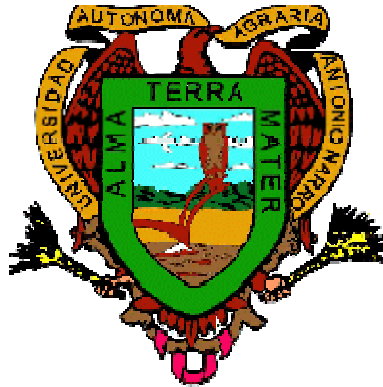


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE BOTANICA



**EFFECTO DEL SECADO EN SEMILLAS DE PAPAYA
(*CARICA PAPAYA L.*) EN LA CALIDAD A TRAVES DEL TIEMPO**

POR:

LILIAN SANCHEZ AGUILAR

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el titulo de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGIA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Septiembre 2009.

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

**DIVISION DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE BOTANICA**

**EFFECTO DEL SECADO EN SEMILLAS DE PAPAYA
(CARICA PAPAYA L.) EN LA CALIDAD A TRAVES DEL TIEMPO**

**POR
LILIAN SANCHEZ AGUILAR**

Que somete a Consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial para Obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGIA

Aprobado Por:

Asesor principal:


M.P. María Alejandra Torres Tapia

Asesor:

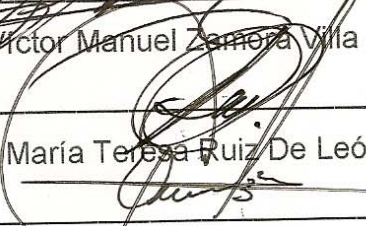

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

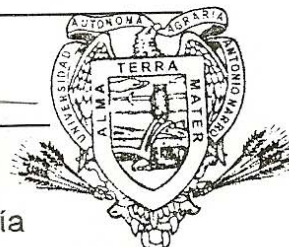
Asesor:


Dr. Victor Manuel Zamora Villa

Asesor:


Mc. María Teresa Ruiz De León


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo.
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Septiembre de 2009.

DEDICATORIA

A DIOS

A ti Señor gracias porque me diste la vida, porque me has acompañado en todo momento, porque siempre he ido de tu mano para alcanzar mis triunfos y no me abandonaste en momentos de desmayo, gracias Señor por darme a una mamá ejemplar.

A MI MADRE

Eunice Sánchez Aguilar. A ti madre dedico este trabajo con todo el amor y cariño que mereces por apoyarme en todo momento por darme lo mejor de tí durante toda mi vida gracias por ser madre y padre gracias por llevar tú sola los dos papeles tan difíciles al mismo tiempo, no me alcanzará la vida para agradecerte todo lo que has hecho por mí. Que Dios te bendiga y te proteja siempre.

A MI TÍAS

Nohemí, Saraí, y en especial a mi tía Inés Aguilar Santos. Gracias por ser como una segunda mamá, por su apoyo y consejos y porque nunca dejó sola a mi madre cuando ella lo necesitaba que Dios la bendiga.

A ELIPIO PABLO SANTIAGO

Por su amor que me brinda cada día así como la comprensión y apoyo proporcionados durante la culminación de mis estudios, por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas y por ese ejemplo tan maravilloso de salir adelante. Que Dios te bendiga.

A MIS HERMANOS

José Manuel y Edith por el cariño que nos une a pesar del tiempo y la distancia.

A todos aquellos que estuvieron presentes en algún momento de mi vida gracias.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Mi Alma Terra Mater por abrirme sus puertas y acogerme en su seno para la realización de mis estudios.

A la M.P. Alejandra Torres: Por brindarme su amistad y por confiar en mí durante la elaboración de este trabajo de investigación, Agradecimientos infinitos por haberme asesorado en la realización de mi tesis y por su buena disposición y tiempo en la participación de este trabajo. Dios la bendiga siempre por ser una persona sencilla, gracias por permitirme conocerla.

Al Dr. Víctor Manuel Zamora Villa. Por el tiempo, dedicación y conocimientos proporcionados durante la realización de esta investigación.

Al Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo. Por los consejos y sugerencias brindadas para una mejor presentación de esta investigación.

A la Mc. María Teresa Ruiz De León. Por los consejos y sugerencias brindadas para una mejor presentación de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
Hipótesis.....	4
REVISION DE LITERATURA	5
Aspectos generales.....	5
Descripción botánica.....	5
Semilla.....	6
Métodos de extracción de la semilla.....	6
Extracción manual.....	7
Extracción por fermentación.....	7
Métodos de secado.....	8
Secado.....	8
Acondicionamiento.....	9
Operaciones del acondicionamiento.....	9
Viabilidad.....	10
Germinación.....	10
Vigor.....	12
Almacenamiento.....	12
MATERIALES Y METODOS	15
Ubicación del área de estudio.....	15

Material genético.....	15
Acondicionamiento.....	16
Extracción de semillas.....	16
Secado de la semilla.....	17
Limpieza de la semilla.....	17
Tratamientos para promover la germinación.....	18
Almacenamiento.....	18
Variables a evaluar.....	18
Métodos para determinar el contenido de humedad.....	18
Germinación.....	19
Vigor.....	20
Índice de velocidad de emergencia.....	20
Diseño experimental.....	21
Comparación de medias.....	22
RESULTADOS Y DISCUSION	23
Métodos de secado.....	23
Capacidad de germinación.....	27
Plántulas normales.....	26
Tratamientos.....	29
Plántulas anormales.....	32
Tratamientos.....	32
Semillas sin germinar.....	34
Tratamientos.....	35
Vigor.....	37
Índice de velocidad de emergencia.....	37
CONCLUSIÓN	39
LITERATURA CITADA	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Pág.
4.1.	Resultados del ANVA y comparación de medias en la variable contenido de humedad de semilla de papaya Var. Maradol en diferentes métodos de secado y muestreos así como diferentes temperaturas en la determinación del CH.....	25
4.2	Significancia de métodos de secado, tratamientos y la interacción de secado por tratamientos en la calidad fisiológica (germinación y vigor); y la comparación de medias de los tratamientos para promover la germinación en semilla de papaya Maradol.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Pág.
3.1	Coloración de índice de madurez para la producción de semillas de papaya Maradol.....	16
4.1	Comportamiento del contenido de humedad en relación a las temperaturas en el método de secado medio ambiente.....	26
4.2	Comportamiento del contenido de humedad en relación a las temperaturas en el método de secado por ventilación.....	26
4.3	Respuesta de la capacidad de germinación inicial y a nueve meses de almacén en semilla de papaya Maradol secada en medio ambiente por ocho días.....	31
4.4	Respuesta de la capacidad de germinación inicial y a nueve meses de almacén en semilla de papaya Maradol secada con ventilador.....	31
4.5	Comportamiento del Índice de Velocidad de Emergencia en la evaluación inicial de semillas de Papaya Maradol.....	38

INTRODUCCION

La papaya cuyo nombre científico es (*Carica papaya L.*), pertenece a la familia de las Caricáceas, es una planta que tiene como centro de origen diversas regiones tropicales y subtropicales de América, específicamente entre el sur de México y Nicaragua, fue descrita por primera vez en 1526 por el cronista español Oviedo, quien la encontró en las costas de Panamá y Colombia.

El cultivo de papaya es ampliamente apreciado por ser uno de los pocos frutales que proporciona producción continua durante todo el año después de iniciada su floración por poseer frutos con un alto valor nutritivo y por alcanzar altos rendimientos.

El fruto de papaya es de color amarillo y de olor fragante; su tamaño es variable, con numerosas semillas esferoidales de color negro. Aunque su forma de propagación es por semillas y esquejes, donde la primera es la principal por ser la forma más económica y fácil de propagar este cultivo.

En el año 1998 la Organización Mundial para la Alimentación y la Agricultura de la Organización de las Naciones Unidas 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.

Para el año 2004 la producción mundial de papaya registró 6.5 millones de toneladas métricas, de las cuales, el 75% proviene de seis principales países productores: México, Brasil, Nigeria, India, Indonesia y Etiopía. Siendo México el principal exportador de papaya al mundo con un 37%.

A nivel nacional, los principales productores de papaya son los Estados de Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Michoacán en donde se genera el 80% de la producción de este fruto.

En la actualidad la forma más práctica de propagar la papaya es por medio de semilla el cual se extrae de frutos maduros y libres de infecciones virales. La semilla que se utiliza para la propagación es únicamente la semilla que proviene de plantas hermafroditas que son controladas por el hombre ya que en frutos femeninos se han encontrado de 1000 a 1400 semillas por fruto dentro de su cavidad.

Para la producción de semilla comercial es necesario obtenerla de siembras aisladas solamente con plantas femeninas y hermafroditas, mediante la polinización de sus flores por acción de insectos y del viento es por ello que los frutos provenientes de flores hermafroditas son de tamaño grande, carnosos y cilíndricos.

Las semillas a diferencia de los esquejes son las que tienen mayores probabilidades de originar plantas productivas con frutos de características deseables pero las principales causas que afectan la germinación de las semillas es el mucílago que cubren a las semillas pues este impide que exista una germinación uniforme y por lo tanto existen pérdidas para el productor.

Hoy en día, las empresas dedicadas a la producción de semillas de este fruto utilizan procesos de extracción y separación de mucílago tales como: manual, mecánico, químico y fermentación; así mismo al término de este proceso, se lleva a un secado mediante formas antiquísimas como es el asoleado, incrementando mayor número de factores que provocan algún deterioro en la semilla hasta que esta llega a tener una mala o baja calidad sobre todo en las características fisiológicas; iniciando este deterioro en la extracción, ya que requiere de un tiempo de fermentación que oscila entre dos o tres días y seguido del asoleado dado entre dos a más horas dependiendo de las condiciones climáticas completamente trayendo como consecuencia un olor desagradable, mala apariencia en las semillas y afectando su viabilidad.

Además que la semilla de papaya presenta cierto número de inhibidores en su cubierta provocando que la germinación sea lenta y no uniforme. Los productores para evitar este efecto emplean sustancias reguladoras de crecimiento tales como: ácido indolacético, naftalenacético, giberélico e hidrazida maleica.

Con los antecedentes descritos, la empresa Semillas del Caribe S.A. de C.V. 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 secado 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 y asoleado) no son los adecuados para obtener una semilla de alta calidad, planteando en el presente trabajo los siguientes objetivos:

Palabras clave: Acido giberélico, Acido indolacético, Contenido de humedad. Carica papaya, Germinación, Secado.

Objetivo general

- Comparar el efecto de dos métodos de secado en semillas de papaya maradol en relación a la calidad fisiológica de la semilla a través del tiempo.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la calidad fisiológica de la semilla en los métodos de secado estudiados aplicando la germinación en un periodo de nueve meses de almacenamiento a dos tiempos de almacenamiento.
- Comparar tres metodologías de determinación de humedad en los dos métodos de secado en semilla de papaya maradol.

Hipótesis

- Uno de los métodos de secado tiene efecto positivo en el contenido de humedad y su relación con la germinación y vigor de la semilla de papaya maradol.
- El método de secado afecta la calidad fisiológica de la semilla a través del tiempo de almacenamiento.

REVISION DE LITERATURA

Aspectos generales

La papaya (Carica papaya L.), pertenece a la familia de las Caricáceas, es considerada de origen americano, de América tropical, y según algunos autores, específicamente de Centroamérica (entre México y Costa Rica).

La papaya es una de las frutas tropicales con mayor potencial que se producen a nivel mundial, el 64% de la producción se concentra en cuatro países Brasil, Nigeria, India y México.

Descripción botánica

El papayo es una planta semileñosa puede alcanzar de 8 a 10 metros de altura, es una dicotiledónea de tronco hueco y de madera carnosa 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 posteriormente ha de desarrollarse el fruto.

El tallo es erecto, único, coronado por un penacho de hojas que son alternas y grandes. El fruto es de gran tamaño con peso de varios kilos, de color verde y amarillo, el color de la pulpa depende de la variedad esta puede ser amarilla o anaranjada. Los frutos nacen del tronco y pueden alcanzar de 15 a 50 cm de longitud, de 12 a 25 cm de diámetro.

Semilla

La papaya se propaga por medio de semillas y para obtenerlas es necesario seleccionar los frutos ya que esto determina en buen grado, la producción y calidad de los frutos.

La semilla se encuentra en el interior del fruto es de color negro miden de 3.7 a 4.5 mm de largo por 2 a 2.8 mm de ancho y 2 a 2.5 mm de grueso, esféricas, cubiertas por una capa mucilaginosa (sarcotesta); de característica negruzca y arrugada.

La manera principal de obtención de la semilla es directamente del fruto maduro (principalmente de su parte media) y ponerse a secar durante una semana a temperatura ambiente y bajo sombra. Éstas pueden almacenarse por 3 años en condiciones frescas y secas.

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 conservar el menor tiempo posible bajo las condiciones del medio ambiente dominante (www.semillasdelcaribe.com.mx).

Métodos de extracción de las semillas

Los métodos que se emplean para extraer las semillas de los frutos vienen determinados principalmente por las características de éstos. Los frutos carnosos se tratan mediante un proceso de despulpado mediante diferentes métodos de extracción como son el tratamiento manual, mecánico o por fermentación para separar las semillas.

Extracción manual

Según Baraona y Sancho (1991), las semillas de papaya se extraen del fruto separando las de los extremos y se lavan frotándolas sobre un cedazo para eliminar el arilo (mucílago) que las recubre.

Otros autores afirman que se corta el fruto en sentido longitudinal y se le extraen las semillas con una cuchara o cuchillo, o con los dedos. Se lavan y se frotan entre dos telas, o con arena u otro material, para eliminar la sustancia gelatinosa que las recubre. Deben lavarse hasta que queden limpias y secarse. Guardarse en un envase seco y pueden durar un año sin perder su germinación.

Sin embargo Samson (1991), menciona que la cubierta gelatinosa se elimina frotando capas delgadas de semillas contra un trozo de tela o de plástico. La semilla se lava y se seca sobre un papel, a la sombra. Estas semillas pueden almacenarse en un recipiente hermético hasta por tres años.

Extracción por fermentación

En trabajos realizados por el Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias FONAIAP en la Estación Experimental Lara en Venezuela, se determinó que el mejor método de extraer la semilla de tomate es mediante la fermentación, la cual consiste en macerar la parte interna de los frutos en un recipiente (pipote plástico de 100 litros) y dejarla fermentar por 48 horas. El proceso se realiza por fermentos lácticos y un hongo saprofítico, *Geotrichum candidum*, que forma una nata blanca en la superficie.

Durante el período de fermentación las semillas aptas se hunden, quedando en la parte superior un jugo de color claro y restos del fruto que deben eliminarse. La semilla del fondo del recipiente debe ser lavada repetidas veces con agua corriente y luego colocarse en bandas de papel periódico para su secado. La semilla recién extraída puede sembrarse de inmediato puesto que no presenta ningún período de reposo.

Métodos de secado

Secado

Se ha comprobado que la semilla a la cual se le elimina la sarcotesta y se lava suficientemente en agua en el proceso de beneficio, durante 24 horas, nace mejor (Lange, 1961). Sin embargo, el secado de la semilla, en temperatura por encima de 50° C, durante este proceso, afecta la germinación (Alonso, 1952). La adición de carbón vegetal activado, aumentó la germinación, cuando se aplicó a semilla sin sarcotesta, o sea, que posiblemente absorbió algún inhibidor de la germinación, pues de 41,5% la elevó a 63,5% (Lange, 1961).

El procedimiento que se aplique en la obtención de la semilla, influye poderosamente en su calidad, por lo que Mosqueda (1969) recomienda para el beneficio de la semilla de la papaya: “Eliminar la sarcotesta, lavarlas y secarlas al aire, no al sol”. Pues el secado al sol causa una severa disminución en la germinación debido a que la alta temperatura daña del embrión.

Acondicionamiento

El acondicionamiento es una parte muy importante para cualquier tipo de semilla.

Por acondicionamiento de semillas se entiende al conjunto de operaciones posteriores a la cosecha al que se somete un lote de semillas con el fin de maximizar la cantidad de semilla pura con el más alto grado de uniformidad, vigor y germinación.

El acondicionamiento de la semilla puede ser utilizado como parte de un programa de producción de semillas que puede ser llevado a cabo por una empresa estatal o privada, el procesamiento se realiza en un complejo agroindustrial denominado Unidad de Procesamiento de Semillas (UPS) cuyas operaciones se inician luego de la cosecha de las semillas y termina con el almacenamiento de las mismas.

Operaciones del Acondicionamiento

El proceso de acondicionamiento se realiza en varias etapas. La secuencia de operaciones especializadas que se necesiten para el acondicionamiento de un lote de semillas dependerá de las circunstancias y las condiciones en que se reciben las semillas. Hay operaciones que pueden obviarse para el acondicionamiento de las semillas de los cultivos.

Las operaciones de acondicionamiento comprenden:

- Recepción
- Prelimpieza

- Secado
- Operaciones especiales
- Limpieza
- Clasificación
- Tratamiento
- Envasado
- Almacenamiento

Viabilidad

La latencia de las semillas es superior a 3 años en condiciones frescas y secas.

La unidad de recursos genéticos del CIAT mostró que la semilla de papaya soporta la desecación hasta 5-9% sin pérdida importante de viabilidad y podía almacenarse en nitrógeno líquido, lo que permite planificar la conservación a largo plazo de los materiales colectados.

Germinación

La germinación de la semilla comprende una serie de procesos que comienza con la imbibición de agua y culmina con la emergencia de la plántula a través de las cubiertas (Azcon-Bieto y Talon, 1993).

Según Moreno (1996) la germinación se define como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión y manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones

favorables. Este proceso se lleva a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe.

Para que ello ocurra se utilizan algunos tratamientos o procedimientos para activar la germinación. Entre estos se puede mencionar: La adición de carbón vegetal activado, el tratamiento con 10 ppm de Acido Indolacético (AIA), la eliminación del arilo y lavar la semilla profusamente, y el mantenimiento en agua, pero de todos estos tratamientos, según muchas experiencias lo más que se ha logrado obtener es 70% de germinación. Así una semilla certificada, de calidad, se acepta como buena con 70% de germinación.

Las semillas de papaya germinan a las 2 ó 3 semanas de sembradas. Con el fin de facilitar la germinación de las semillas, debe eliminarse una capa de gelatina que las recubre (mucílago). El porcentaje de germinación varía de 50 a 60 % en plantas silvestres con tratamiento previo. En el caso de plantas cultivadas el porcentaje es mayor a 80 %.

Para que haya una buena germinación las semillas se deben sumergir en agua durante 48 horas. En este período de tiempo el agua debe cambiarse cada 12 horas con el fin de impedir el desarrollo de agentes patógenos. Al cabo de este proceso las semillas decantadas se esparcen en costales de fique húmedos, manteniendo una buena humedad constantemente y una temperatura de 27° a 30° C, por un espacio entre 8 y 15 días. Tiempo en el cual se inicia la germinación de los embriones y aparece la raíz en las primeras semillas, condición ideal para el transplante a bolsas o bandejas para crecimiento con turba. La semilla debe quedar poco profunda y en lo posible evitar la exposición directa al sol, cubriendo las bolsas o bandejas con un malla poli sombra para evitar el resecamiento.

Vigor

El vigor de plántula es una característica determinada por factores genéticos, pero influenciada por el ambiente (Anda y Pinter, 1994).

La aplicación de las pruebas de laboratorio para medir el vigor depende del concepto de vigor usado. Copeland (1979) considera que una prueba ideal de vigor debería ser rápida, fácil de ejecutar, no requerir de equipo complejo y capaz de detectar mínimas diferencias en vigor. Entre las pruebas de vigor más utilizadas destaca la prueba de frío, quizás por ser una de las más antiguas; consiste en colocar las semillas en toallas de papel absorbente (o en suelo) a 10 °C por un tiempo específico, según la especie a evaluar, aplicar condiciones favorables para la germinación y medir el vigor mediante el porcentaje de germinación, longitud de plúmula, y el peso fresco o peso seco de plántulas (McDonald, 1975; Copeland, 1979).

Almacenamiento

Uno de los factores en la producción de semillas que tiene relevancia es el almacenamiento correcto de la semilla.

Pues la conservación de granos y semillas depende de su buena condición, es decir, sano, limpio y seco, que mantenga la condición del grano almacenado y lo proteja de los factores adversos, durante un corto o largo periodo de almacenamiento (Ramirez, 1984 ; FAO, 1982).

El almacenamiento es la conservación de semillas viables desde que son recolectadas hasta el momento de su siembra (Willan, 1991). El fin del

almacenamiento es conservar la capacidad germinativa; protegerlas de los agentes que provocan daños como: aves, roedores, insectos y hongos.

El almacenamiento de semillas puede tener vital importancia cuando la cosecha de semillas no es uniforme.

Arce y Chung (1988) mencionan que bajo condiciones pobres de almacenamiento los cambios físicos y funcionales se aceleran, mientras que bajo condiciones óptimas se retarda.

Un ambiente seco, frío y limpio da las mejores condiciones de almacenamiento.

La humedad y la temperatura alta son los factores que más deterioran la semilla durante el almacenamiento.

La duración del almacenamiento puede ser variable, dependerá de muchos factores, aunque principalmente se deberá a las características propias de la semilla y de las condiciones ambientales. De acuerdo a la duración de las semillas pueden ser clasificadas en semillas de vida corta, de vida media y de vida larga (Hartmann y Kester, 1988).

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

El contenido de humedad de la semilla determinará la duración del almacenamiento, en general, las semillas de vida corta son sensibles a la desecación (Recalcitrantes). Son semillas que poseen una humedad elevada y pierden su viabilidad cuando ésta es reducida (Hartmann y Kester, 1988). Sin embargo la mayoría de las semillas de vida media y larga son tolerantes a la desecación (Ortodoxas), y deben secarse hasta un 4 a 6 % para almacenarse por períodos prolongados (Hartmann y Kester, 1988). Es posible admitir un aumento en el contenido de humedad, pero sólo si va acompañado de una reducción en la temperatura.

El contenido de humedad en la semilla y la temperatura son los factores más importantes para el almacenamiento de la semilla. De los cuales el contenido de humedad tiene mas influencia en la longevidad de la semilla, de aquí la importancia del secado, ya que una semilla secada apropiadamente podrá guardarse muy bien en temperaturas hasta de 90°F (32°C) bajo condiciones herméticas y cuando la semilla presenta contenidos de humedad relativamente altos se mantendrán bien, solo si la temperatura es reducida bajo 50°F (Delouche, 1978).

En términos prácticos, cada vez que se disminuye el contenido de humedad en uno por ciento, se duplica la longevidad de la semilla. Mas que cualquier factor, la sobrevivencia de la semilla que de cualquier otro factor (Garay *et al.*, 1989)

Un alto contenido de humedad de las semillas causa un aumento significativo en los procesos funcionales de la semilla, lo que provoca una rápida declinación en la germinación y el vigor de las semillas. Las condiciones frías y secas son por tanto las más apropiadas para el almacenamiento de las semillas (Baudet y Peske, sin fecha).

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del área de estudio

El proyecto se llevó a cabo en el Laboratorio de Ensayos de Semillas “Msc. Leticia A. Bustamante García” del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS), perteneciente al Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Siendo sus coordenadas geográficas 25° 21' 20" LN y 101° 01' 30" LW del meridiano de Greenwich, a una altitud de 1743 msnm.

Material genético

El material genético que se utilizó fue papaya de la variedad Maradol de origen cubano, se colectó en Tecomán, 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.

Acondicionamiento

El presente trabajo se realizo en tres partes

i. Extracción de semillas

En la investigación se utilizaron diez papayas de la variedad maradol, las cuales se seleccionaron conforme al índice de madurez descrito por la FAO (<http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s02.htm>), de 90 a 100 % en color amarillo y tamaño similar (Figura 3.1). La extracción de la semilla se realizó de manera manual. En primer lugar se lavó la papaya y posteriormente se realizó un corte horizontal y con una cuchara se hizo la extracción de la semilla recogiéndola en un vaso de precipitado.



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

A la semilla se le eliminó la cubierta gelatinosa que la recubre (mucílago) utilizando una solución de ácido clorhídrico en una concentración de 0.7%, sumergiendo la semilla por una hora, posteriormente se enjuagó con agua corriente (de llave) hasta obtener las semillas totalmente limpias y libres de mucílago.

ii. Secado de la semilla

Para el proceso de acondicionamiento de las semillas de papaya Maradol se dividió el total de la semilla extraída en dos partes iguales, con la finalidad de evaluar dos métodos de secado:

1) A temperatura ambiente. Colocando la semilla sobre un papel filtro de calibre No. 1 sobre una mesa de granito a una temperatura ambiente de 20 ± 2 °C y una humedad relativa 38%, el tiempo de secado se realizó durante tres días hasta obtener un contenido de humedad en la semilla de 7%.

2) A ventilación artificial. Colocando la semilla sobre papel filtro de calibre No. 1 sobre una mesa de granito bajo un ventilador con 35 cm de diámetro a baja velocidad, con una temperatura ambiente de 20 ± 2 °C y una humedad relativa 38%, el tiempo de secado se realizó durante seis horas hasta obtener un contenido de humedad en la semilla de 7%.

iii. Limpieza de la semilla

Una vez obtenido un 7 % de contenido de humedad en la semilla se procedió a la limpieza de la misma con la finalidad de obtener semilla pura (madura y llena), utilizando el método del soplado aplicado por Everson *et al.*(1965).

El método consiste un colocar la semilla en un soplador “South Dakota”, donde se realizaron una serie de evaluaciones preliminares para determinar la medida de abertura del soplador obteniendo un flujo de aire constante y permitir una separación satisfactoria de la semilla pura.

Se colocó la semilla seca en el contenedor inferior en forma de tubo del aparato, seguido de una extensión de la misma forma, verificando que la escala de la abertura estuviera en cero, se encendió el soplador y se abrió lentamente el flujo de aire hasta la medida 7.5 cm, arrojando las impurezas y semillas vanas e inmaduras a los contenedores superiores y obteniendo en la parte inferior la semilla pura y limpia.

Tratamientos para promover la germinación

Una vez llevado a cabo la extracción, los métodos de secado y la limpieza de la semilla, se evaluaron dos tratamientos para promover la germinación utilizando ácido giberélico (AG₃) en una concentración de 250 y 500 ppm y un testigo aplicando solamente agua natural imbibiendo por un tiempo de 24 horas cada tratamiento.

iv. Almacenamiento

La semilla fue almacenada bajo refrigeración con una temperatura de 5 a 10 °C durante un periodo de nueve meses. Al término de los nueve meses se evaluó la calidad fisiológica de la semilla donde se determinó el porcentaje de germinación y vigor.

Variables a evaluar

Métodos para determinar contenido de humedad

Se utilizaron tres metodologías para evaluar el contenido de humedad en la semilla: 1) Llevando la semilla a una temperatura de 103 °C por 17 horas; 2) Colocando la semilla a una temperatura de 130 °C por una hora y 3) La semilla

se llevó a un peso constante con una temperatura de 75 °C. Utilizando una balanza analítica de 0.0001 g de precisión, pesando una caja de aluminio de 1.8 cm de altura por 4.8 cm de diámetro por repetición teniendo 3 cajas por tratamiento, enseguida se colocaron las semillas en cada caja y se tomó el siguiente peso, una vez terminado el tiempo de secado de cada metodología, se sacaron las cajas de la estufa con unas pinzas se dejaron enfriar por 15 min en un desecador de vidrio con silica gel y enseguida se pesaron para obtener el último peso. Se determinó el contenido de humedad con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ CH} = \frac{\text{P2} - \text{P3}}{\text{P2} - \text{P1}} \times 100$$

Donde

CH = Contenido de Humedad

P1 = Peso de caja

P2 = Peso de caja más semillas húmeda

P3 = Peso de caja más semilla seca

Germinación

Se utilizaron tres repeticiones por tratamiento, sembrando 10 semillas acomodadas en la parte central de un papel anchor húmedo con dimensiones de 25.5 cm de largo por 19 cm de ancho, y cubriendo con otro de modo que las semillas quedaran en medio húmedo y se procedió a enrollar hasta formar un taco; Una vez realizadas cada una de las repeticiones se colocaron en una bolsa de polietileno y fueron llevadas a una cámara de germinación a 25°C con

16 horas oscuridad y 8 horas luz por 21 días, evaluando al cabo de la pruebas el número de plántulas normales, anormales y semillas sin germinar.

Se evaluó esta variable después de nueve meses de almacenamiento de la semilla en condiciones de refrigeración a 5- 10 °C.

Vigor

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

Diseño Experimental

Para las diversas variables evaluadas en laboratorio se utilizó un diseño factorial con arreglo completamente al azar con tres repeticiones. Todos los análisis se realizaron mediante el paquete estadístico SAS versión 6.0 (1989), con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + T_j + AT_{ij} + \xi_{ij}$$

Donde:

μ = media general

Y_{ij} = variable observable del i ésimo método de secado en le j ésimo bloque.

$i = 1, 2, \dots, t$ (método de secado).

$j = 1, 2, \dots, r$ (Tratamiento).

A_i = efecto del i ésimo método de secado

T_j = Efecto del j -ésimo tratamiento.

AT_{ij} = efecto de la interacción entre el i -ésimo método de secado con el j -ésimo tratamiento

ξ_{ij} = error experimental.

Solamente para el contenido de humedad de la semilla se utilizó un análisis trifactorial.

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.

α = 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

Métodos de secado

En el análisis de varianza (ANVA) resultante, se encontró que en las interacciones muestreo por secado, muestreo por secado por temperatura así mismo en la temperatura hubo una diferencia altamente significativa, mientras que en los métodos de secado como la interacción secado por temperatura solo existió diferencia significativa con un coeficiente de variación de 32.93% (Cuadro 4.1).

En los resultados de la comparación de medias entre los métodos de secado se mostró que el método por ventilación obtuvo un mayor valor en el promedio del contenido de humedad (CH) resultando estadísticamente mejor que el método de secado en medio ambiente (Cuadro 4.1), debido a que obtuvo un promedio de CH de 45.72% llegando al contenido de humedad deseable de la semilla (7%) en menos tiempo debido a la aplicación de una sola velocidad de aire desde el principio a fin del secado, sin embargo el método a medio ambiente obtuvo un promedio menor de humedad (38.01%) su tiempo requerido para llegar al CH deseable en la semilla fue más lento, debido a las condiciones del ambiente aún a pesar de que fueron condiciones más o menos controladas por ser en laboratorio se llevó un tiempo de ocho días en total, bajando paulatinamente el hasta el 7% de CH.

En el método de secado a medio ambiente la Figura 4.1 muestra que la temperatura de 130 ° C y 75 ° C fueron las más uniformes ya que estas fueron

secándose paulatinamente sin embargo la semilla secada a temperatura de 103 ° C el proceso de secado fue más drástico pues durante todo el secado la semilla no tenía el contenido de humedad uniforme.

La Figura 4.2 nos muestra como fue el comportamiento de las tres temperaturas utilizadas para determinar el contenido de humedad de la semilla, la semilla que fue secada con una temperatura de 130 ° C el contenido de humedad fue bajando paulatinamente sin embargo llegó al punto donde hubo un desequilibrio pues esta se elevó hasta el 88.80 % de CH esto puede ser porque como la semilla se secó con el ventilador a una sola velocidad y pudo ser que esta semilla no se haya removido de la charola uniformemente así que la semilla tenía exceso humedad. La semilla secada a 75 ° C obtuvo un desequilibrio ya que las cinco primeras horas el proceso de secado no fue constante en comparación a las otras dos temperaturas pero pasando la sexta hora el proceso de secado ya fue más uniforme debido a que con el paso del tiempo la semilla fue perdiendo el exceso de humedad por medio del ventilador. La semilla secada a temperatura de 103 °C fue la que se secó más uniformemente pues ésta semilla fue bajando su contenido de humedad paulatinamente hasta llegar al contenido de humedad deseado.

En la comparación de medias en cuanto a las temperaturas en el Cuadro 4.1 muestra que estadísticamente las temperaturas de 103 y 75 °C fueron clasificadas como mejores. Sin embargo el contenido de humedad resultante fue mayor. Por lo que para el objetivo del trabajo no resultaron mejores, en cambio al someter la semilla a la temperatura de 130 °C se logró determinar con mayor eficacia el CH en la semilla en menos tiempo.

Las semillas son materiales higroscópicos que pierden o ganan humedad con relación a la humedad relativa del aire. Durante el secamiento la humedad relativa debe estar entre el 40% y 70% durante las horas de secamiento la

humedad relativa puede ser menor (40%) pues en ese momento las semillas tienen humedades altas y temperaturas bajas lo cual hace que demoren un poco para entrar en equilibrio higroscópico. Al final del secamiento la humedad relativa del aire debe ser más alta (70%) para evitar el sobre secamiento de las etapas de la semilla que ya están secas.

Cuadro 4.1. Resultados del ANVA y comparación de medias en la variable contenido de humedad de semilla de papaya Var. Maradol en diferentes métodos de secado y muestreos así como diferentes temperaturas en la determinación del CH.

V	GL	CH
Secado	1	916.6*
Muestreo * secado	5	5172.19**
Temperatura	2	1161.79**
Secado * Temperatura	2	792.48*
Muestreo * Secado * Temperatura	10	1268.15**
Error	42	
Modelo	20	2168.38**
CV		32.93
COMPARACION DE MEDIAS		
SECADO		
Ventilación	A	45.72
Medio Ambiente	B	38.01
TEMPERATURA		
103 °C	A	44.59
130 °C	B	34.13
75 °C	A	48.53

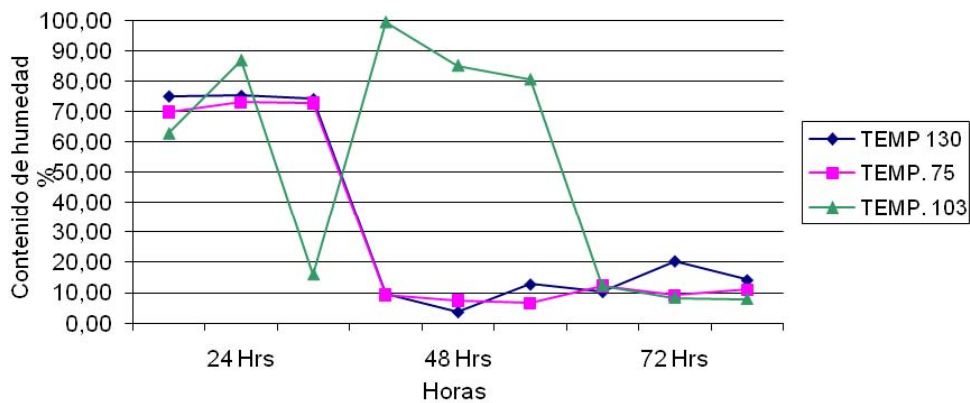


Figura 4.1 Comportamiento del contenido de humedad en relación a las temperaturas en el método de secado medio ambiente.

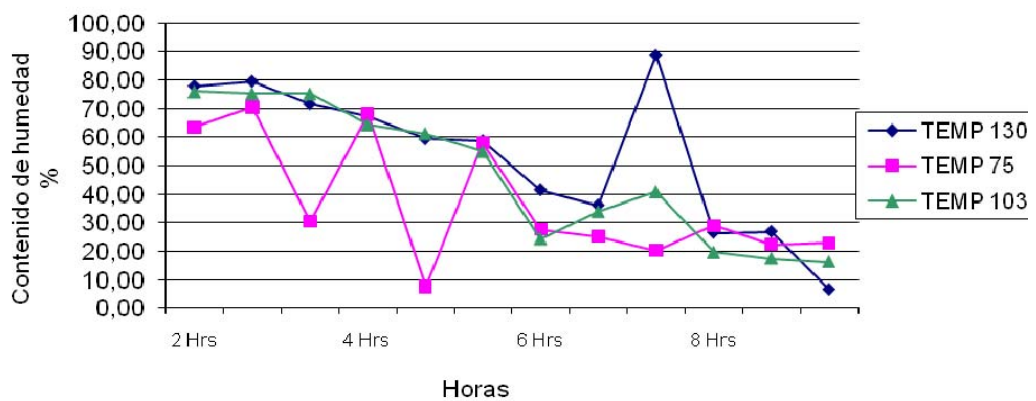


Figura 4.2 Comportamiento del contenido de humedad en relación a las temperaturas en el método de secado por ventilación.

Capacidad de germinación

Plántulas normales (PN)

En el análisis de varianza (ANVA) resultante, se encontró una diferencia altamente significativa en la evaluación inicial entre métodos de secado a la

semilla de papaya, así como en los tratamientos aplicados para promover la germinación y la interacción métodos de secado por tratamientos, con un coeficiente de variación de 20.32% (Cuadro 4.2). En tanto que en la prueba de comparación de medias cuadro de esta variable, el mejor método de secado para dicha semilla resultó ser el de medio ambiente, con una germinación general de 47.77%; mientras que el secado con ventilación resultó con 25.55%, deduciendo que este último método afectó relativamente la germinación de la semilla. Ya que el secado de la semilla, en temperatura por encima de 50 °C, afecta la germinación (Alonso, 1952).

Con respecto al ANVA de la evaluación final no existieron diferencias entre los métodos de secado, así como en los tratamientos aplicados para promover la germinación y la interacción métodos de secado por tratamientos, con un coeficiente de variación de 200 %; debido a que se tuvieron valores muy contrastantes en la germinación. Matthews y Powell (1986) mencionan que las semillas envejecidas sufren una serie de cambios degenerativos irreversibles permitiendo pérdida de viabilidad.

El efecto de la temperatura produce deterioro en la semilla porque hace que tenga mayor respiración, produciendo cambios al transcurrir el tiempo en el almacén, que causan perjuicios a los sistemas y funciones vitales y disminuyen la capacidad de desempeño de la semilla. El deterioro de semillas incluye cualquier transformación degenerativa irreversible, después de que la semilla ha alcanzado su máximo nivel de calidad (máximo contenido de materia seca). Para Delouche (1976) el deterioro es “inexorable, irreversible y mínimo en la madurez; su progreso es variable entre las especies, entre lotes de semilla de una misma especie y entre semillas del mismo lote”.

Cuadro 4.2 Significancia de métodos de secado, tratamientos y la interacción de secado por tratamientos en la calidad fisiológica (germinación y vigor); y la comparación de medias de los tratamientos para promover la germinación en semilla de papaya Maradol.

FV	GL	GERMINACION (%)		PLANTULAS ANORMALES (%)		SEMILLAS SIN GERMINAR (%)		INDICE DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA	
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
Secado	1	2222.22**	50.00 ^{NS}	800.00**	672.22*	5688.88**	1088.88*	55.75**	0.23 ^{NS}
Tratamiento	2	4850.00**	50.00 ^{NS}	622.22**	555.55*	8938.88**	438.88*	66.62**	0.50 ^{NS}
Secado*	2	1905.55**	150.00 ^{NS}	266.66*	22.22 ^{NS}	2105.55**	172.22 ^{NS}	15.64**	1.06*
Tratamiento									
Error	12	55.55	100.00	50.00	116.66	127.77	155.55	1.04	0.26
Modelo	5	3146.66**	90.00 ^{NS}	515.55**	365.55*	5555.55**	462.22 ^{NS}	44.06**	0.67 ^{NS}
CV		20.32	200.00	63.63	67.04	21.64	15.80	21.95	67.86
COMPARACION DE MEDIAS									
SECADO									
Ventilación		B 25.55	A 3.33	B 4.44	B 10.00	A 70.00	A 86.66	B 2.88	A 0.63
Medio ambiente		A 47.77	A 6.66	A 17.77	A 22.22	B 34.44	B 71.11	A 6.40	A 0.86
TRATAMIENTO									
250 ppm		B 45.00	A 6.66	A 13.33	B 5.00	B 41.66	A 88.33	B 5.32	A 0.55
500 ppm		A 60.00	A 1.66	A 20.00	A 21.66	C 20.00	AB 76.66	A 7.58	A 1.08
Testigo		C 5.00	A 6.66	B 0.00	A 21.66	A 95.00	B 71.66	C 1.02	A 0.61

Tratamientos

Como se mencionó anteriormente en el ANVA se obtuvo una diferencia altamente significativa en la evaluación inicial en los tratamientos aplicados para promover la germinación y la interacción métodos de secado por tratamientos; en el Cuadro 4.2 se observa en la comparación de medias generales entre los tratamientos utilizados, el mejor fue T2 utilizando ácido giberélico (AG₃) a 500 ppm con un promedio de germinación de 60%, seguido del tratamiento T1 con AG₃ a 250 ppm con 45% (Figura 4.3), mientras que el testigo con agua resultó con 5%; Braun y Khan (1976), mencionan que los reguladores de crecimiento, no solo incrementan el porcentaje de germinación sino que también afectan el tiempo de germinación.

Weaver (1990), menciona que en las primeras etapas de germinación, las semillas absorben agua, ablandan las cubiertas, se hidrata el protoplasma y aumenta la actividad metabólica, con ello la actividad enzimática donde las giberelinas desempeñan un papel importante en estas actividades.

Coronel y Motes, (1982), encontraron que en variedades de *Capsicum*, al aumento de las concentraciones de ácido giberélico hasta 1000 ppm mejoran la velocidad de germinación y alcanzan su máxima de dos o tres días.

Con respecto a los tratamientos aplicados en la evaluación a los nueve meses de almacenada la semilla, se encontró que resultaron con promedios similares en la germinación por debajo de 6.66% (Cuadro 4.2). Matthews y Powell (1986) dicen que la sobrevivencia de una población de semillas sigue un patrón típico inicial de muchos organismos vivos, con un prolongado periodo al comienzo donde solo unas pocas semillas mueren, luego sigue una rápida declinación de la viabilidad y finalmente solo un pequeño número de semillas mantiene la

viabilidad por un periodo largo; sin embargo numéricamente se obtuvo menor germinación en el tratamiento con AG_3 a 500 ppm (1.66%), en cambio fue mayor e igual en los tratamientos con AG_3 a 250 ppm y con agua (6.66% en ambos).

Con respecto al método de secado a medio ambiente en la evaluación inicial de la germinación la Figura 4.3 nos muestra como la variable de plántulas normales el tratamiento que presentó el mayor porcentaje fue T1 (AG_3 a 250 ppm) con un 77% seguido de T2 (AG_3 a 500 ppm) con un 60% mientras que T3 presento solo un 7% de germinación. Sin embargo al final de la evaluación (nueve meses de almacenamiento) la respuesta fue más baja, como era de esperarse por el efecto del deterioro, donde el T1 (AG_3 a 250 ppm) fue una vez más el que obtuvo mayor germinación con 13%, en contraste de T2 (AG_3 a 500 ppm) que no presentó germinación y por último T3 quien no tuvo cambio a través del tiempo ya que tuvo un 7% de germinación al igual que en la evaluación inicial.

Con respecto al método de secado con ventilación la Figura 4.4 muestra que el mejor tratamiento fue T2 (AG_3 a 500 ppm) con un 60% de germinación, que al parecer la aplicación del ácido giberélico a 500 ppm tiene la misma respuesta en los métodos de secado sin embargo el aplicar menos concentración afecta a la germinación como es el caso del T1 (AG_3 a 250 ppm) que obtuvo 13%, pero por la respuesta que presentó T3 (3% de germinación), se puede confirmar aún que la germinación es afectada por el método de secado con ventilación ya que disminuyó la germinación solo por el método. Con respecto a la evaluación de nueve meses de almacenada, los tratamientos cambiaron radicalmente ya que para T1 y T2 no hubo germinación mientras que T3 tuvo un 19% de germinación.

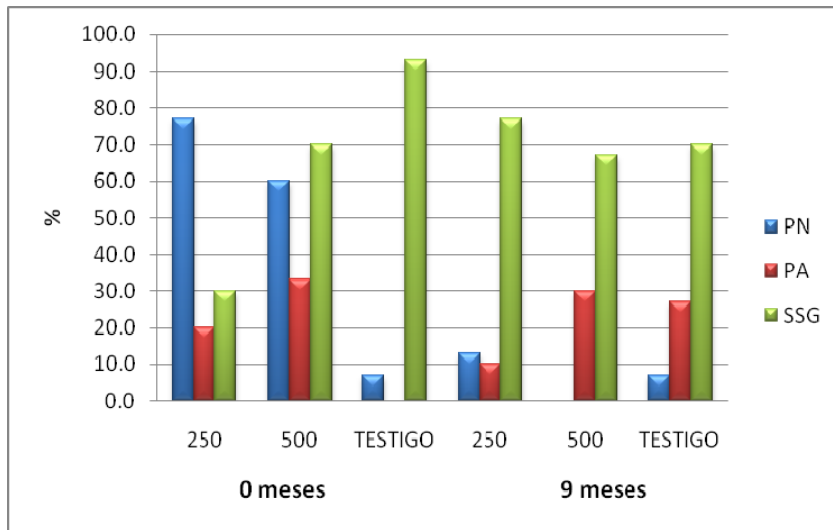


Figura 4.3 Respuesta de la capacidad de germinación inicial y a nueve meses de almacén en semilla de papaya Maradol secada en medio ambiente por ocho días.

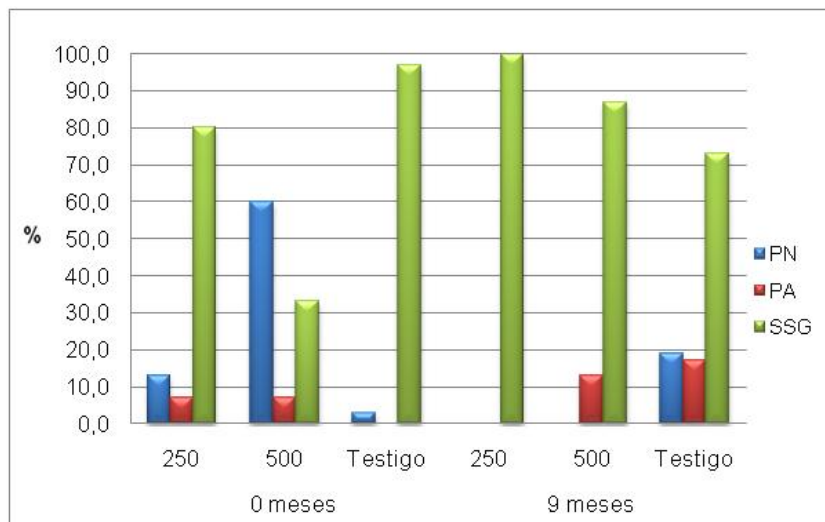


Figura 4.4 Respuesta de la capacidad de germinación inicial y a nueve meses de almacén en semilla de papaya Maradol secada con ventilador.

Plántulas anormales (PA)

En el ANVA, se encontró que para la evaluación inicial de la semilla de papaya existe una diferencia altamente significativa entre los métodos de secado, así como en los tratamientos utilizados para promover la germinación con un coeficiente de variación de 63.63% (Cuadro 4.2). En la interacción entre los métodos de secado por los tratamientos existió diferencia significativa; en cuanto a la pruebas de comparación de medias para la variable en la evaluación inicial, resultó el mejor método secado con ventilación por que obtuvo un 4.44%, indicando una desecación en la semilla provocando un descenso en la germinación y en plántulas anormales, mientras que el secado a medio ambiente obtuvo un 17.77% con mayor número de plántulas anormales.

Los resultados obtenidos en la evaluación final, se observó un nivel de significancia entre los métodos de secado, así como en los tratamientos aplicados para promover la germinación, mientras que en la interacción no se encontró diferencia, teniendo un coeficiente de variación de 67.04 %. En la comparación de medias para la misma evaluación final, estadísticamente el mejor método sigue siendo el secado con ventilación por tener menor cantidad de plántulas anormales (10%) y el método de secado al medio ambiente resultó con 22%, indicando que el aumento de plántulas anormales se debe a que entre más tiempo de almacenamiento tenga la semilla, esta va perdiendo su poder germinativo ya que sufre una serie de eventos deteriorativos, debido a diversos factores, que influyen significativamente sobre la calidad de la semilla, llegando incluso a causar la pérdida de germinación y muerte (Vázquez, 1992).

Tratamientos

Para el análisis de varianza entre los efectos de tratamientos en la evaluación inicial, se encontró que estadísticamente los tratamientos uno y dos donde se utilizó ácido giberélico a 250 y 500 ppm resultaron con los más altos valores de

plántulas anormales con 13.33 y 20% respectivamente (Cuadro 4.2), mientras que el testigo no hubo anomalías.

Esto se debe a que muchas semillas presentan el fenómeno de latencia el cual puede deberse a condiciones tales como presencia de una testa dura que el embrión no puede romper, testa impermeable que impide la entrada del agua y del aire al embrión, embrión rudimentario o no totalmente formado, y embrión fisiológicamente inmaduro o presencia de inhibidores en la testa o en el endospermo que impiden el desarrollo inicial del embrión (Moreno, 1996).

Moreno (1984) y Hartman y Kester (1986), señalan como una semilla latente a aquella cuya germinación es impedida por mecanismos propios e internos y es capaz de germinar de inmediato cuando se le expone a condiciones ambientales adecuadas. Indican además, que la diferencia estriba en que en las primeras el control de la germinación se debe a mecanismos internos y en las segundas a factores medio ambientales externos a la semilla.

En relación con la semilla evaluada después de nueve meses de almacenamiento la comparación de medias nos indica que el tratamiento que obtuvo el menor porcentaje de plántulas anormales fue el T1 (AG₃ a 250 ppm) con un porcentaje del 5% sin embargo T2 y T3 obtuvieron un porcentaje igual a 21.66% Esto significa que mientras la semilla permanezca en almacenamiento esta se va deteriorando y al mismo tiempo va perdiendo el poder germinativo.

En la relación del método de secado con medio ambiente y los tratamientos en la variable de plántulas anormales se muestra en la Figura 4.3, donde T3 no hubo germinación y por tanto no hubo plántulas anormales, mientras que el T1 (AG₃ a 250 ppm) obtuvo mayor germinación y por lo tanto redujo el porcentaje de plántulas anormales con un 20% de anomalía, y el T2 (AG₃ a 500 ppm)

tubo un 33% de anormalidad. Esto quiere decir que a mayor concentración de ácido giberélico aumenta la anormalidad en la semilla.

En el mismo método la evaluación final indicó que el tratamiento que obtuvo un menor porcentaje en anormalidad fue el T1 (AG_{3a} 250 ppm) con un 10% seguido del T3 este con el 27% y el T2 es el que se encontró con mayor cantidad de anomalías en la plántula con 30%. (Figura 4.3).

Para la evaluación del método de secado por ventilación con relación a los tratamientos mostrada en la Figura 4.4, que en el T3 no hubo presencia de plántulas anormales sin embargo T1 y T2 obtuvieron un 7% de plántulas anormales. En la evaluación final (nueve meses después), T1 no presentó germinación, en T2 existió un 13% de anomalías en las plántulas mientras que el T3 tuvo el 17% de plántulas anormales esto se debe a que la semilla permaneció en estado latente durante el tiempo de su almacenamiento. Karssen, (1981); Khan (1981); Bewley (1980); y Copeland y MacDonald (1985); coinciden en clasificar la latencia de semillas como primaria y secundaria. La primera se refiere a la latencia exhibida a la madurez de la semilla que una esta sobre la planta madre y generalmente se asocia a la dureza de la cubierta de la semilla, impermeabilidad a gases, agua y a la presencia de latencia primaria exógena (la cubierta de la semilla no permite la penetración del agua dentro de la semilla) y cuando se presenta a causa del embrión latencia primaria endógena.

Semillas sin germinar (SSG)

En el análisis de varianza se encontró una diferencia altamente significativa entre métodos de secado de la semilla de papaya, así como en los tratamientos

aplicados para promover la germinación y la interacción métodos de secado por tratamientos, con un coeficiente de variación de 21.64% (Cuadro 4.2).

En la prueba de comparación de medias para la evaluación inicial se aprecia que el método de secado que resultó con menor número de semillas sin germinar fue el de medio ambiente con 34.44% de SSG, mientras que el método con ventilador obtuvo un 70%, este efecto resultó a que posiblemente no era el mejor método para secar la semilla ya que los valores de humedad inicial eran muy altos (por arriba de 50%) y se ventilo a una misma velocidad durante todo el secado, considerando lo que mencionan Dávila et al. (1988) que a niveles de humedad mayores de 18%, es conveniente iniciar el secado con aire natural y elevar la temperatura del mismo paulatinamente a medida que va disminuyendo la humedad de la semilla.

En la evaluación final después de nueve meses en almacenamiento la semilla, resultó la prueba de comparación de medias existió una aumento de semillas sin germinar muy marcado en ambos métodos, con ventilador aumentó un 16% más, de un 70% llegó a 86.66% de semillas muertas mientras que el método a temperatura ambiente de 34.4% se elevó a 71.11%.

Tratamientos

En los tratamientos aplicados resultó que en la evaluación inicial estadísticamente el T2 fue quien obtuvo menor número de semillas sin germinar (20%), mientras que el testigo resultó con mayor cantidad de semillas muertas con un porcentaje de 95% seguido de T1 de AG₃ a 250 ppm con un porcentaje de 41.66.

Con respecto a la evaluación final para esta variable en el análisis de varianza se encontró que el T3 obtuvo un porcentaje de 71.66% de semillas sin germinar mientras que el T2 obtuvo un porcentaje de 76.66% y el tratamiento con mayor defecto de semillas muertas fue T1 con 88.33%

Por un lado esto nos puede indicar que la semilla pudo haber roto su latencia con el tiempo pero sin llegar a producir plántulas normales, sin embargo la aplicación de ácido giberélico a altas concentraciones puede afectar a la germinación.

Con respecto a la evaluación inicial de semillas sin germinar en la relación método de secado a medio ambiente con los tratamientos, en la Figura 4.3 muestra que el menor porcentaje de semillas sin germinar se presentó en el T1 con ácido giberélico a 250 ppm en un 30%, mientras en T2 obtuvo un 70% y el T3 un 93% de semillas sin germinar. En la evaluación final de esta misma figura el T1 elevó el porcentaje de semillas sin germinar ya que a los nueve meses de almacenamiento obtuvo 77% seguido de T3 que presentó un 70% mientras que el T2 se encontró un 67% confirmando nuevamente lo que se ha estado mencionando que la aplicación de ácido giberélico a altas concentraciones afecta la germinación de la semilla.

En la Figura 4.4 para la evaluación inicial en la relación método de secado con ventilador y los tratamientos se encontró que T2 obtuvo un 33% de semillas sin germinar mientras que el T1 se encontró un 80% y T3 un 97%. En la evaluación a los nueve meses de almacenada la semilla T1 alcanzó el 100% mientras que T2 obtuvo 87 % de semillas sin germinar esto puede relacionarse con que el almacenamiento de las semillas que bajo condiciones adversas ocasionan el envejecimiento de las mismas, lo que provoca reducción en la viabilidad o capacidad de germinación (nula en algunas ocasiones), hasta valores cercanos

al 100% (Bewley y Black, 1994). Mientras que T3 tuvo un 73 % de semillas sin germinar.

Vigor

Índice de velocidad de emergencia (IVE)

En el análisis de varianza (ANVA) resultante, se encontró que existe una diferencia altamente significativa en la evaluación inicial entre métodos de secado a la semilla de papaya, así como en los tratamientos aplicados para promover la germinación y la interacción métodos de secado por tratamientos, con un coeficiente de variación de 21.95% (Cuadro 4.2). En tanto que en la prueba de comparación de medias, se muestra en el Cuadro 4.2 que el mejor método de secado para dicha semilla resultó ser medio ambiente, con un IVE de 6.40%; mientras que el secado con ventilación resultó con 2.88%.

Con respecto al ANVA de la evaluación final (nueve meses) no existieron diferencias entre los métodos de secado, así como en los tratamientos aplicados para promover la germinación mientras que en la interacción métodos de secado por tratamientos fue significativo, con un coeficiente de variación de 67.86 %.

En respuesta a los métodos de secado como se observa en la Figura 4.5, el método de secado que tuvo mayor índice de emergencia por día fue el de medio ambiente ya que esta semilla fue secándose poco a poco y debido a ello la semilla no presentó latencia, mientras que la semilla secada al ventilador tuvo menos índice por día debido posiblemente por un sobresecado y no permitió su emergencia.

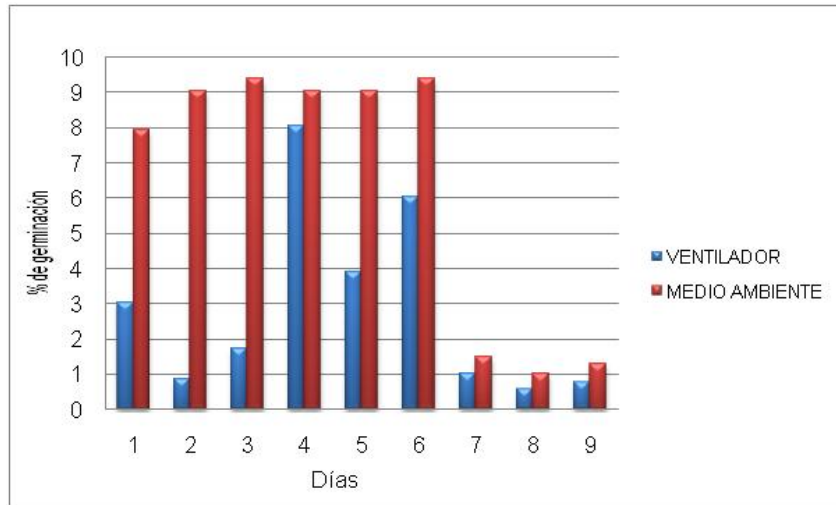


Figura 4.5 Comportamiento del Índice de Velocidad de Emergencia en la evaluación inicial de semillas de Papaya Maradol.

CONCLUSION

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

El método de secado por ventilación fué eficaz al obtener el contenido de humedad requerido (7%) en semillas de papaya Maradol en un tiempo corto (4 horas) sin embargo afecta su calidad fisiológica. Sin embargo a través del tiempo puede presentar poca germinación por el rompimiento de latencia.

El método de secado a temperatura ambiente fué más eficiente por obtener el contenido de humedad requerido (7%) en semillas de papaya Maradol en un tiempo largo (8 días) sin afectar su calidad fisiológica.

La mejor temperatura aplicada en la determinación del contenido de humedad en semillas de papaya Maradol fué a 130°C por una hora y. El secado a temperatura ambiente con la aplicación de AG₃ a 250 ppm ayudó a incrementar la germinación y vigor de la semilla de papaya Maradol.

El secado con ventilación con la aplicación de AG₃ a 500 ppm puede ayudar a incrementar la germinación y vigor de la semilla de papaya Maradol en menos grado que a temperatura ambiente.

El mejor tratamiento para promover la germinación y el vigor de semilla de papaya Maradol fué mediante una aplicación inicial de Acido giberélico a 250 ppm seguido a 500 ppm. Sin embargo a través del tiempo la aplicación de ácido giberélico no fué eficiente para germinar la semilla.

LITERATURA CITADA

- Arce, E. A. D. and D. S. Chung. 1988. Evaluation of grain losses and grain drying performance at large grain storage and handling facilities in a developing country Agency for international Development United States Department of state. Kansas State University. U. S. A.
- Azcon – Bieto, J. y M. Talon. 1993. Fisiología y bioquímica vegetal. Interamericana – McGraw – Hill-Madrid.
- Baraona, M.; Sancho, E. 2000. Fruticultura General. Fruticultura 1. Segunda Edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 159 p.
- Baudet, L., y S. Peske T. (sin fecha). Almacenamiento de semillas. Universidad Federal de Pelotas. Brazil. 11p.
- Bewley, J. D. 1980. Secondary dormancy (Skotodormancy) in seed of lettuce (*Lactuca sativa* cv. Grand rapids) and its release by light, gibberellic acid and benyladenine. *Physiol. Plant* Vol. 49: 277 – 280. U. K.
- Braun, J. W. and A. A. Khan, 1976. Alliviation of salinity and high temperature stress by plant growth regulators permeated into lettuce seed via Acetone. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 10 (6): 716 – 721.
- Copeland, I. O and M. B. MacDonald, 1985. Principles of seed science and technology. Second ed. Edición. Editorial Burgess publishing company. Minnepolis, Minnesota.

- Coronel, S. J. and J. E. Motes, 1982. Effect of gibberelic acid and seed rates on pepper seed germination in aerated water columns. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107 (2): 290 – 295.
- Dávila, S., S. T. Peske., y R. Aguirre. 1998. Beneficio de semillas. Documento de trabajo numero 108. CIAT. Cali, Colombia.
- Delouche, J. C. (1976) Germiancion, deterioro y vigor de semillas. Seed News, Misissippi, State University.
- Delouche, J. C. 1978 Preceptos para el almacén de la semilla. En: Seminario Internacional sobre tecnología de semillas para Centroamérica, Panamá y El Caribe. (Comp.) Boyd, A. H. and R. E chandi 2.
- Garay A., E. (sin fecha). La calidad de la semilla y sus componentes. Documento de trabajo No 109. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Hartmann, H. T. y D. E. Kester, 1986. Propagación de plantas, principios y prácticas. 6ta. Impresión en español. México, D. F. editorial continental Pags. 45.
- Hartmann, H. y Kester, D. 1988. Propagación de plantas. México D. F. compañía Editorial Continental, S. A. de C. V. 760p.
- Karssen, C. M., 1981. Environmental conditions and endogenous mechanisms involved in secondary dormancy of seeds. Isr. J. Bot. vol. 29: 45 – 64. Israel.
- Khan, A. A.,1981. Hormonal regulations of primary and secondary dormancy. Isr. J. Bot. Vol. 29: 207 – 224. Israel.

- Lange, A. H. 1961. Effects of sarcotesta on germination of carica papaya. Botanical Gazette. Num. 122. U. S. A. pp 305 – 311.
- Moreno, P. 1984. Glosario botánico ilustrado. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INERB). Compañía Editorial Continental. Xalapa. Veracruz. México.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Mathews, S. and Powell, A. A. 1986. Environmental and physiological constraint on field performance of seeds Hort Sci. 21: 1125 – 1128.
- Pérez, C. S. B. 2008. Evaluación de métodos de extracción de semillas de papaya (*Carica papaya* L.) y su efecto en la calidad. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 53 pp.
- Ramírez G., M. 1984. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Editorial Continental, S. A de C. V. México. P 274.
- Samson, J.A. 1991. Fruticultura tropical. Primera Edición. Editorial Limusa. México D.F. 395 p.
- Weaver, J. R. 1990. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. Editorial trillas, México. D. F.
- Willan, R. L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos. FAO Montes 20/2. 502p.

<http://www.proyectorural.org/Pestano6.htm>