464**	57.602 <sup>NS</sup>	758.098**	826.153**	94.169**	6.040*	1.498*	66.355 <sup>NS</sup>
EE	64	100.781	90.625	62.500	118.489	3.565	3.461	0.627	43.656
<b>Comparación de medias</b>									
Extracciones	Testigo	11.67 F	6.67 A	81.67 A	6.67 E	1.91 E	4.71 C	2.08 C	10.53 A
	HCl 0.1%	30.00 E	6.25 A	63.75 B	22.50 D	6.19 D	6.79 B	2.82 AB	5.29 AB
	HCl 0.5%	46.25 AB	3.33 A	50.42 C	45.00 A	14.20 A	8.34 A	3.08 A	7.96 AB
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.1%	33.33 DE	5.00 A	61.67 B	27.08 CD	7.42 CD	6.61 B	2.49 ABC	4.73 B
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.2%	39.17 BCD	9.17 A	51.67 C	35.83 BC	12.74 AB	7.17 AB	2.74 AB	4.67 B
	48 Hr	37.08 CDE	3.33 A	59.58 B	32.92 BC	8.89 C	6.62 B	2.27 BC	4.45 B
	72 Hr	44.17 ABC	6.67 A	49.17 C	38.75 AB	12.32 B	6.87 AB	2.89 AB	4.31 B
	HCl 0.7%	48.33 A	1.67 A	50.00 C	46.67 A	3.24 E	7.52 AB	2.79 AB	7.63 AB
Tratamientos	Agua	0.00 C	0.21 C	99.79 A	0.00 C	0.00 C	0.00 C	0.00 C	0.00 B
	50 °C	0.21 C	3.54 BC	96.25 A	0.21 C	0.06 C	0.54 C	0.25 C	1.94 B
	100 ppm	63.96 B	7.29 AB	28.75 B	56.25 B	11.27 B	11.98 B	4.81 B	12.91 A
	500 ppm	80.83 A	10.00 A	9.17 C	71.25 A	22.12 A	14.79 A	5.52 A	9.94 A
<b>CV</b>		<b>27.694</b>	<b>180.969</b>	<b>13.516</b>	<b>34.094</b>	<b>22.575</b>	<b>27.245</b>	<b>29.946</b>	<b>106.604</b>

\*\* = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); \* = Significativo (0.05 % de probabilidad); NS = No Significativo; CV= Coeficiente de Variación (porcentaje); PN = Plántulas Normales; PA = Plántulas Anormales; SSG = Semillas sin Germinar; PC = Primer Conteo; IVE = Índice de Velocidad de Emergencia; LMH = Longitud Media de Hipocotilo; LMR = Longitud Media de Raíz; PS = Peso Seco.



Extracciones: 1= Testigo (Absoluto); 2= HCl 0.1 %; 3= HCl 0.5 %; 4= H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 %; 5= H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.2 %; 6= Fermentación 48 Hr; 7= Fermentación 72 Hr; 8= HCl 0.7 %.

Figura 4.2. Comportamiento de ocho métodos de extracción sometidos a cuatro tratamientos para promover su germinación y vigor (primer conteo) en semillas de papaya Maradol.

### Primer Conteo (PC)

Para esta variable se encontraron diferencias altamente significativas entre las extracciones, tratamientos y su interacción. Así la extracción con HCl a concentraciones de 0.7 y 0.5 % presentaron los mayores valores en primer conteo (46.67 y 45.00 % respectivamente), seguido por fermentación 72 Hr con 38.75 %, que estadísticamente pertenecen al mismo grupo (Cuadro 4.4); mientras que el comportamiento del testigo, como era de esperarse por los resultados obtenidos en la germinación presentó un porcentaje más bajo con 6.67 %.

Entre los tratamientos, se encontró que el tratamiento AG<sub>3</sub> 500 ppm fue el que presentó el mayor resultado con respecto al primer conteo con 71.25 %, como se observa en el Cuadro 4.4. La Figura 4.2 permite apreciar el efecto benéfico de

los tratamientos con ácido giberelico en ambas concentraciones, constituyendo una evidencia más de los efectos positivos de los ácidos en la promoción de germinación.

### **Índice de Velocidad de Emergencia (IVE)**

En esta variable todas las fuentes de variación mostraron diferencias altamente significativas; de tal forma que, entre las diferentes extracciones estudiadas el HCl 0.5 % y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 0.2 % fueron los mejores con 14.20 %, 12.74 % respectivamente, siendo estos dos estadísticamente iguales, mientras el testigo presento el porcentaje mas bajo con 1.91 %, seguido por HCl 0.7 % con 3.24 % perteneciendo estos dos al mismo grupo estadístico (Cuadro 4.4).

Estos resultados coinciden con Mosqueda (1968) y Lange (1961) quienes mencionaron que la eliminación de mucílago en las semillas de papaya ayudó a tener tempranas emergencias dentro de la germinación.

La comparación de medias reportó que el tratamiento AG<sub>3</sub> 500 ppm obtuvo mayor índice de velocidad de emergencia con 22.12 %, mientras que en el tratamiento con agua, no presentó emergencia.

En la interacción se pudo observar que el HCl 0.7 % y el testigo obtuvieron una respuesta similar en la aplicación de AG<sub>3</sub> a 500 ppm, este comportamiento se debió a que la semilla fue afectada en la sarcotesta por la concentración del ácido y en el testigo el mucílago de la semilla no fue removido y por lo tanto mostraron poca respuesta (Figura 4.3).

Es de notar que la extracción con ácido clorhídrico a 0.1 y 0.5 % más la aplicación de ácido giberelico incrementó gradualmente el IVE conforme se aumentaron las concentraciones de este promotor; comportamiento observado también en el ácido sulfúrico y en los tiempos de fermentación, de tal forma que a

medida que se tenía menos mucílago en las semillas y mayor concentración de ácido giberélico se reflejó en mayor IVE.

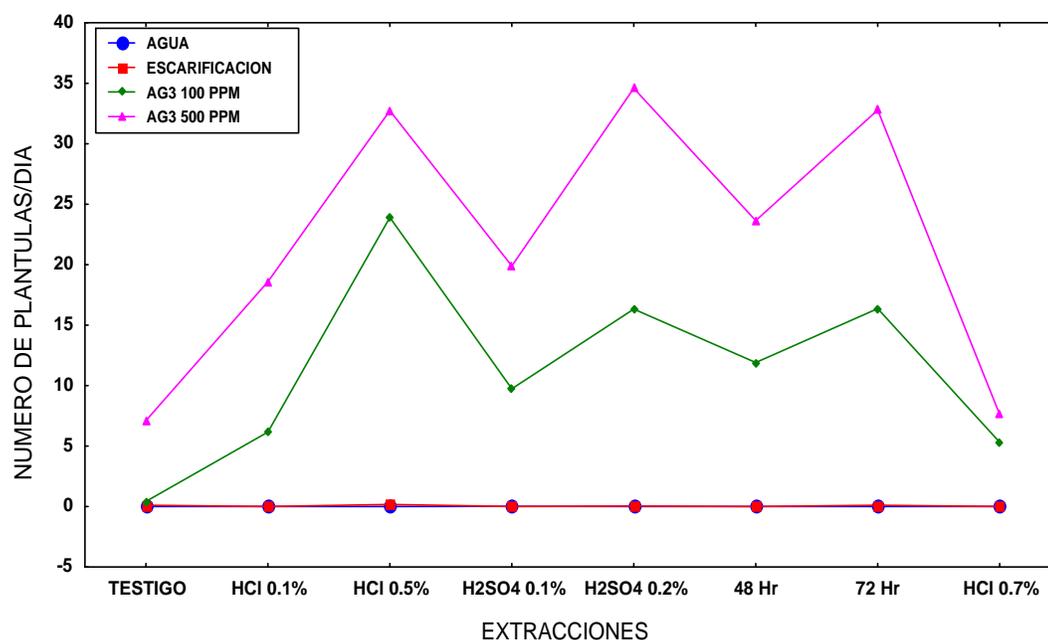


Figura 4.3. Comportamiento del índice de velocidad de emergencia en los ocho métodos de extracción, sometidos a cuatro tratamientos, en semillas de papaya Maradol.

### Longitud Media de Hipocotilo (LMH)

El análisis estadístico reportó diferencias altamente significativa entre extracciones y tratamientos, y solo significativas en la interacción.

Comportándose la extracción HCl 0.5 % como la mejor con 8.34 cm, seguido por HCl 0.7 % con 7.52 cm, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 0.2 % con 7.17 cm y fermentación 72 Hr con 6.87 cm, siendo las 4 extracciones estadísticamente iguales, mientras el testigo fue el que mostró el valor mas bajo con 4.71 cm (Cuadro 4.4).

El tratamiento que alcanzó mayor longitud fue AG<sub>3</sub> 500 ppm con 14.79 cm (Cuadro 4.4). En la interacción extracciones por tratamiento se logró observar que no hubo respuesta en el tratamiento con agua así como escarificación en ninguna

de las extracciones, con excepción de HCl 0.5 %; en el caso de la aplicación de ácidos giberélicos se obtuvieron tendencias similares, por ejemplo en AG<sub>3</sub> a 100 ppm, las extracciones con HCl 0.5, 0.7 %, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.2 % y fermentación a 72 Hr se obtuvieron longitudes medias de hipocotilo mayores, estas respuestas fueron inversas cuando las concentraciones de HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se aplicaron en menor cantidad, al igual que fermentación 48 Hr (Figura 4.4).

Sin embargo, en la aplicación de AG<sub>3</sub> 500 ppm en las extracciones, se obtuvieron respuestas similares en el aumento de LMH, aplicando 100 ppm, aunque las longitudes de hipocotilo fueron superiores en forma general en 500 ppm que en 100 ppm.

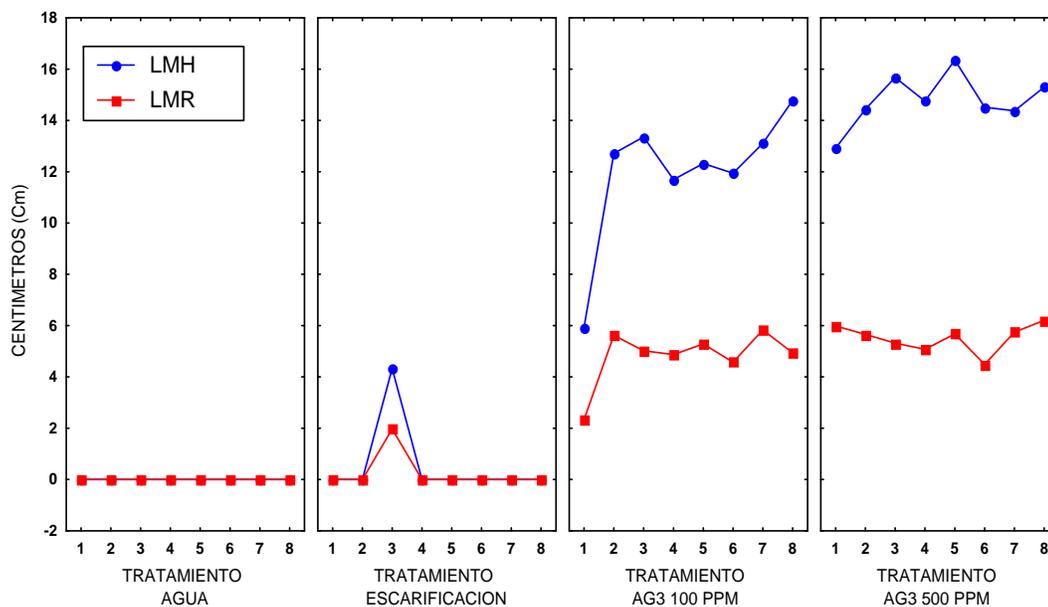
### **Longitud Media de Raíz (LMR)**

De acuerdo al ANVA, entre las extracciones y la interacción hubo diferencias significativas, en tanto que los tratamientos exhibieron diferencias altamente significativas.

Al igual que en la variable anterior, HCl 0.5 % presentó la mayor longitud media de raíz con un valor de 3.08 cm, seguidos por fermentación 72 Hr, HCl 0.1, 0.7 %, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.2 %, todos en el mismo grupo estadístico (Cuadro 4.4), mientras que el testigo, fermentación 48 Hr y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 % resultaron los de menor valor con 2.08, 2.27 y 2.49 cm respectivamente, dentro del ultimo grupo estadístico.

El tratamiento AG<sub>3</sub> 500 ppm fue el mejor con 5.52 cm, mientras el tratamiento con agua no mostró valores en esta variable (Cuadro 4.4). En la interacción extracciones por tratamiento se logro observar que en el tratamiento con agua no hubo respuesta, así como en ninguna de las extracciones de escarificación, excepto HCl 0.5 % mismo comportamiento que se dio en LMH.

En el caso de la aplicación de AG<sub>3</sub> a 100 ppm reporto un mayor valor de LMR, destacando una tendencia similar en las extracciones HCl 0.1 %, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.2 % y fermentación 72 Hr, pero fueron aun mayor los resultados cuando se le aplico AG<sub>3</sub> a 500 ppm, mostrando tendencias similares las extracciones testigo, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.2 % y fermentación 72 Hr (Figura 4.4).



Extracciones: 1= Testigo (Absoluto); 2= HCl 0.1 %; 3= HCl 0.5 %; 4= H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 %; 5= H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.2 %; 6= Fermentación 48 Hr; 7= Fermentación 72 Hr; 8= HCl 0.7 %; LMH= Longitud Media de Hipocotilo; LMR= Longitud Media de Raíz.

Figura 4.4. Comportamiento de longitud media de hipocotilo y raíz en ocho métodos de extracción, sometidos a cuatro tratamientos, en semillas de papaya Maradol.

### Peso Seco (PS)

En esta variable solo entre tratamientos se reportaron diferencias altamente significativas, no existiendo diferencias entre las extracciones y la interacción.

A pesar de la no significancia entre las extracciones, la prueba de medias formó dos grupos estadísticos con el testigo mostrando el mayor peso seco con 10.53 mg/PI, seguido por el ácido clorhídrico al 0.5, 0.7 y 0.1 %, dentro del primer

grupo de significancia; el siguiente grupo se formó con el ácido sulfúrico a 0.1, 0.2 % y las fermentaciones 48 y 72 Hr, donde esta última obtuvo el menor valor en el peso seco con 4.31 mg/PI (Cuadro 4.4). El comportamiento del testigo, posiblemente se debió a que las pocas plántulas emergidas tuvieron un mayor diámetro y área foliar en comparación de las plántulas de las otras extracciones.

Entre los tratamientos, el realizado con AG<sub>3</sub> 100 ppm, se comportó como el mejor tratamiento con 12.91 mg/PI (Cuadro 4.4). Los tratamientos agua y escarificación no reportaron peso seco en las extracciones porque no hubo presencia de plántulas normales, con excepción en HCl 0.5 % quien presento un PS de 15.53 mg/PI (Figura 4.4); en el caso de la extracción testigo con la aplicación de AG<sub>3</sub> a 100 ppm reporto el mayor valor de PS con 29.43 mg/PI, mientras que los resultados con AG<sub>3</sub> a 500 ppm fueron inferiores hasta 12.67 mg/PI en comparación al tratamiento anterior. Las extracciones con ácidos y las fermentaciones dieron respuestas similares en la aplicación de ambas concentraciones de ácidos giberelicos, sobresaliendo entre ellos el HCl 0.7 % en la aplicación de AG<sub>3</sub> 100 ppm con 14.76 mg/PI y a 500 ppm con 15.74 mg/PI.

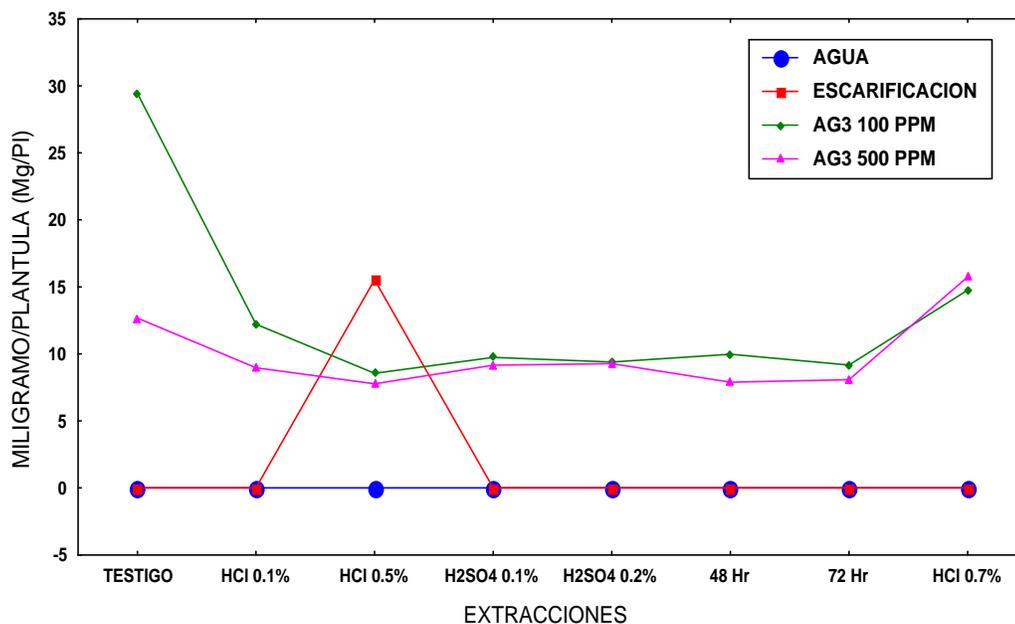


Figura 4.5. Comportamiento de peso seco en ocho métodos de extracción, sometidos a cuatro tratamientos, en semillas de papaya Maradol.

## CONCLUSIONES

Con base a los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye lo siguiente:

En forma general, el ácido clorhídrico y la fermentación fueron los mejores métodos de extracción de semillas, de los aquí estudiados en papaya Maradol. Donde el ácido clorhídrico no afectó la calidad fisiológica (germinación y vigor) de la semilla, y se tiene mayor facilidad y menor tiempo en el proceso del desprendimiento del mucílago; tampoco la fermentación afecta la calidad fisiológica, pero retrasa los días de emergencia de la plántula, y requiere mayor tiempo en el proceso del desprendimiento de mucílago.

Con lo que se refiere a la concentración de ácidos y tiempos de fermentación, se recomiendan HCl a 0.5 y 0.7 %, y fermentación a 72 Hr. Sin embargo, el ácido clorhídrico a 0.7 % de concentración retrasó la emergencia de la plántula.

Concentraciones bajas del ácido clorhídrico y tiempos cortos de fermentación quitan parcialmente el mucílago de la semilla provocando baja calidad fisiológica en esta.

Con respecto a los tratamientos empleados para promover la germinación, la aplicación de ácido giberélico favorece en gran medida la germinación y el vigor en la semilla de papaya Maradol, aumentando esta considerablemente cuando se utilizan concentraciones de 500 ppm.

## LITERATURA CITADA

Alonso, O. R. 1952. Observaciones sobre el cultivo y mejoramiento de la fruta bomba. Vol. No77. Estación Experimental Agronómica Santiago de las Vegas la Habana, Cuba.

Anuario Estadístico. Sistema de Información Agrícola y Pecuario (SIAP, 2002).

Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1983. Seed vigor testing handbook. Contribution No. 32. USA. 82 p.

Association of Official Seed Analysts (AOSA) 1992. Seedling evaluation handbook. Contribution No.35. USA. 32 – 38 p.

Camacho, M.F. 1994. Dormición de semillas. Causas y tratamientos. Ed. Trillas. México 125p.

CARISEM. 2000. El cultivo de la papaya Maradol Roja (*Carica papaya L.*) marca "CARISEM". La semilla del caribe. Gerencia de investigación y desarrollo. Folleto técnico. Guadalajara, México. 30 p.

Carvalho, J.S. 1983. Sementes: Ciencia, tecnología de producto 2<sup>a</sup>. Edicion. Rev. Campinas. Fundacao Cargill. pp. 199-213.

Copeland, L.O. and M.B. McDonald, 1985. Principles of seed science and technology 2 Ed. Michigan publishing Company. 321 p.

Crocker, W.C. 1965. Semillas; Manual para el análisis de su calidad. 1<sup>a</sup> Edición. Edit. Continental. pp. 314-321.

Delouche, J.C. 1986. Physiological seed quality. Proc. short course for seedsmen. Vol28:51-59. Mississippi State University, United State of America.

De los Santos, F. 1993. Manual de producción de Papayo en el Estado de Veracruz. Cotaxtla, Veracruz, México. 30 pp.

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.

- Ferwerda, F.P. 1987. Genotecnia de cultivos tropicales perennes. 1ª Edición, pp. 374 – 392.
- Gowda, S. J; K. Talukdar and H. Ramaiah, 1991. Optimization of seed extraction technique in tomato. Seeds and farms. Bangalore, India. 17: 3 – 4: 15 – 17.
- Hampton, J.G. 2001. Revista Seed News Septiembre/Octubre volumen 5 número 5.
- Hartmann, H.T. and D.E. Kester, 1988. Propagación de plantas. Editorial Continental, pp. 30-43.
- Henry, W.CH. 1962. Frutales de hojas perennes. 1ª. Edición. Pp. 366-384. Ed. Hispanoamericano.
- Hernández, C.P. 1990. Evaluación de calidad física de semillas hortícolas mediante equipo mecánico de limpieza. Tesis de Licenciatura. U. A. CH. Chapingo, Mexico. pp. 16 – 19.
- 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.
- Kachru, R.P. and J.T. Sheriff, 1992. Performance evaluation of axial flow vegetable seed extractor. Indian journal of Agricultural Engineering. Madhya, Pradesh, Indian. 2: 1: 37.
- Lange, A. H. 1961. Effects of sarcotesta on germination of *Carica papaya*. Botanical Gazette. Num. 122. U.S.A. pp. 305-311.
- León, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. 2ª Edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. pp. 375 – 380.
- Litz, R. E. 1986. Fruit tree. Papayo (*Carica papaya* L). Biotechnol Agric. 1; 267-273.
- Liptay, A. 1989. Extraction procedures for optimal tomato seed quality. Acta Horticulturae. Canada. : 253 : 163 : - 170.
- Malo, S.E. and Campell, W.C. 1994. The papaya fact sheet HS. 11 April. Horticultural Sciences Departament Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences University of Florida. U.S.A.
- Marco, M.H. 1986. El melón, economía, producción y comercialización. Traducción del francés. Ed. Acribia. Zaragoza, España. p. 65.

- Mc Donald, M. B. Jr. 1977. The influence of seed moisture on the accelerated ageing seed vigor test J. Of seed tech. 2(1); 12-28 USA.
- Miranda, F. 1984. Vigor y pruebas de semillas conferencia VIII. Curso de postgrado en tecnología de semillas. CIAT, Colombia, 18p.
- Montes C.F. 1990. Producción de semillas de hortalizas. Avances de investigación. Centro de investigaciones agropecuarias. U.A.N.L. p 104.
- Moreno, M.E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas Ed. U.N.A.M. 383 p.
- Morin Ch. 1967. Cultivo de frutales tropicales. Librerías A.B.C., S.A Lima Perú. p. 234.
- Mosqueda, V.R. 1968. Efecto de diversos tratamientos aplicados a la semilla de Papayo sobre su poder germinativo. Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, México.
- Ochese, J. J. 1972. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales. 1ª Edición. Editorial Limusa, México. Pp. 652-660.
- Palacios., D.S. 1989. Evaluación de métodos de extracción en el rendimiento y calidad de la semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill cv floradade). Tesis de Licenciatura. UANL. Marin, N.L. Mexico. 114 p.
- Palanisamy, V.; and K. Ramamoorth, 1987. Seed germination studies in Papaya. Progressive Horticulture. Vol. 19. (3-4). pp. 253- 255.
- Pereira, M.C.A. 1986. Respuesta de la papaya (*Carica papaya* L.) a la humedad aprovechable residual en el suelo al momento del riego, fertilización nitrogenada y fosfórica. Tesis de Maestría. Centro de Edafología. Colegio de postgraduados. Chapingo, México. 164 p.
- Ploetz et al. 1994. Compendium of tropical fruits diseases. APS Press, The American Phytopathology Society, U.S.A.
- Roberts, E.H. 1981. Physiology of ageing and its application to drying and storage. Seed sci. & tech. 9:359-372. the Netherlands.
- Raju, T.V.K. K. Ramamoorthy and B.P. Sitoula, 1992. Extraction methods in relation to quality and storage potential of tomato seeds. Progressive Horticulture. Coimbatore, India. 21 : 3 – 4 : 292 – 295.
- Raymond, A.T. 1989. Producción de semillas de plantas hortícolas. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. pp. 220 – 223.

- Sansom J. A. 1991. Fruticultura tropical. 1a Edición. Editorial Limusa S.A. México D.F. pp. 305 – 319.
- Sánchez, M.F. 1988, Mejoramiento genético de la papaya. Logros y perspectivas Monografía U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo. Coah. México.
- SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT User`s Guide. Version 6, fourth Edition. SAS Institute Inc., Cary, N.C.
- Silvia, R. F., R.B. Koch, and E.L. Moore, 1982. Effect of extraction procedures on tomato (*Lycopersicon esculentum*). Seed germination and vigour. Seed Science and Technology. The Netherlands. 10 : 2 : 187 – 191.
- Statistica. 1994. Staisca for windows ver 4.5 StatSoft, Inc. Tulsa, Ok. USA.
- Steel, G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill, New York. USA.
- Thomson, J. R. 1979. An introduction to seed technology. Thomson Litho Ltd. Great Britain. p. 1 – 15.

### **CITAS DE INTERNET**

- <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Papaya.shtml>
- <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s02.htm>
- [www.semillasdelcaribe.com.mx](http://www.semillasdelcaribe.com.mx)

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.