

Universidad de Costa Rica
Facultad de ciencias Agroalimentarias
Escuela de Agronomía

CONDICIONES PARA LA GERMINACIÓN Y EL
ALMACENAMIENTO EN SEMILLAS DE PAPAYA
(*Carica papaya L*)

**Tesis presentada para optar al grado de Licenciada en Ingeniería
Agronómica con énfasis en Fitotecnia**

Sinaí Mariela Ramírez Fallas

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
San José, Costa Rica
2013

Condiciones para la germinación y el almacenamiento
en semillas de papaya (*carica papaya L*)

Sinaí Mariela Ramírez Fallas

Tesis presentada para optar al grado de Licenciada en Ingeniería
Agronómica con énfasis en Fitotecnia

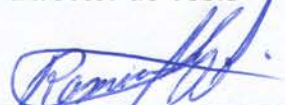
Tribunal Examinador

Jorge Herrera Quirós, M.Sc.



Director de Tesis

Ramiro Alizaga López, M Sc.



Miembro del Tribunal

Eric Mora Newcomer, M Sc.



Miembro del Tribunal

Antonio Bogantes Arias, M Sc.



Miembro del Tribunal

Dr. Eric Guevara Berger

Director Escuela de Agronomía

Sinaí Mariela Ramírez Fallas

Sustentante

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mi familia que son la fuerza y amor de mi vida: mi hijo Andrés, mi hija Priscilla, si Dios lo permite mi futuro bebé.....y Ale quien también fue la persona que más me impulsó y apoyó para culminar con este proyecto. También a Jack, Adri, Gabi, Pri, Rebe y Gra, por toda la ayuda y cariño que me brindan, a mis sobrinos Alito, José, Rebe, Isaac, Sofi, y Jocksan que me dan tanta alegría. A mis padres Teresa y Johel por su cariño y a mis segundos padres Marta y Alejandro quienes me acogieron en momentos difíciles de mi vida y me dieron muchísimo más que solo su apoyo y son una de las razones por las que hoy estoy finalizando mi licenciatura.

Muchas Gracias

Proverbios 3:5-6

***Confía en Jehová con todo tu corazón
y no te apoyes en tu propia prudencia.
Reconócelo en todos tus caminos y él
hará derechas tus veredas.***

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecerle al MSc. Jorge Herrera Quirós quien con sus conocimientos me guió durante el desarrollo de este trabajo, al MSc. Ramiro Alizaga López que también fue un gran guía y despejó muchas dudas, al personal del CIGRAS, en especial a Carlos Hernández y Guillermo Solano quienes colaboraron en repetidas ocasiones con las pruebas que se desarrollaron. A mi amiga Ana Catalina Ramírez quien me ayudó muchas veces con las evaluaciones. A todos Gracias y mil bendiciones...

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE CUADROS	8
INTRODUCCIÓN	11
OBJETIVOS	14
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	14
REVISIÓN DE LITERATURA	15
GENERALIDADES DE LA PAPAYA	15
1. ORIGEN	15
2. TAXONOMÍA	15
3. ANATOMÍA	15
<i>Características de la planta:</i>	15
CARACTERÍSTICAS DEL HÍBRIDO POCOCÍ	16
4. SEMILLAS	16
4.1 <i>Semillas ortodoxas</i>	17
4.2 <i>semillas recalcitrantes</i>	17
4.3 <i>Germinación de la semilla</i>	18
4.4 <i>Tratamientos pregerminativos</i>	18
MATERIALES Y MÉTODOS	20
LOCALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS:	20
CONDICIONES GENERALES PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS	20
PRUEBAS REALIZADAS PARA EL DESARROLLO DE LA TESIS	22
1. VELOCIDAD DE IMBIBICIÓN	22
2. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL SUSTRATO Y SU HUMEDAD SOBRE LA GERMINACIÓN	22
3. EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS SOBRE LA GERMINACIÓN	23
4. ESTUDIO DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA GERMINACIÓN	24
5. EFECTO DEL ENVEJECIMIENTO ACELERADO	24
6. EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA SEMILLA Y DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO	25
RESULTADOS	27
7	
VELOCIDAD DE IMBIBICIÓN	277
EFECTO DEL TIPO DE SUSTRATO Y SU HUMEDAD SOBRE LA GERMINACIÓN DE LA SEMILLA DE PAPAYA	288
TEMPERATURAS SOBRE LA GERMINACIÓN	355
ENVEJECIMIENTO ACELERADO	388
EFECTO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA SEMILLA Y DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO SOBRE LA GERMINACIÓN	4141
DISCUSIÓN	-
488	
IMBIBICIÓN DE LA SEMILLA DEL HÍBRIDO POCOCÍ	488
GERMINACIÓN EN FUNCIÓN DE LOS SUSTRATOS	499
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUSTRATO	50
TEMPERATURAS PARA GERMINACIÓN	52
ENVEJECIMIENTO ACELERADO	544
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA SEMILLA Y TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO	577
PROCEDENCIA DE LA SEMILLA	588
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	
6161	

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Velocidad de imbibición de la semilla de papaya del híbrido Pococí
(*C. papaya*) _____ 27

Figura 2. Efecto del tipo de sustrato y de la humedad del mismo sobre la
germinación de la semilla de papaya _____ 28

Figura 3. Efecto de la interacción entre el tipo de sustrato y la humedad sobre
la germinación de la semilla de papaya _____ 29

Figura 4. Efecto del sustrato y de la procedencia sobre la germinación de la
semilla de papaya del híbrido Pococí _____ 30

Figura 5. Efecto de la interacción entre la procedencia de la semilla y el
sustrato sobre la germinación de semillas de papaya del híbrido Pococí _____ 31

Figura 6. Efecto del sustrato y de la procedencia sobre la longitud del hipocótilo
de plántulas de la semilla de papaya del híbrido Pococí _____ 32

Figura 7. Efecto de la interacción entre la procedencia de la semilla y el
sustrato sobre la longitud del hipocótilo de plántulas de papaya del híbrido
Pococí. _____ 33

Figura 8. Interacción entre el tipo de sustrato y el contenido de humedad del
mismo _____ 34

Figura 9. Efecto del sustrato y de la procedencia de la semilla sobre el peso
seco de plántulas del híbrido Pococí _____ 34

Figura 10. Germinación de semillas del híbrido Pococí bajo diferentes
temperaturas de germinación _____ 35

Figura 11. Interacción entre la procedencia de la semilla y la temperatura de germinación sobre el porcentaje de germinación de la semilla del híbrido Pococí_____36

Figura 12. Longitud de plántulas de papaya del híbrido Pococí germinadas bajo diferentes temperaturas_____36

Figura 13. Peso seco de plántulas de papaya del híbrido Pococí germinadas bajo diferentes temperaturas_____37

Figura 14. Efecto del envejecimiento acelerado (40°C y 100% HR) por 120 horas, sobre la germinación de semillas de papaya de dos procedencias____38

Figura 15. Efecto del envejecimiento acelerado (40°C y 100% HR) por 120 horas, sobre la longitud (cm) de plántulas de papaya de dos procedencias__39

Figura 16. Efecto del envejecimiento acelerado (40°C y 100% HR) por 120 horas, sobre el peso seco de plántulas de papaya de dos procedencias____40

Figura 17. Germinación de semilla del híbrido Pococí procedente de Guápiles y de Alajuela, almacenada durante un periodo de seis meses_____41

Figura 18. Germinación de semilla del híbrido Pococí almacenada bajo tres temperaturas durante un periodo de seis meses_____42

Figura 19. Germinación de semilla del híbrido Pococí almacenada con tres porcentajes de humedad durante un periodo de seis meses_____42

Figura 20. Longitud del hipocótilo de plántulas del híbrido Pococí, obtenidas de semilla originaria de la EELD y de la EEFBM y almacenadas durante seis meses_____43

Figura 21. Longitud del hipocótilo de plantas de semilla del híbrido Pococí almacenada en cámaras bajo tres temperaturas durante un periodo de seis meses_____44

Figura 22. Longitud del hipocótilo de plántulas de semilla del híbrido Pococí almacenada con tres porcentajes de humedad durante seis meses_____44

Figura 23. Estudio de la interacción entre la procedencia de la semilla y la temperatura de almacenamiento para la longitud del hipocótilo durante el cuarto, quinto y sexto mes de almacenamiento_____45

Figura 24. Peso seco de plantas de semilla del híbrido Pococí almacenada en cámaras bajo tres diferentes temperaturas en un periodo de seis meses____46

Figura 25. Estudio del peso seco de plántulas de semilla del híbrido Pococí almacenada con tres diferentes porcentajes de humedad durante un periodo de seis meses_____47

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Sustratos y humedades utilizadas en el experimento 2_____20

Cuadro 2: Sustratos, contenidos de humedad y origen de la semilla evaluada en el experimento 3_____ 21

Cuadro 3: Contenidos de humedad de la semilla, origen y temperaturas de almacenamiento para la prueba 5_____ 23

RESUMEN

Se estudió el efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la viabilidad y vigor de la semilla de papaya (*Carica papaya* L) del híbrido Pococí, proveniente de la Estación Experimental los Diamantes (EELD) ubicada en Guápiles y de la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno (EEFBM) ubicada en Alajuela. Se evaluó: la velocidad de imbibición y se encontró que la imbibición de la semilla se produjo en las primeras dos horas. Se estudió el efecto del sustrato y de su humedad sobre la germinación. Los tratamientos evaluados fueron arena con 5, 10 y 15% de humedad, turba con 50, 60 y 70% de humedad y una mezcla arena-turba (25:75 v/v) con una humedad de 25, 30, y 35%. Los mayores porcentajes de germinación se alcanzaron con turba 60% y 70% de humedad y la mezcla con 30 y 35% de humedad (82, 84, 83 y 74% respectivamente). Se realizó una prueba con los tratamientos que dieron mejor resultado en el experimento anterior para evaluar el efecto de la procedencia de la semilla sobre la germinación. Los tratamientos fueron: arena (10% de humedad), turba (70% de humedad) y la mezcla arena-turba (30% de humedad), se obtuvo mayor germinación con la semilla proveniente de la EEFB (95.3%) que con la de EELD (87%). En cuanto a los sustratos se vio germinación más alta en turba (94.5%), seguida de la mezcla (90.8%). Por otra parte se evaluó el efecto de la temperatura sobre la germinación en el cual se evaluaron las temperaturas de 20°C y 30°C en forma continua, 20-30°C, 20-35°C en forma alterna con termoperíodos y fotoperíodos de 12 horas y finalmente temperatura ambiente. Los valores más altos de germinación se mostraron con las dos temperaturas alternas evaluadas (97% y 95.2% respectivamente). Con el fin de determinar la posibilidad de utilizar la prueba de envejecimiento acelerado para evaluar el vigor de la semilla se sometieron las semillas a periodos de 0, 24, 48, 72, 96 y 120 horas a 40°C y 100% de humedad relativa, en semilla de ambas localidades, se observó que la semilla de la EELD tuvo un comportamiento decreciente en su germinación conforme avanzó la prueba mientras que la semilla de la EEFB aumentó su germinación posterior a ser tratada durante 24 horas en condiciones de envejecimiento acelerado y posteriormente su germinación comenzó a descender. La última prueba fue el estudio del efecto de un período de almacenamiento de seis meses sobre semilla con tres contenidos de humedad de la semilla (8%, 11% y 14%) y tres temperaturas de almacenamiento (5°C, 20°C y a temperatura ambiente) sobre la germinación. Se utilizó semilla de ambas procedencias. Se observó que la semilla proveniente de la EELD tuvo valores de germinación más altos. Las temperaturas de almacenamiento no tuvieron una influencia marcada sobre la germinación durante los seis meses de evaluación y la

semilla almacenada con un contenido de humedad de 14%, bajó su porcentaje de germinación hacia los últimos tres meses de evaluación.

INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L) es un fruto muy versátil utilizado tanto como fruta fresca como para el desarrollo de productos elaborados. De éste mismo y del tallo de la planta se extrae la *papaína* que es una enzima muy utilizada en la industria para la preparación de cerveza y como ablandador de carnes (Medina *et al.*, 1980; León, 1987 y López, 1992). Además las hojas de esta hierba gigante se utilizan en la industria farmacéutica en productos para el corazón y como forraje para cerdos (Augstburger *et al.*, 2000).

Aún con los diversos usos que se pueden dar a este fruto, su mayor consumo es como fruta fresca, el cual ha ido incrementando paulatinamente debido a sus múltiples beneficios. Para el año 2010 los mayores importadores de este cultivo fueron Estados Unidos (153891 ton), Singapur (22503 ton), Canadá (13462 ton) y El Salvador (7903 ton) y los mayores exportadores fueron México (120635 ton), Belice (30137 ton), Malasia (25686 ton) y Brasil (25562 ton) (FAO, 2013).

En Costa Rica el cultivo de la papaya es relativamente nuevo. Existen alrededor de 600 ha cultivadas mayoritariamente con las variedades “Lucia” y “Parriteña” aunque también se han utilizado materiales como Sunset y Sunrise del grupo “Solo” y la Maradol entre otros. El área de siembra del híbrido Pococí ha aumentado hasta tener actualmente más de 500 ha. dedicadas a este material, conocido también como papaya “Perfecta” (Bogantes, 2010).

Según el Programa Integral del Mercadeo Agropecuario (PIMA, 2004), la papaya y el banano fueron los frutos más consumidos en Costa Rica (10,6%), por encima del melón (10,2%), la sandía y la naranja (9,7%). Este consumo podría aumentar gracias a las excelentes características organolépticas del híbrido Pococí, que supera a las papayas cultivadas tradicionalmente en nuestro país.

Además de lo anterior, la papaya Pococí se ha convertido en una excelente opción para los productores costarricenses, ya que es una fruta de

alta calidad, posee un buen rendimiento (120-150 ton*ha⁻¹). Aunado a lo anterior, la primer cosecha se obtiene aproximadamente entre siete y ocho meses después de la siembra¹, periodo inferior al de los genotipos utilizados tradicionalmente en Costa Rica, que tardan alrededor de 11 meses para producir (Mora, 1998; Peralta, 2006).

La papaya puede ser propagada por medio de injertos o de estacas, no obstante las plantaciones se realizan principalmente por semilla, realizándose almácigos que luego son transplantados a campo. Lo anterior indica que es importante un buen manejo de la semilla para que conserve su calidad, con el fin de mantener su vigor y capacidad germinativa, lo que se traduce en mayores beneficios para el productor (Medina *et al.*, 1980; Tokuhisa *et al.*, 2006).

La semilla de papaya se clasifica como ortodoxa, por lo que puede ser almacenada a bajas temperaturas y con bajos contenidos de humedad por periodos prolongados, sin afectar su viabilidad (Magnitskiy y Plaza, 2007). No obstante, condiciones idóneas de almacenamiento para esta semilla y en específico para el híbrido Pococí, no han sido determinadas aún.

El almacenamiento de semillas ortodoxas bajo condiciones controladas, permite mantener la viabilidad y vigor de la semilla por un mayor periodo de tiempo, estando disponible en el momento que el productor la necesite para su cultivo, sin que esta experimente mayor deterioro. No obstante para que el almacenamiento sea exitoso se debe lidiar con factores internos y externos a la semilla, entre los más significativos están la humedad y madurez de la semilla, la temperatura y humedad relativa del lugar de almacenaje, que juegan un papel importante en la actividad metabólica de la misma, ya que es un ser vivo.

¹ Antonio Bogantes.2009. Generalidades de la papaya Pococí. INTA. Comunicación personal.

Debido al valor que tiene conservar la calidad de la semilla, se han desarrollado en laboratorios especializados, pruebas con el fin de determinar las condiciones que producen deterioro de la semilla. Entre estas pruebas se encuentra el envejecimiento acelerado, en donde la semilla se expone a condiciones de altas temperaturas (40-45 °C) por periodos variables según la especie y a una alta humedad relativa (cercana al 100%), produciéndose un deterioro acelerado, después de lo cual se evalúa la capacidad germinativa.

Por otra parte, además del uso de una semilla de calidad, es importante que en la etapa de almácigo se utilice un sustrato que permita una adecuada retención de humedad, aireación y anclaje de la plántula, condiciones que benefician la germinación y crecimiento de las mismas. Existen muchos tipos de materiales de origen orgánico e inorgánico que pueden utilizar como sustratos, entre los que están la turba, el carbón, la granza de arroz, fibra de coco, arena y agua entre muchos otros y diferentes combinaciones de los mismos, sin embargo no todos sirven para el crecimiento de una determinada especie, por lo que hay que realizar pruebas que establezcan en donde se desarrolla mejor.

Dada la complejidad de factores que intervienen en la conservación de la semilla, se percibe la necesidad de generar información que promueva un adecuado manejo de la semilla de papaya del híbrido Pococí, que contribuya a mantener la calidad fisiológica de la misma y así colaborar con el futuro establecimiento de plantaciones exitosas.

OBJETIVOS

Objetivo General: Estudiar el efecto de las condiciones ambientales y de almacenamiento sobre la viabilidad y vigor de la semilla de papaya (*Carica papaya* L) del híbrido Pococí, proveniente de dos localidades.

Objetivos específicos:

- Evaluar la velocidad de imbibición de las semillas.
- Evaluar el efecto de la humedad del sustrato y de la temperatura sobre la germinación de las semillas.
- Estudiar el efecto del contenido de humedad de la semilla sobre la germinación y vigor de las plántulas.
- Estudiar el efecto de diferentes temperaturas de almacenamiento de la semilla sobre la germinación y vigor de las mismas.
- Evaluar el comportamiento del vigor de la semilla mediante pruebas de envejecimiento acelerado.
- Evaluar los objetivos anteriores en relación con la procedencia de la semilla (Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno (EEFB) en Alajuela y Estación Experimental Los Diamantes (EELD) en Guápiles).

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades de la papaya

1. Origen:

Según Storey (1979), la papaya es originaria de América Tropical, sin embargo León (1987) lo sitúa mas específicamente entre el sur de América Central y el Noreste de América del Sur, otros lo sitúan entre las zonas tropicales de México, Centroamérica y Mesoamérica (FDA, 1998, GTR, 2003, Sanjinés *et al*, 2006).

2. Taxonomía:

- División: Spermatophyta
- Subdivisión: Magnoliphytina
- Clase: Magnoliatae
- Orden: Violales
- Familia: Caricaceae
- Género: *Carica*
- Especie: *Carica papaya*

(Castro *et al.*, 2000).

3. Anatomía:

Carica papaya es la especie más conocida del género *Carica*, en el cual existen alrededor de 31 especies, todas de origen americano que crecen a diferentes altitudes y latitudes (León, 1987 y Storey, 1979).

Características de la planta:

Es una hierba gigante arborescente de crecimiento rápido y vida corta, de 2 a 10 m de altura, con el tronco recto, cilíndrico de 10-30 cm de diámetro y hueco, que en general no se ramifica. (León, 1987, OIRSA, 2002).

En la parte superior de la planta se produce una densa corona de hojas, las cuales son renovadas con regularidad. Del tallo principal se desprenden las hojas más viejas al secarse. El pecíolo puede llegar a medir entre 40 y 120 cm

de largo y poseer una forma curva o recta, su color variante entre verde, rojiza y morada. Las hojas poseen una forma palmeada formada de 7 a 11 lóbulos con una vena central cada uno. Su coloración es verde oscuro con las venas de un color amarillo, además posee abundantes canales de látex (León, 1987).

Se pueden encontrar plantas femeninas, masculinas y hermafroditas, siendo las últimas las más comunes. El sexo de la planta es reconocido visualmente al iniciarse la floración. Existen diferentes tipos de flor: de tipo pistilado (femenina), pentandria (hermafrodita), intermedio (hermafrodita), hermafrodita perfecta y estigmado (masculina) (Storey 1976, OIRSA, 2002).

El fruto se forma de un pericarpio carnoso que rodea la cavidad en que se desarrollan las semillas, puede tener una variedad de formas que dependen de factores como la variedad, sexo y condiciones climáticas, las mismas pueden ser esféricas hasta cilíndricas, llegando a pesar entre 0.5 y 5 kg, dependiendo del cultivar y tiempo a cosecha. Su coloración también es muy variada. (León, 1987, OIRSA, 2002).

Características del híbrido Pococí:

Como se mencionó anteriormente el rendimiento del híbrido Pococí se aproxima a las 150 ton/ha., el cual es superior a otras variedades utilizadas, posee una resistencia similar a la antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides*) que los materiales criollos y produce mayor cantidad de frutos por planta (43 aprox). Posee un tamaño mediano y uniforme y puede pesar entre 1y 1.5 kg por fruto, lo que lo hace ideal para el consumo fresco. Posee un contenido de grados brix que varía entre 11 y 13, brindándole un sabor dulce muy agradable. Su color rojizo es visualmente muy atractivo y su aroma es exclusivo (Mora y Bogantes, 2004; Peralta, 2006).

4. Semillas:

La principal forma de reproducción de plantaciones comerciales de papaya es mediante el uso de semilla sexual la cual posee una forma esférica, se encuentra envuelta en una capa de mucílago llamada arilo o sarcotesta,

seguida de otra capa llamada esclerotesta de color pardo negruzco y arrugada que envuelve la testa. En el interior se localiza el endospermo y el embrión (Tokuhisa *et al.*, 2007).

4.1 Semillas ortodoxas:

Según Harrington (1972), las semillas ortodoxas duplican su vida de almacenamiento por cada 5,6 °C de disminución en la temperatura de almacén, así como por cada 1% de reducción en el contenido de humedad. Lo anterior aplica para humedad de semilla hasta 5% y hasta 25°C de temperatura.

4.2 Semillas recalcitrantes:

Este tipo de semillas pierden su viabilidad cuando a ésta se le disminuye su contenido de humedad y/o temperatura de almacén, en algunos casos pueden ser almacenadas por cortos periodos de tiempo dependiendo de los mismos factores (Chin y Roberts, 1980., Farrant *et al.*, 1993).

Wood *et al.* (2000) clasifican a las semillas de *C. papaya* como intermedias, entre semillas ortodoxas y recalcitrantes. Sin embargo en experimentos realizados en el Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) de la Universidad de Costa Rica, se ha observado que la semilla de papaya es capaz de germinar con muy buenos resultados, después de tres años de almacenamiento a baja temperatura (5 °C) y con contenidos de humedad inferiores a 10% ², lo que concuerda con un comportamiento ortodoxo. Lo anterior coincide con Solomao y Mundin (2000) quienes observaron buenos resultados en la germinación de las semillas almacenadas a temperaturas bajo cero con bajos contenidos de humedad. Ellis *et al.* (1991) encontraron que semillas de papaya almacenadas por un año con contenidos de humedad entre 7,9 y 9,4% a 15°C, mantienen la viabilidad inicial.

² Msc. Jorge Herrera. 2009. Estudios realizados en papaya. CIGRAS. UCR. Comunicación personal.

4.3 Germinación de la semilla:

Bautista *et al.* (2008), mencionan que por alguna razón la semilla de papaya sufre un rápido deterioro, por lo que la semilla presenta un bajo porcentaje de germinación, que obliga a emplear más semilla por punto de siembra e incrementa los costos de producción.

En algunos estudios se ha observado un efecto negativo sobre la germinación de *C. papaya* debido a la presencia en el arilo o sarcotesta, de sustancias inhibitoras (fenoles). También se dice que la marcada disminución de la germinación, en presencia de sarcotesta, es debida a la poca oxigenación de la semilla y/o ambas, por lo que se recomienda la remoción de la misma (Lange, 1961; Tokuhisa *et al.*, 2007). Así mismo, en un estudio llevado a cabo en el Zamorano, Honduras con semillas de la variedad Maradol, se obtuvo mayores porcentajes de germinación con semilla recién cosechada y oreada (83%), en tanto que semillas frescas con arilo reventado presentaron menor porcentaje de germinación (75,5%) (Ávila, 2007).

Además se ha observado que la época de cosecha de los frutos también incide sobre la germinación de la semilla. En Brasil, frutos tomados en julio (2004) y mayo (2005) mostraron latencia poscosecha, mientras que frutos cosechados en meses más calientes no presentaron este fenómeno (Tokuhisa *et al.*, 2008).

4.4 Tratamientos pregerminativos:

Para estimular la germinación se han evaluado diferentes tratamientos pregerminativos. Se ha investigado el efecto del ácido giberélico (AG₃) con dosis entre 100 y 800 ppm, dando como resultado el aumento significativo en el porcentaje de germinación en muchos casos (Lange, 1961; Solomao y Mundin, 2000; Bhattacharya y Khuspe, 2001; Tokuhisa *et al.*, 2007).

Otra sustancia que se ha utilizado en tratamientos pregerminativos es KNO₃, el cual permitió alcanzar en una concentración 1M por 30 minutos, alcanzando porcentajes de germinación superiores al 75% en semillas de

'Kapoho Solo' y 'Sun Up' (Wenslaff y Osgoo, 1999). Marler (2007) investigó el efecto del pH sobre la germinación de semillas de papaya, concluyó que éste no tiene ninguna consecuencia sobre la germinación de las mismas. Por su parte, Bhattacharya y Khuspe (2001) obtuvieron porcentajes de germinación de 95, 5% después de 7 y 8 días, cuando colocaron embriones desnudos en un medio de cultivo Murashige y Skoog (MS) con Thidiazuron (TDZ) en presencia de luz y a 30°C. En contraste, en suelo la semilla tuvo una germinación promedio de 40,2%.

Tokuhisa *et al.* (2007) evaluaron la inmersión de la semilla de papaya en NaOCl al 0.5% durante 3, 4 horas (80% de germinación a los 30 días de siembra) y 5 horas (67% de germinación) con diferentes resultados. Además probaron tratamientos como inmersión en agua corriente por 2 y 4 horas (11% y 9% de germinación respectivamente), presecado 40°C/96h (7% de germinación), preenfriamiento a 10°C/14 días (66%), almacenamiento de la semilla por 3 y 6 meses (94% y 90%) choque térmico 15°-35°C por 16/8 horas (75%), pero los mejores resultados observados se dieron con AG_3 en concentración de 600 ppm, ya fuera con humedecimiento del sustrato (95%) o en inmersión por 24h (87%) y con KNO_3 1M por 30, 60 y 90 minutos (88%, 84% y 82% respectivamente).

En un estudio realizado por Bautista *et al.* (2008) con semillas de la variedad Maradol, se evaluó $CaCl_2$ en diferentes concentraciones (10^{-5} M obtuvo mejor germinación con un 76%), ácido salicílico (87%), Agromil S® (57%), ácido abscísico (65.3), ácido acetilsalicílico 10^{-4} M (83%), ácido sulfosalicílico (81%). También se probó el 6-bencilaminopurina (60.9%), Biozyme pp® 10 g/0.5kg de semilla (56%) y Germiboost® 5g/ 0.45 kg de semilla (47%).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de las pruebas:

Los experimentos se analizaron en el Laboratorio de Análisis de Calidad de Semillas del Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) de la Universidad de Costa Rica en San Pedro de Montes de Oca.

Condiciones generales para la realización de las pruebas:

A continuación se describen las condiciones generales en que fueron realizadas las pruebas que conformaron este trabajo.

Se utilizaron frutos con dos “pintas” de maduración, se partieron a la mitad y se les extrajeron las semillas. Para la remoción de la sarcotesta u arilo se siguió el mismo procedimiento en todos los experimentos, que consistió en colocar la semilla con agua en un procesador de alimentos marca Hamilton Beach®, al cual se le acopló un regulador de voltaje con el fin de regular la velocidad de giro de las aspas. Después de varias pruebas se escogió un voltaje de aproximadamente 60 durante 120 segundos divididos en dos lapsos, con lo que se logró una buena remoción de la sarcotesta y un daño visible mínimo a la semilla. La misma se colocó sobre bandejas con papel para extraer el exceso de humedad. Posteriormente se utilizó en una las pruebas.

Los sustratos para las pruebas de germinación fueron arena y turba. La arena usada fue acondicionada según las normas de la International Seed Testing Association (ISTA, 2004). La turba también es aceptada por ISTA, aunque ésta no ha definido parámetros para la homogeneización de sus características. En este caso la utilizada fue de la marca Fafard (Canadá), que consta de una mezcla de turba, vermiculita y perlita. Para evaluar la germinación, los sustratos se colocaron en cajas plásticas transparentes de 30 x 21.5 X 23 cm con tapa.

Cada unidad experimental constó de 50 semillas con cuatro repeticiones por tratamiento.

Una vez ajustada la humedad del sustrato y sembrada la semilla, se pesó cada bandeja, de manera que la humedad se pudiera ajustar en caso de pérdida. Las cajas se introdujeron en bolsas plásticas y luego se colocaron en una cámara de germinación a una temperatura determinada, dependiendo de la prueba que se estuviera llevando a cabo.

Se usaron cámaras de germinación marca Hoffman, que se graduaron con temperaturas continuas o alternas y con fotoperíodos de 12 horas, que coincidieron con los cambios de temperatura. Las temperaturas utilizadas fueron: 20 °C, 20-30 °C y 20-35 °C. Para la temperatura continua de 30 °C se utilizó una cámara fabricada por el CIGRAS, que mantiene una humedad relativa aproximada de 98%, para lo cual utiliza una cortina de agua permanente. Las temperaturas utilizadas en esta tesis están basadas en las normas utilizadas por ISTA (2004).

Las evaluaciones de la germinación se realizaron a los 14 y 21 días de iniciada la prueba. Para evaluar el vigor de la semilla, a los 14 días se tomaron al azar 10 plántulas por repetición, se les midió la longitud del hipocótilo y se les determinó el peso seco, para lo cual se colocaron en bolsas de papel en una estufa de convección mecánica de aire marca IMPRERIAL IV (LAB-LINE INSTRUMENTS) graduada a 60 °C durante 72 horas, posteriormente se pesaron las plántulas utilizando una balanza analítica.

En los siguientes ensayos: “Evaluación de diferentes sustratos sobre la germinación”, “Estudio del efecto de la temperatura sobre la germinación”, “Evaluación del contenido de humedad de la semilla y de la temperatura de almacenamiento” y “Efecto del envejecimiento acelerado”; se utilizó semilla del híbrido Pococí procedente de la EEFBM y EELD, con el fin de determinar posibles diferencias en la respuesta germinativa dependiendo del lugar de origen de la misma. La semilla se extrajo (procedimiento descrito anteriormente) de frutos cosechados con dos pintas.

Pruebas realizadas para el desarrollo de la tesis:

1. Velocidad de imbibición:

Para realizar esta prueba se utilizó semilla comercial del híbrido Pococí, proveniente de la EEFB, a la cual se le determinó el contenido de humedad, siguiendo las normas de la Internacional Seed Testing Association (ISTA, 2004).

Se pesaron tres repeticiones de 100 semillas (en total 300 semillas) y se sumergieron en agua destilada. Se evaluó periódicamente el peso de las semillas hasta que alcanzó su peso máximo. Al inicio del ensayo las evaluaciones se realizaron cada 2 horas y a partir de las 12 horas cada 24 horas, hasta observar peso constante. Las semillas se pesaron en una balanza analítica

En este ensayo no se hizo análisis estadístico, ya que el interés era generar una curva de absorción de agua, para la cual se utilizaron los valores promedio de absorción de agua.

2. Efecto del sustrato y su contenido de humedad sobre la germinación:

Este experimento se realizó con el fin de determinar el efecto del tipo de sustrato y de su contenido de humedad sobre la germinación. En el Cuadro 1 se observan los sustratos y humedades que se evaluaron. Estas humedades también se analizan como bajas, medias y altas.

Cuadro 1: Sustratos y humedades utilizadas en el experimento 2.

Sustrato	Humedades (%)		
Arena	5	10	15
Turba marca Fafard	50	60	70
Combinación de arena (25%) - turba (75%)	25	30	35

Las humedades utilizadas en cada sustrato fueron seleccionadas de ensayos previamente realizados en el CIGRAS, tanto en papaya³ como en otras especies tales como hortalizas y pastos (Gutierrez *et al.*, 2006). Así mismo, otras combinaciones de turba y arena como sustratos de germinación se desecharon por mostrar comportamientos muy similares a la arena sola o a la turba sola.

Este experimento se analizó como un diseño irrestricto al azar en un arreglo factorial. Los factores fueron los tres sustratos y las tres humedades, para un total de nueve tratamientos. Cada unidad experimental constó de 50 semillas con cuatro repeticiones por tratamiento

3. Evaluación de diferentes sustratos sobre la germinación:

Para este experimento se utilizaron los sustratos y humedades que dieron mejor resultado en el experimento anterior. Se evaluó el efecto del sustrato de germinación con un solo contenido de humedad y del sitio de origen de la semilla, En el Cuadro 2 se observan los tres sustratos evaluados, la humedad de cada una de ellos y la procedencia de la semilla.

Cuadro 2: Sustratos, contenidos de humedad y origen de la semilla evaluada en el experimento 3.

Sustrato	Origen de la semilla	Humedades (%)
Arena	EELD / EEFBM	10%
Turba marca Fafard	EELD / EEFBM	70%
Mezcla arena - turba (25:75)	EELD / EEFBM	30%

³ Msc. Ramiro Alizaga. 2009. Estudios realizados en papaya. CIGRAS. UCR. Comunicación personal.

Este experimento se analizó como un diseño irrestricto al azar en un arreglo factorial. Los factores son las dos procedencias de la semilla (Alajuela y Guápiles) por los tres sustratos para un total de seis tratamientos. Se realizaron cuatro repeticiones de 50 semillas.

4. Estudio del efecto de la temperatura sobre la germinación:

Para determinar la temperatura óptima de germinación se utilizó turba como sustrato con una humedad de 70% ya que estas condiciones probaron ser las que produjeron mayor cantidad de semillas germinadas. En esta prueba se evaluó el efecto de cinco temperaturas (20 °C, 20-30 °C, 20-35°C, 30 °C y temperatura ambiente (TA) sobre la germinación de la semilla de papaya proveniente de dos localidades (EEFBM y EELD).

Cabe señalar que la temperatura ambiente dentro del laboratorio de análisis de calidad de semillas, está dentro de un ámbito de 20°C a 26°C ya que en él existen varias cámaras de germinación que permanecen encendidas de manera constante.

Este experimento se analizó como un diseño irrestricto al azar en un arreglo factorial. Los factores fueron las dos procedencias de la semilla (EEFBM y EELD) y las cinco temperaturas para un total de diez tratamientos. Se realizaron cuatro repeticiones de 50 semillas.

5. Efecto del envejecimiento acelerado:

Este estudio se realizó con el fin de determinar la posibilidad de utilizar la prueba de envejecimiento acelerado como un indicador del vigor de la semilla de papaya, lo que tiene especial relevancia en semilla almacenada por períodos prolongados de tiempo.

Para esta prueba se usaron envases plásticos con una capacidad de 1,5 L cerrados herméticamente. En su interior se colocó un piso falso de cedazo metálico a una altura de 5 cm del fondo. Sobre el mismo se ubicaron

los frascos de vidrio de 50 ml de capacidad, dentro de los cuales se colocaron las semillas de papaya. Se agregó una lámina de agua de 2 cm en cada recipiente.

Los envases se cerraron herméticamente y se introdujeron en una cámara a 40 °C, con lo cual se generó una humedad relativa de 100% dentro de cada envase. Los tiempos de exposición fueron: 0, 24, 48, 72, 96 y 120 horas. Transcurrido esos períodos, la semilla se sembró en las cajas ya descritas y se colocaron en la cámara graduada 20-30°C, por ser el ámbito de temperatura en la que se obtuvo los mayores porcentajes de semillas germinadas en los experimentos anteriores. Las evaluaciones se realizaron 14 y 21 días más tarde. Se evaluaron las mismas variables que en los experimentos anteriores.

Esta prueba se analizó como un diseño irrestricto al azar en un arreglo factorial. Los factores fueron las dos procedencias por los seis periodos de tiempo en envejecimiento acelerado de la semilla, para un total de 12 tratamientos. Se realizaron cuatro repeticiones de 50 semillas.

6. Evaluación del contenido de humedad de la semilla y de la temperatura de almacenamiento:

Para esta prueba se utilizaron frutos del híbrido Pococí con dos pintas de maduración, procedentes de la EEFBM y de la EELD. Se extrajeron las semillas, se dividieron en grupos y se dejaron secar hasta que alcanzaron las humedades descritas en el Cuadro 3. Luego se empacaron y se almacenaron bajo la temperatura correspondiente (5°C, 20°C y T.A), durante un periodo de seis meses.

Cuadro 3: Contenidos de humedad de la semilla, origen y temperaturas de almacenamiento para la prueba 6.

% Humedad de la semilla	Origen de la semilla	Temperaturas de almacenamiento °C
8%	EELD y EEFBM	5
11%	EELD y EEFBM	20
14%	EELD y EEFBM	Temperatura Ambiente (T.A)

Se hizo una prueba inicial de germinación con semillas de las dos procedencias. Posteriormente se evaluó mensualmente la germinación, longitud del hipocótilo y peso seco de 10 plántulas por repetición. Para cada prueba de germinación se usó turba como sustrato con una humedad de 70% y temperatura alterna 20-30°C, siguiendo el mismo procedimiento descrito en un inicio. Esta prueba se analizó en un diseño irrestricto al azar en un arreglo factorial. Los factores fueron las dos procedencias por las tres humedades de la semilla y las tres temperaturas de almacenamiento para un total de 18 tratamientos. Se realizaron cuatro repeticiones de 50 semillas por tratamiento.

RESULTADOS

Velocidad de imbibición

La semilla utilizada en esta prueba inició en promedio con un contenido de humedad de 8,8%. Se observó que la imbibición de la semilla del híbrido Pococí se dio en un período de tiempo relativamente corto, ya que alcanzó su pico de absorción de agua prácticamente en dos horas (Figura 1). Esta humedad se mantuvo estable hasta el final de las evaluaciones, 48 horas después de su inicio.

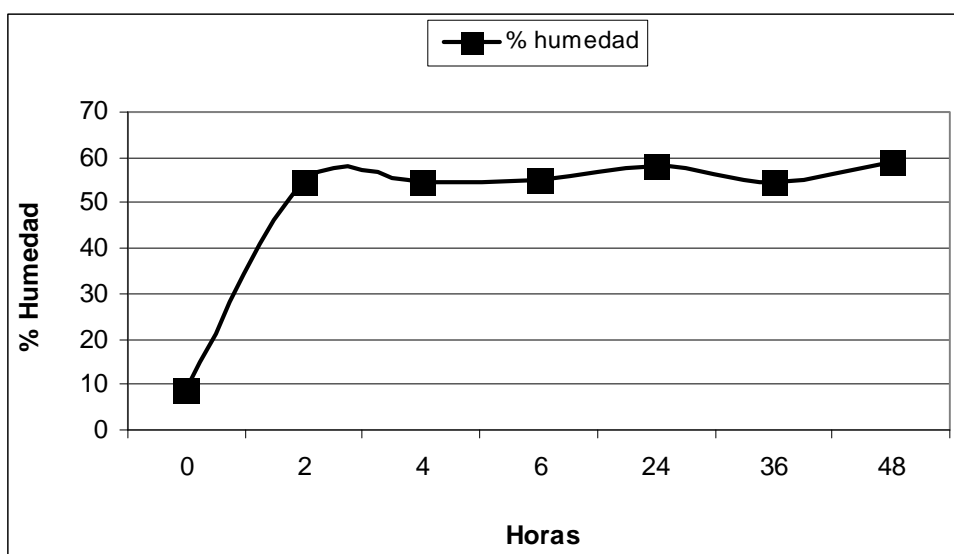


Figura 1. Velocidad de imbibición de la semilla de papaya del híbrido Pococí (*C. papaya*).

Efecto del tipo de sustrato y su humedad sobre la germinación de la semilla de papaya

El análisis estadístico del efecto del tipo de sustrato y de la humedad sobre la germinación de la semilla de papaya (Figura 2), mostró diferencias significativas ($p < 0,01$) en ambos factores. No hubo diferencias estadísticas entre el uso de turba y la mezcla arena-turba (25:75 v/v), los cuales produjeron los valores de germinación más altos, 73% y 75,8% respectivamente. La arena presentó valores más bajos de germinación 41%.

En cuanto al efecto de la humedad del sustrato (Figura 2), se observó que la menor germinación se obtuvo cuando se usó la humedad más baja (41%). Valores intermedios (70,5%) se detectaron con la humedad más alta y la mayor germinación (78,5%) se dio cuando se utilizó una humedad intermedia.

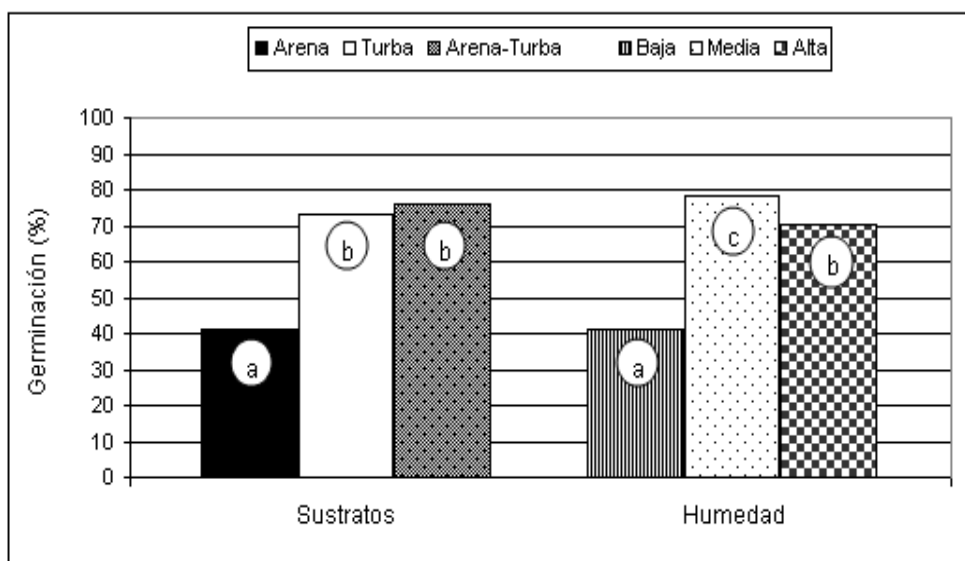


Figura 2. Efecto del tipo de sustrato y de la humedad del mismo sobre la germinación de la semilla de papaya. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

La evaluación de la interacción entre el sustrato y la humedad mostró diferencias significativas ($p < 0,01$), observándose que los tratamientos turba con 60% y 70% de humedad y la mezcla arena-turba (25:75 v/v) con 30% y 35% de humedad, fueron estadísticamente iguales y superiores a los demás tratamientos, con excepción de los tratamientos de arena 10% y la mezcla arena-turba 25% de humedad, que fueron no estadísticamente diferentes a los mencionados anteriormente. En arena con 5% de humedad no hubo germinación evidente (Figura 3).

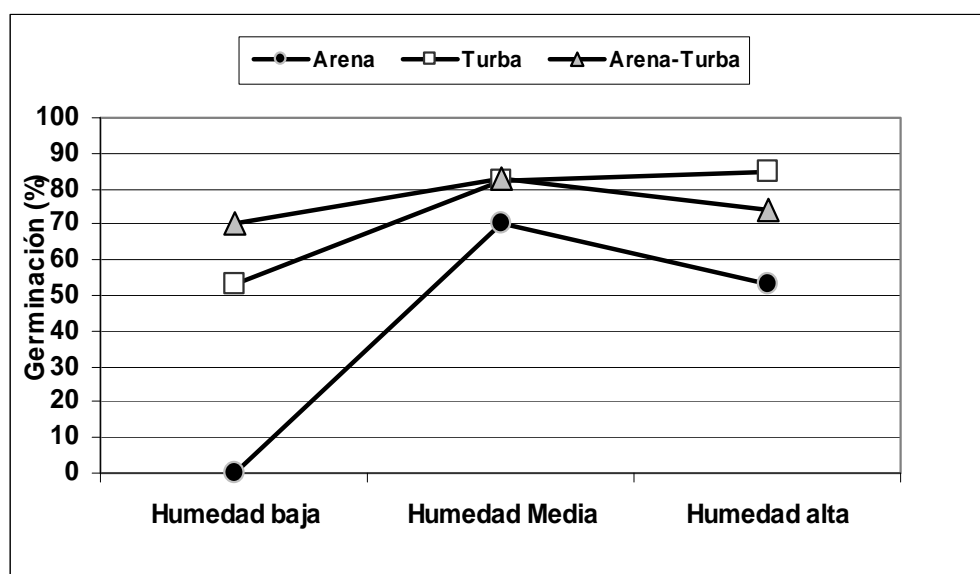


Figura 3. Efecto de la interacción entre el tipo de sustrato y la humedad sobre la germinación de la semilla de papaya.

En el segundo experimento sobre sustratos, el cual se evaluó el posible efecto de la procedencia de la semilla sobre la calidad de la misma, se seleccionó la mejor humedad en cada uno de los sustratos usados en el primer experimento, a saber, turba con 70%, arena con 10% y la mezcla de ambos (turba-arena 75:25 v/v) con 30% de humedad.

Se encontró que hubo diferencias significativas entre los sustratos evaluados para germinación, de manera que los resultados más bajos se obtuvieron con arena al 10% de humedad (88%) y los más altos con turba (94,5%), mientras que los valores intermedios se obtuvieron con la mezcla arena-turba (90,7%), que no fue estadísticamente diferente de los otros

sustratos (Figura 4). Por su parte, aunque la arena no fue estadísticamente diferente de la mezcla arena-turba, sí resultó evidente que las plántulas en arena presentaron anomalías como poco o nulo desarrollo radical y pelos absorbentes, geotropismo negativo y poco crecimiento.

En este mismo experimento se encontró que hubo diferencias estadísticas ($P>0,01$) entre ambas zonas productoras (Figura 4). La semilla obtenida en la Estación Experimental Fabio Baudrit (EEFBM) tuvo un mayor porcentaje de germinación (95.3%), al compararlo con la obtenida en la Estación Experimental Los Diamantes (EELD) (87%).

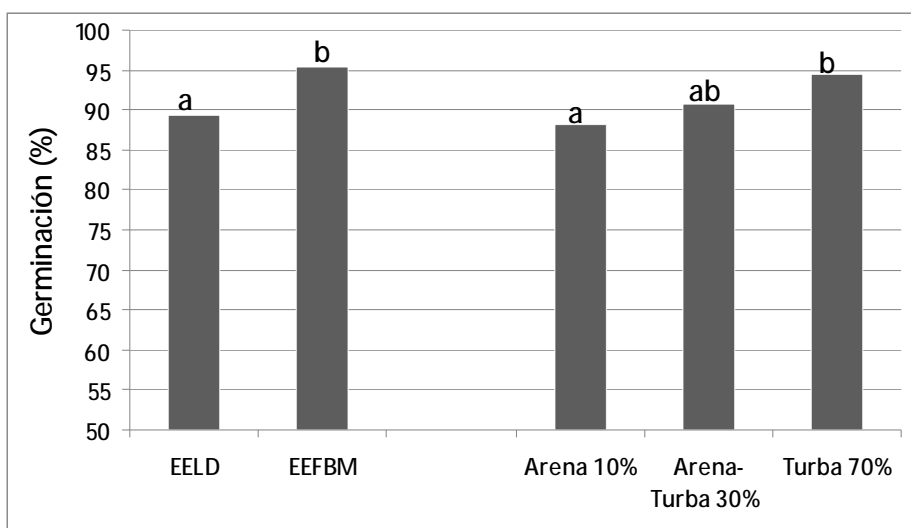


Figura 4. Efecto del sustrato y de la procedencia sobre la germinación de la semilla de papaya del híbrido Pococí. Letras distintas indican diferencias significativas ($p\leq 0,05$).

El análisis de la interacción entre los sustratos evaluados y el lugar de procedencia (Figura 5), detectó diferencias significativas ($p<0,05$). Se observó que la germinación de la semilla procedente de la EEFBM tuvo un porcentaje de germinación estadísticamente igual indiferentemente del sustrato, en tanto la semilla de la EELD obtuvo la germinación más alta en turba 70% de humedad y la más baja en arena 10% de humedad. Cabe señalar que la germinación que se obtuvo en turba no fue diferente estadísticamente de la que tuvo la semilla de la EEFBM.

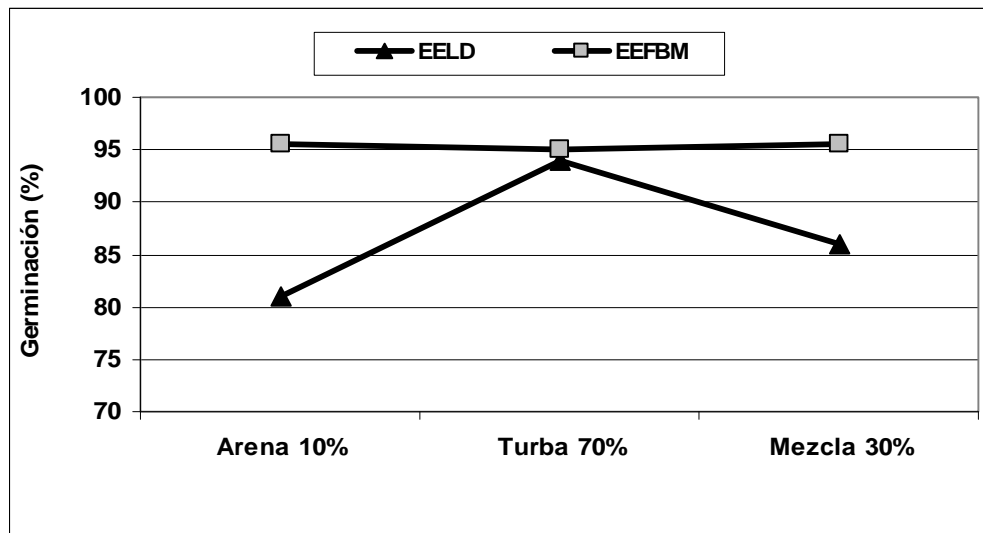


Figura 5. Efecto de la interacción entre la procedencia de la semilla y el sustrato sobre la germinación de semillas de papaya del híbrido Pococí.

Para la longitud del hipocótilo en el primer ensayo, se determinó que hubo diferencias estadísticas ($p < 0,01$) entre los sustratos, de manera que las plántulas crecieron más en la mezcla arena-turba (6,26 cm) y tuvieron menor crecimiento en arena (0,88 cm). En turba hubo un crecimiento 5 veces mayor (5,23 cm) que en arena, pero inferior al obtenido con arena-turba.

La evaluación del efecto de la humedad del sustrato sobre la longitud del hipocótilo demostró que hubo diferencias estadísticas ($p < 0,01$). Se observó que con las humedades media y alta, las longitudes fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores a la baja (4,89 cm, 4,53 cm, y 2,95 cm respectivamente).

El análisis de la interacción entre sustratos y humedades para la longitud del hipocótilo fue estadísticamente significativo ($p < 0,01$). Se encontró que en turba 70% y en la mezcla arena-turba con 25% y 30% de humedad, se dieron los valores estadísticamente más altos, pero éstos no fueron diferentes de los de turba 60% de humedad. Los tratamientos con arena mostraron las longitudes promedio más bajas.

En la segunda prueba, se obtuvieron diferencias estadísticas ($p < 0,01$) en el crecimiento del hipocótilo entre las zonas productoras, al igual que entre los

sustratos. En la Figura 6, se observa que la semilla proveniente de la EEFBM mostró una longitud estadísticamente superior (6,7 cm) a la de la EELD (5,6 cm). Además, se obtuvo una mayor longitud en turba (8 cm), seguido por arena-turba (7,1 cm). En arena (10%) las plántulas crecieron menos que en los otros sustratos (3,5 cm).

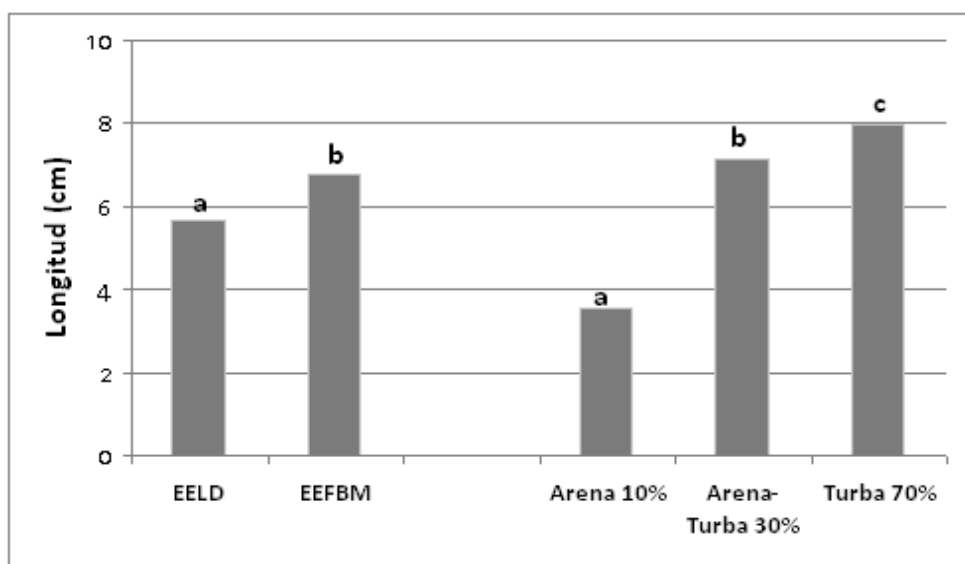


Figura 6. Efecto del sustrato y de la procedencia (EELD y EEFBM) sobre la longitud del hipocótilo de plántulas de la semilla de papaya del híbrido Pococí cultivadas a una temperatura alterna de 20-30°C. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

En la interacción entre el sustrato y la procedencia de la semilla para la longitud, se detectó un mayor crecimiento en turba con 70% de humedad y la mezcla arena-turba (30%), que en la arena (10%). También se observó un mayor crecimiento promedio de las plántulas provenientes de semilla de la EEFBM en los dos mejores sustratos (Figura 7).

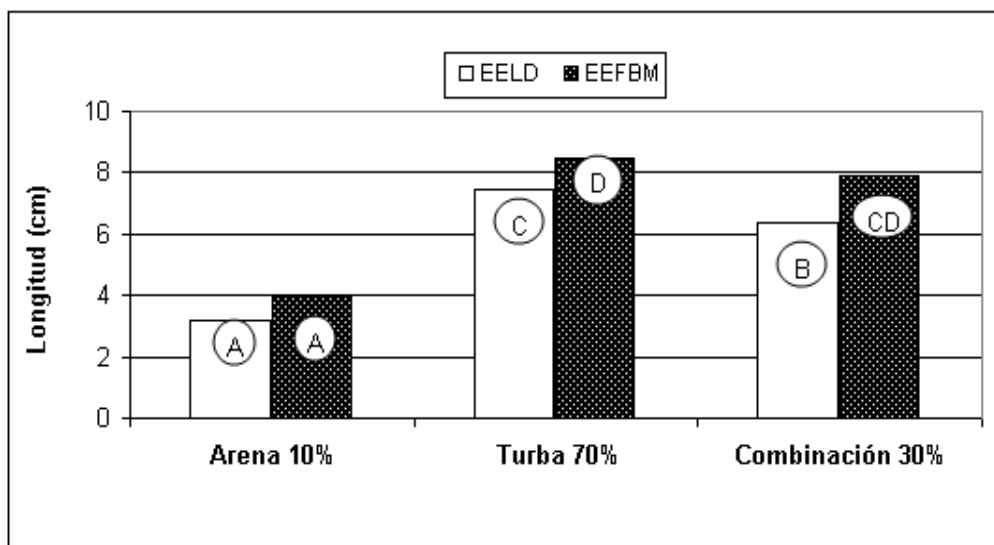


Figura 7. Efecto de la interacción entre la procedencia de la semilla y el sustrato sobre la longitud del hipocótilo de plántulas de papaya del híbrido Pococí. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Con respecto al peso seco de las plántulas, en el primer experimento, para el peso seco se determinó que hubo diferencias estadísticas ($p < 0,01$) debido al tipo de sustrato, siendo menores los de las plántulas sembradas en arena. Se observó un mayor peso en el tratamiento de arena-turba con 25%, sin embargo los tratamientos de mezcla con 30% y turba 50% no fueron estadísticamente diferentes de éste.

El efecto del peso seco de la plántula debido a la humedad del sustrato, mostró consistentemente un menor peso en plantas con humedad alta (0,1g). Con la humedad media y baja se obtuvieron los valores mayores, entre los que no hubo diferencias estadísticas (0,13 g para ambas humedades).

Al analizar la interacción de los sustratos con la humedad (Figura 8), el peso seco de las plántulas tanto en la turba como en la mezcla arena-turba, tendió a ser mayor conforme la humedad del sustrato fue más baja, mientras que con la arena hubo una disminución con la misma humedad.

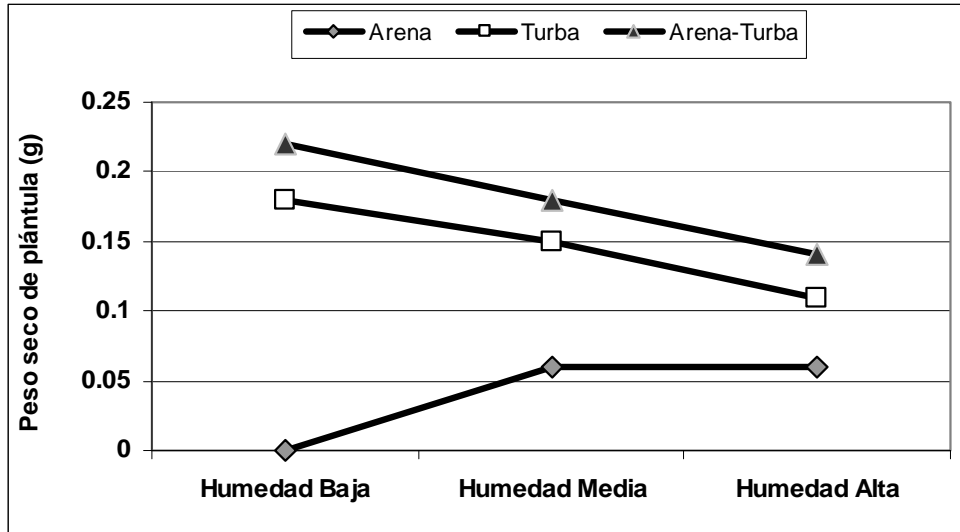


Figura 8. Efecto de la interacción entre el tipo de sustrato y el contenido de humedad del mismo sobre el peso seco (g) de plántulas del híbrido Pococí. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

En la segunda prueba (Figura 9), en cuanto al peso seco de las plántulas, se mostraron diferencias estadísticas ($p < 0,01$), en la mezcla arena-turba se vieron los valores estadísticamente mayores. El peso mas bajo se presentó consistentemente en los tratamientos con arena. En turba 70% se dieron valores intermedios. En este caso no se detectaron diferencias estadísticas entre los lugares de procedencia de las semillas.

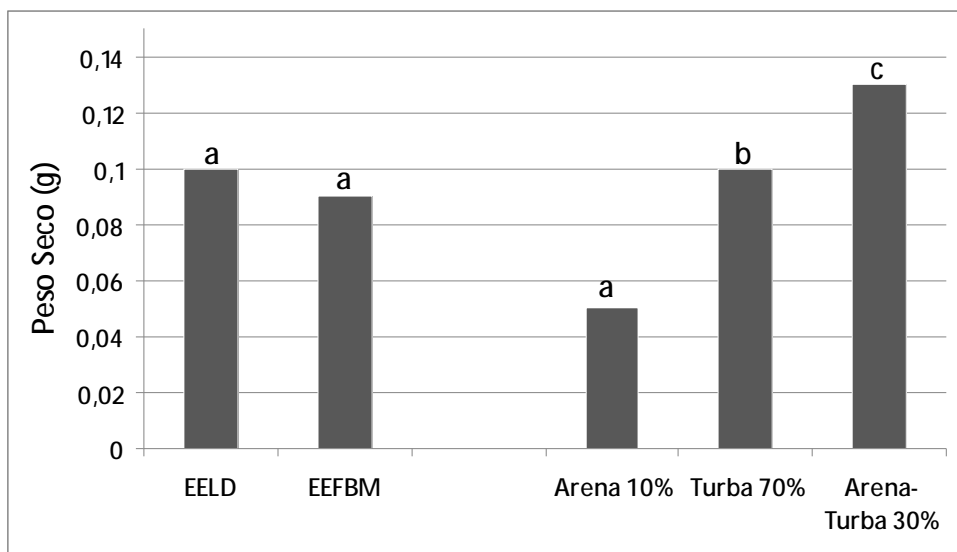


Figura 9. Efecto del sustrato y de la procedencia de la semilla sobre el peso seco de plántulas del híbrido Pococí. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Efecto de la Temperaturas sobre la Germinación

En el híbrido Pococí se detectó un efecto significativo ($p < 0,01$) de las diferentes temperaturas sobre la germinación de semillas. En la Figura 10, se observa que a 20 °C se observó los menores valores de germinación. No se detectaron diferencias entre las temperaturas de 30 °C y la temperatura ambiente (20-26°C dentro del laboratorio), que presentaron germinaciones intermedias, mientras que los valores mas altos de germinación se alcanzaron con las temperaturas alternas de 20-30 °C y 20-35 °C, que fueron estadísticamente iguales entre sí.

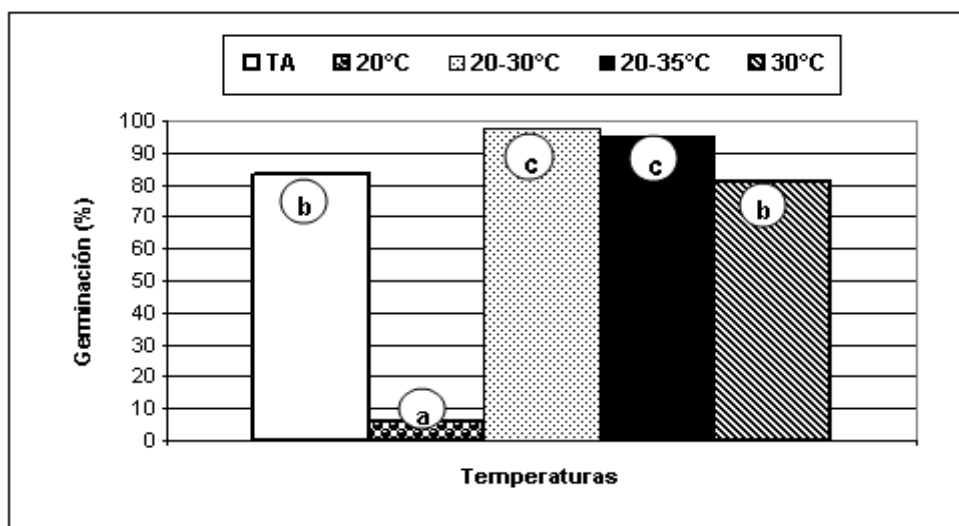


Figura 10. Germinación a 14 d.d.s de semillas del híbrido Pococí bajo diferentes temperaturas de germinación. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

En cuanto a la procedencia de la semilla, se encontró que hubo diferencias estadísticas ($P < 0,01$) en la germinación. La originaria de la EELD presentó la media más alta (79%) en comparación con la de la EEFBM (66%). La interacción procedencia por temperatura fue significativa ($p < 0,01$). En la Figura 11, se puede ver que la germinación de la semilla de ambas procedencias fue similar cuando se utilizaron temperaturas de 20°C, 20-30°C y 20-35°C, pero que cuando se usaron temperaturas de 30°C o temperatura ambiente se produjo una reducción en la germinación en la semilla de la EEFBM con respecto a la obtenida en la EELD.

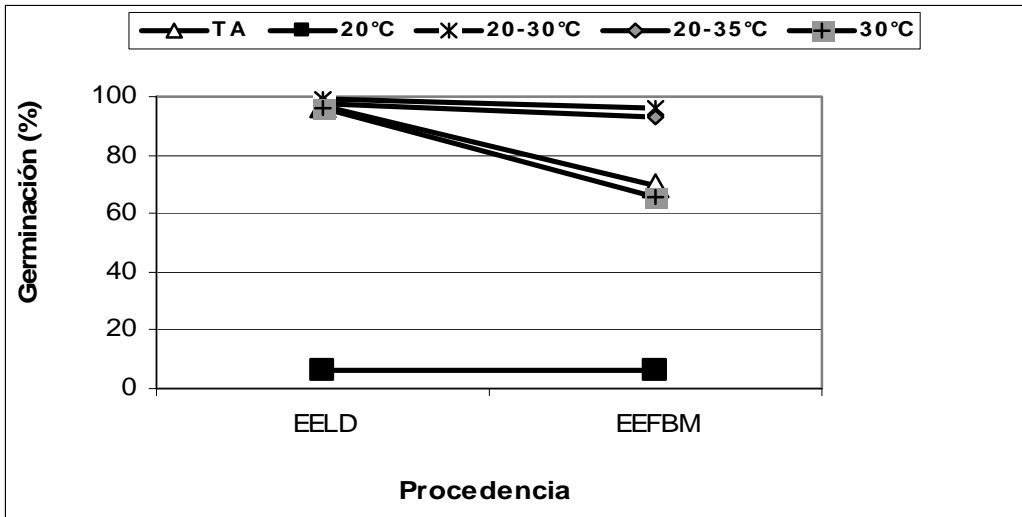


Figura 11 Interacción entre la procedencia de la semilla y la temperatura de germinación sobre el porcentaje de germinación de la semilla del híbrido Pococí.

En la Figura 12 se observa el efecto de la temperatura de germinación sobre la longitud del hipocótilo. Se encontró que hubo diferencias significativas ($p < 0,01$) entre los tratamientos. La mayor longitud se alcanzó con la temperatura de 30°C continuos (13,02 cm), seguida de 20-35°C (11,36 cm) temperatura ambiente (9 cm), 20-30°C (8cm) y 20°C (4cm).

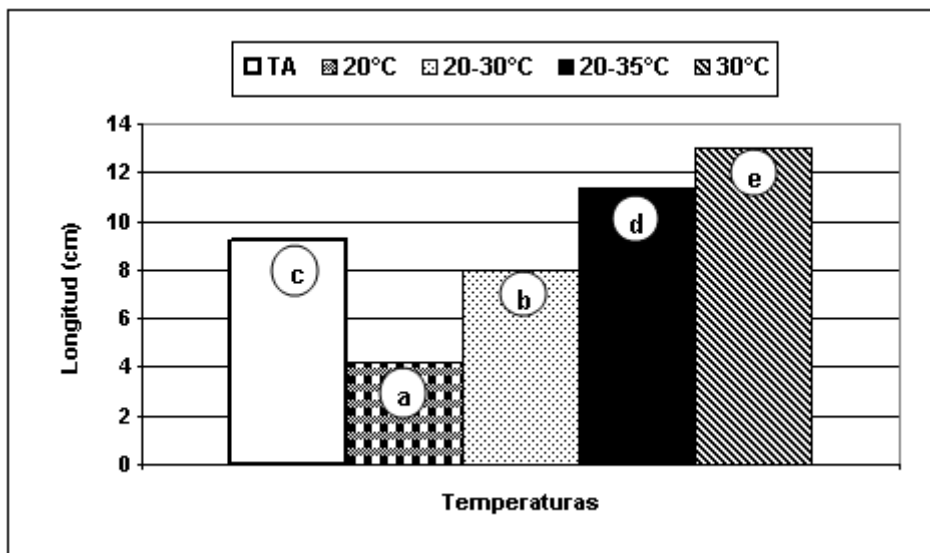


Figura 12. Longitud de plántulas de papaya del híbrido Pococí 14 d.d.s, germinadas bajo diferentes temperaturas. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Se encontró que la procedencia de la semilla tuvo efecto significativo ($p < 0,01$) sobre la longitud del hipocótilo, las plántulas procedentes de semilla de la EELD presentaron una longitud promedio de 9,4 cm, en tanto las de semilla de la EEFBM mostró una longitud de 8,9 cm. Aunque la interacción entre la procedencia y la temperatura de germinación también fue significativa ($p < 0,01$), los datos no se ajustan a un patrón específico.

El análisis del peso seco también reveló diferencias significativas ($p < 0,01$), se encontró que las plántulas germinadas a 20-30°C mostraron un valor promedio mas alto. Sin embargo este no fue estadísticamente diferente del tratamiento con 20-35°C (Figura 13), el cual a su vez no fue estadísticamente diferente de 20 °C y 30 °C El menor valor para peso seco se registró con el uso de la temperatura ambiente.

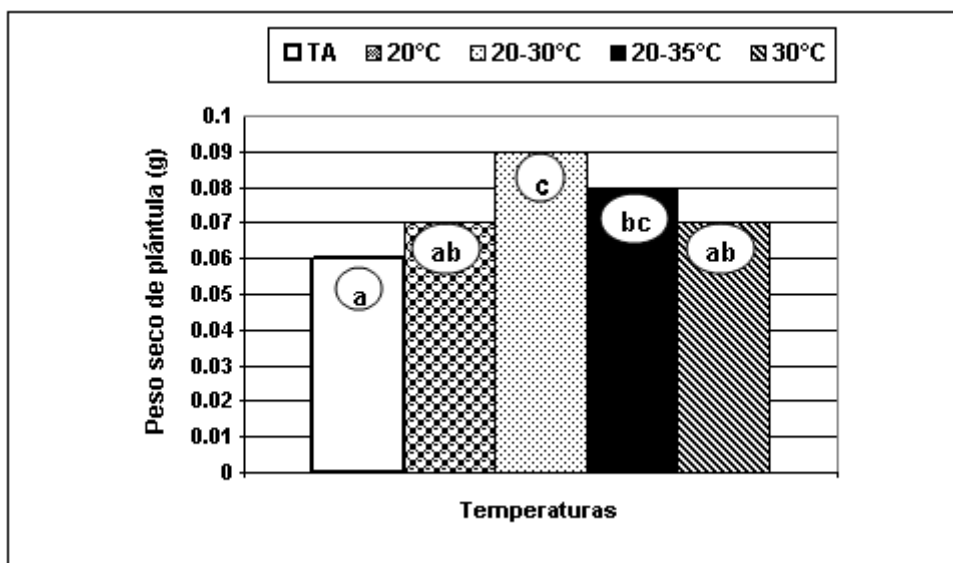


Figura 13. Peso seco de plántulas de papaya del híbrido Pococí 14 d.d.s, germinadas bajo diferentes temperaturas. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Para esta variable, la procedencia fue significativa ($p < 0,01$), en donde plántulas provenientes de semilla de la EELD tuvieron un peso seco mas bajo que las de la EEFB (0,07 g y 0,08 g respectivamente). La interacción procedencia por temperatura no fue significativa.

Envejecimiento acelerado

Se encontraron diferencias estadísticas ($P < 0,01$) en la germinación de las semillas de papaya procedentes de la EEFBM y de la EELD. La semilla originaria de la EELD mostró valores superiores de germinación (83%) que la de la EEFB (68%).

En la Figura 14 se muestra las curvas de germinación de la semilla de ambas procedencias. En los dos casos las semillas mostraron comportamientos disímiles, ya que con la semilla de la EELD se observó una curva descendente conforme aumentó el tiempo de envejecimiento acelerado, mientras que con la semilla de la EEFB se observó un aumento significativo en la germinación después de las primeras 24 horas de envejecimiento, que fue seguido de una disminución pronunciada a partir de este momento.

El análisis estadístico mostró que hubo diferencias ($P < 0,05$) entre ambas procedencias al inicio de la prueba y en las últimas dos evaluaciones los valores más altos se presentaron con la semilla producida en la Estación Experimental los Diamantes.

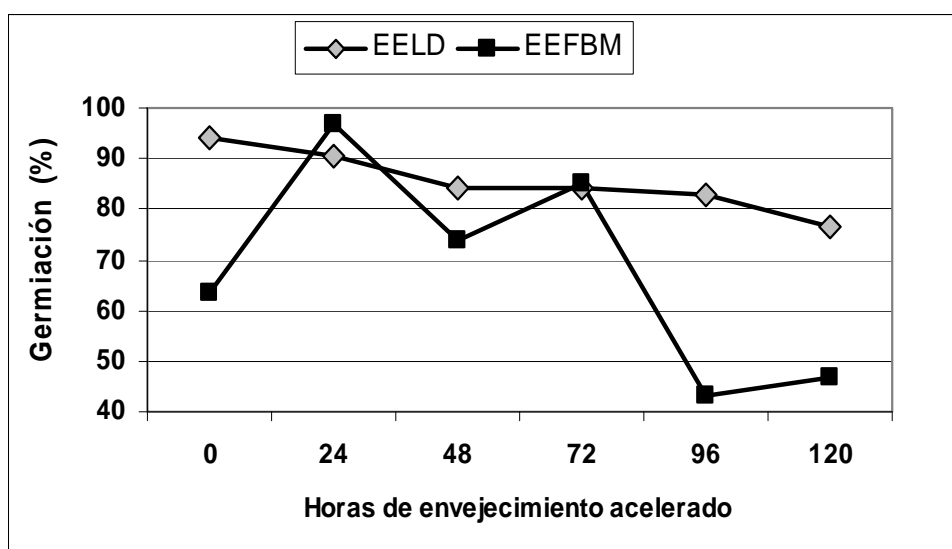


Figura 14. Efecto del envejecimiento acelerado (40°C y 100% HR) por 120 horas, sobre la germinación 14 d.d.s de semillas de papaya de dos procedencias.

Se detectaron diferencias significativas ($p < 0,01$) en la longitud del hipocótilo (Figura 15), con respecto al lugar de origen de la semilla, las plántulas obtenidas de semillas procedentes de la EEFB presentaron una longitud promedio mayor (8,1 cm) que la de la EELD (7,5 cm).

Cabe señalar que en semilla de ambas procedencias el periodo de 24 horas originó plántulas con longitudes estadísticamente superiores a las de los demás tiempos de envejecimiento. A partir de este periodo se observó una disminución paulatina en estos valores, aunque menos pronunciada en la semilla producida en la EEFB, mientras que en la semilla obtenida en la EELD produjo una disminución más pronunciada a partir de las 48 horas de envejecimiento. Al final de la evaluación se observó que la longitud de las plántulas obtenidas de semilla de la EEFB fue significativamente ($P < 0,05$) mayor que la de la EELD, en aproximadamente un centímetro. Los valores de longitud más bajos se presentaron en ambas procedencias con semilla envejecida por 120 horas.

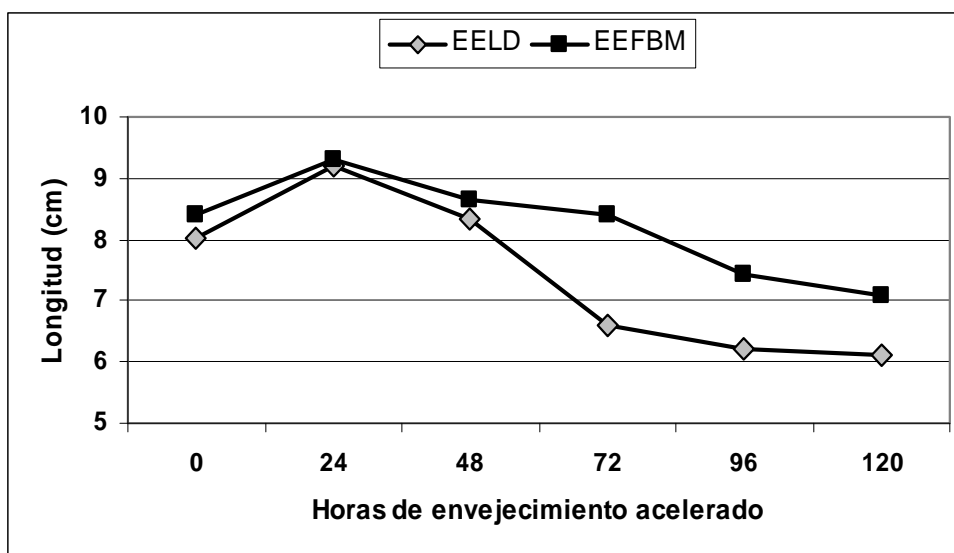


Figura 15. Efecto del envejecimiento acelerado (40°C y 100% HR) por 120 horas, sobre la longitud (cm) de plántulas de papaya de dos procedencias. Resultados al cabo de 14 d.d.s.

En la Figura 16 se observa el peso seco de las semillas sometidas a envejecimiento acelerado, en donde aunque se detectaron diferencias en el vigor de las semillas de acuerdo con la procedencia, el comportamiento de esta variable fue un tanto errática, ya que la semilla de ambos orígenes mostraron comportamientos diferentes. Mientras que la semilla de la EELD mostró un aumento en el peso durante las primeras 72 horas de envejecimiento y una posterior disminución del mismo, la semilla de la EEFBM disminuyó inicialmente su peso seco, luego se mantuvo estable prácticamente hasta el final. De lo anterior se deduce que esta variable no es un buen indicador del vigor de la semilla.

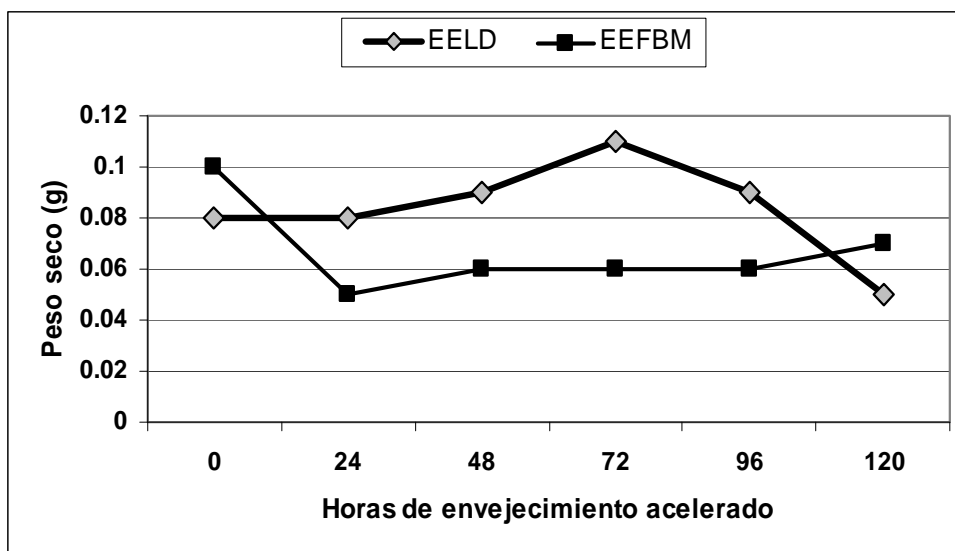


Figura 16. Efecto del envejecimiento acelerado (40°C y 100% HR) por 120 horas, sobre el peso seco de plántulas de papaya de dos procedencias.

Efecto del contenido de humedad de la semilla y de la temperatura de almacenamiento sobre la germinación.

Se observó que la semilla proveniente de la EELD mostró los valores estadísticamente significativos ($P < 0,01$) más altos de germinación durante los seis meses (Figura 17), en comparación con los observados con la semilla de la EEFBM en el mismo período.

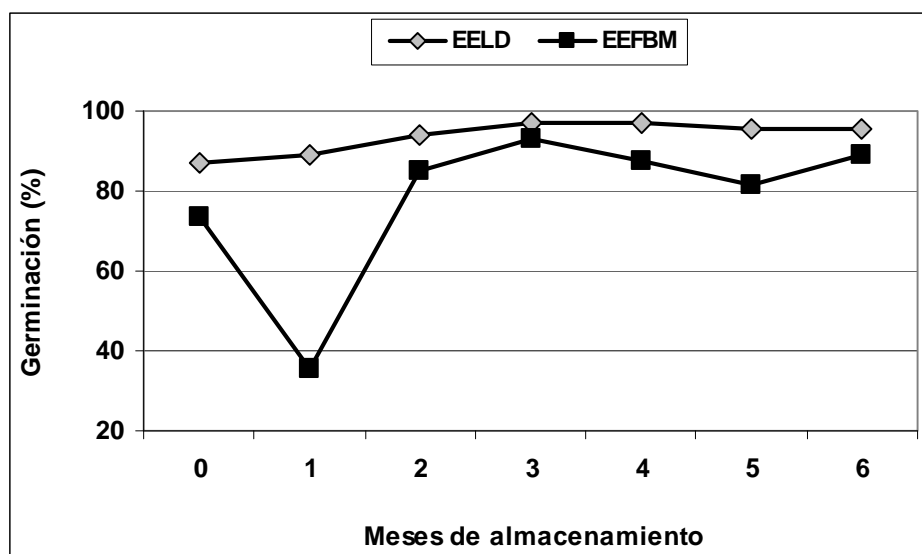


Figura 17. Germinación de semilla del híbrido Pococí procedente de EELD y de la EEFBM, almacenada durante un periodo de seis meses.

También se realizó la evaluación del efecto de la temperatura de almacenamiento (5°C , 20°C y temperatura ambiente) sobre la germinación. Se encontró que hubo diferencias significativas ($P < 0,05$), sin embargo no se observó que alguna de las temperaturas usadas tuviera una influencia marcada sobre la germinación de la semilla a lo largo del periodo de almacenamiento (Figura 18).

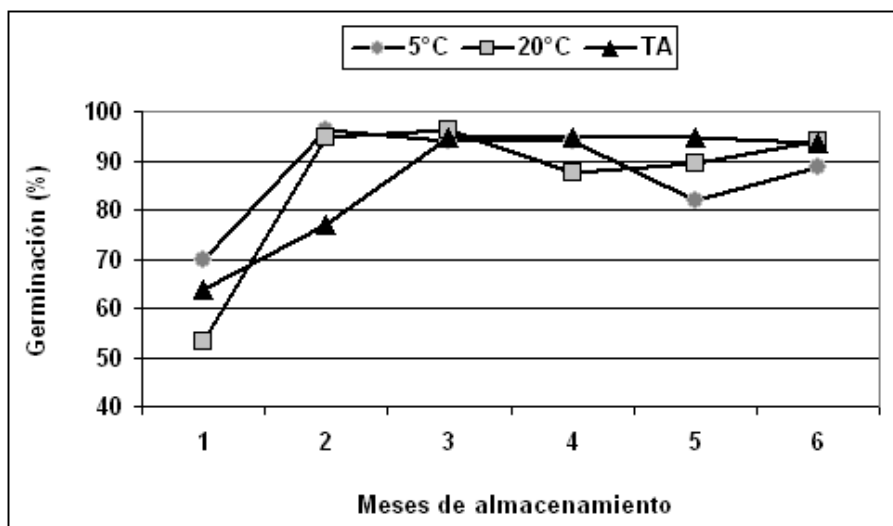


Figura 18. Germinación de semilla del híbrido Pococí almacenada bajo tres temperaturas durante un periodo de seis meses.

El contenido de humedad de la semilla resultó significativo ($P < 0,05$) durante el período de almacenamiento con excepción del segundo y tercer mes de evaluación (Figura 19). Durante los primeros tres meses de almacenamiento no se encontró un patrón definido en la germinación de las semillas en función de su contenido de humedad. Sin embargo durante los últimos tres meses resultó evidente que la semilla con 14% de humedad germinó significativamente menos que la almacenada con contenidos de humedad menores (8 y 11%).

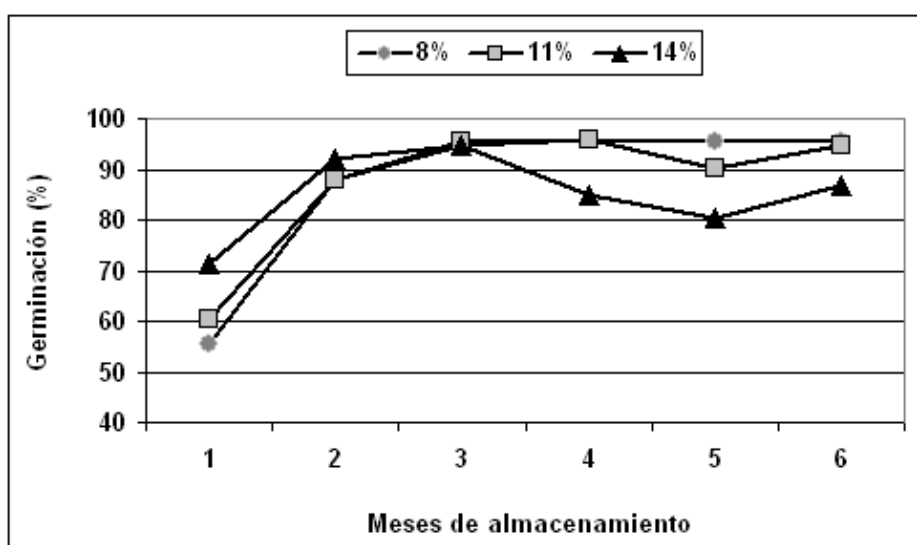


Figura 19. Germinación obtenida 14 d.d.s, de semilla del híbrido Pococí almacenada con tres porcentajes de humedad durante un periodo de seis meses.

Las interacciones procedencia de la semilla con la temperatura de almacenamiento (5°C, 20°C y TA), procedencia de la semilla con la humedad de la semilla (8%, 11% y 14%) y la interacción temperatura de almacenamiento con la humedad de la semilla fueron significativas, sin embargo no mostraron ningún comportamiento que representara un patrón de respuesta, por lo cual no se incluyeron.

Otra variable evaluada fue la longitud del hipocótilo, en donde se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las plantas de semilla de la EELD y las de la EEFBM, en donde las primeras presentaron valores mas altos (Figura 20). Sin embargo la diferencia fue pequeña. Además se vio un aumento significativo en este mismo parámetro entre el primer mes y el resto de las evaluaciones.

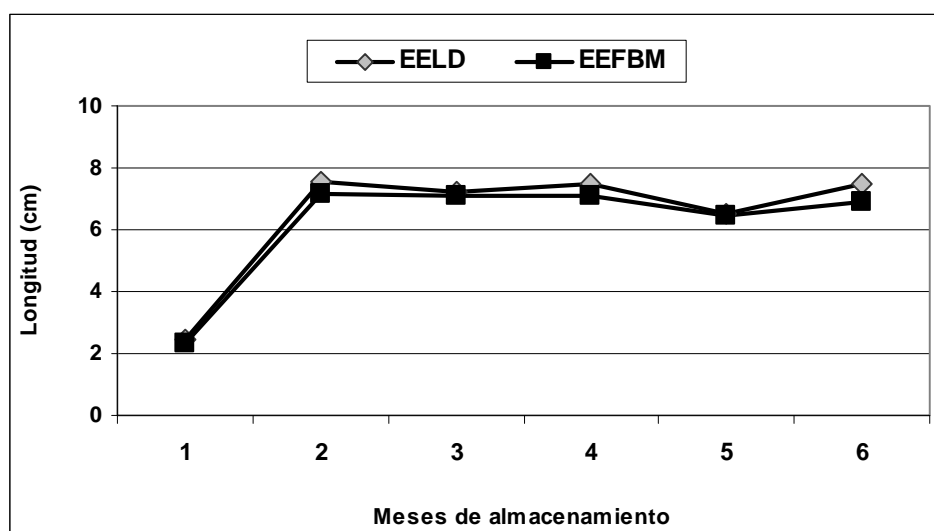


Figura 20. Longitud del hipocótilo de plántulas del híbrido Pococí, obtenidas de semilla originaria de la EELD y de la EEFBM y almacenadas durante seis meses. Resultado obtenido al cabo de 14 d.d.s.

El efecto de la temperatura de almacenamiento fue significativa ($P < 0,05$) entre la primera evaluación (mes 1) y las demás (Figura 21), observándose que hubo un aumento en la longitud de las plantas de semilla almacenada bajo las diferentes temperaturas. A partir de la tercera evaluación prácticamente no hubo diferencias.

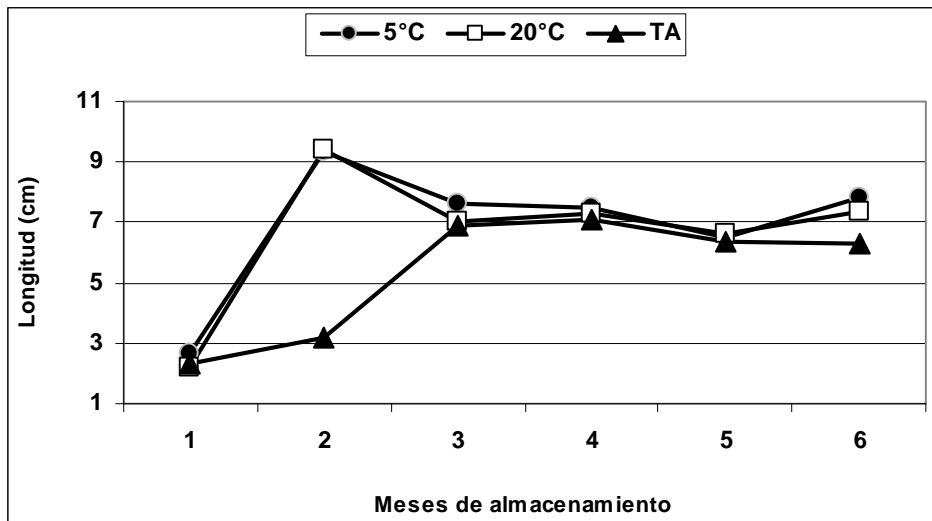


Figura 21. Longitud del hipocótilo de plantas de semilla del híbrido Pococí almacenada en cámaras bajo tres temperaturas durante un periodo de seis meses. Resultado obtenido al cabo de 14 d.d.s.

La humedad de la semilla tuvo un efecto significativo ($P < 0,05$) sobre la longitud del hipocótilo a partir el cuarto mes de almacenamiento y hasta su conclusión (Figura 22). Se observó que la semilla con 14% de humedad disminuyó significativamente su longitud en comparación con los otros dos tratamientos. Entre las humedades de 8% y 11% no se observó diferencias en las mismas evaluaciones. Además se vio un aumento significativo de la longitud entre el primer mes y los siguientes.

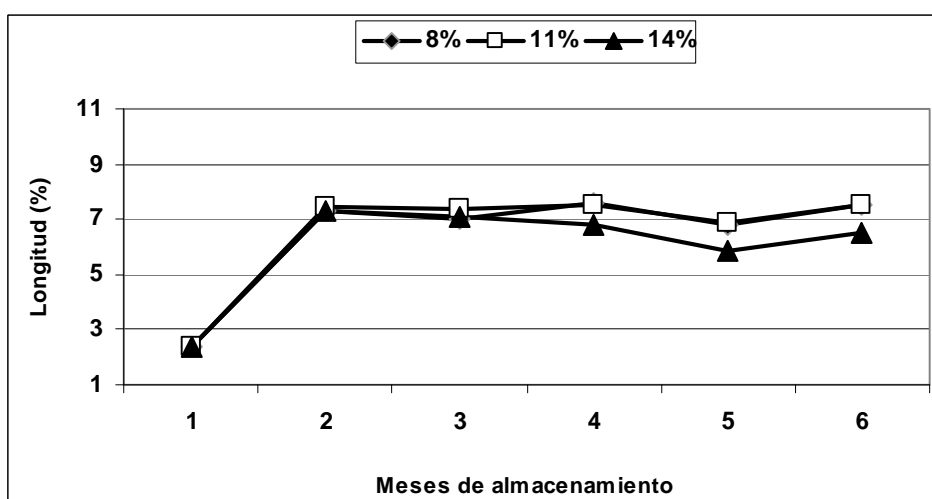


Figura 22. Longitud del hipocótilo de plántulas de semilla del híbrido Pococí almacenada con tres porcentajes de humedad durante seis meses. Resultado obtenido al cabo de 14 d.d.s.

Se analizó la interacción entre la procedencia de la semilla y la temperatura de almacenamiento, la cual resultó significativa ($P < 0,01$) en los meses cuarto, quinto y sexto de almacenamiento. En la Figura 23 se observa que las semillas almacenadas a 5°C y 20°C tendieron a mantener o a disminuir su longitud cuando procedieron de la EEFBM, al compararlas con las producidas en la EELD, mientras que lo contrario ocurrió en la semilla almacenada a temperatura ambiente que tendió a aumentar la germinación con la semilla producida en la EEFBM.

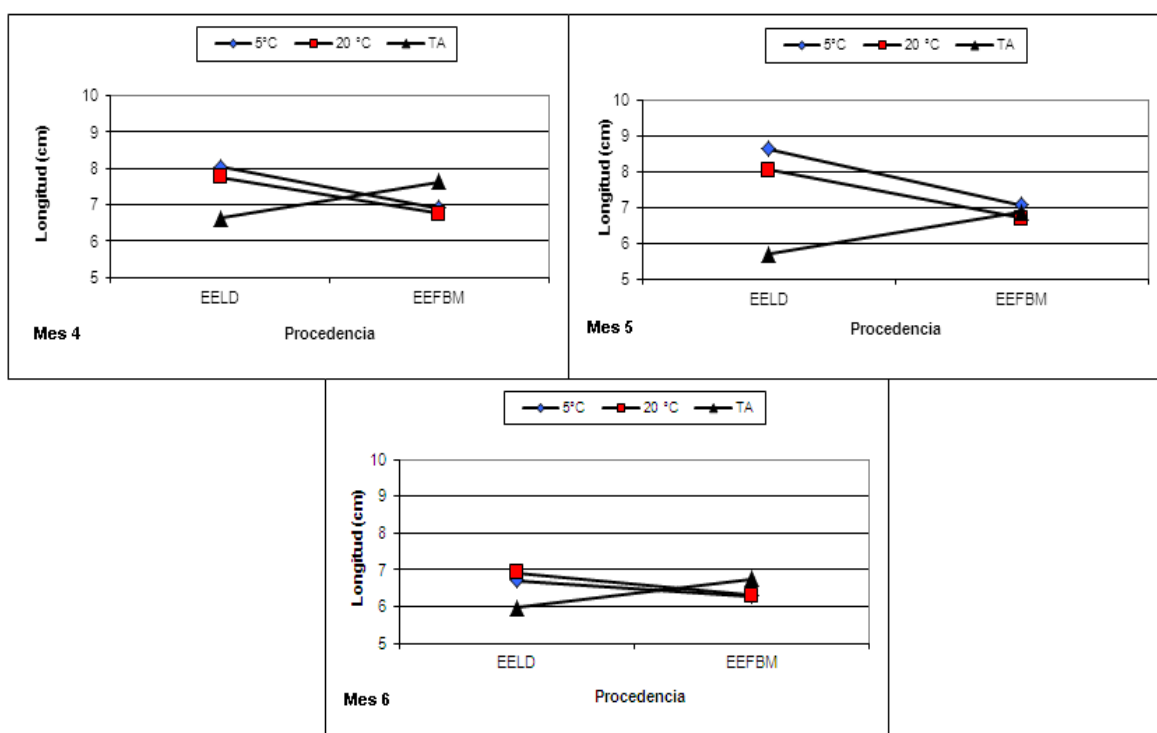


Figura 23. Estudio de la interacción entre la procedencia de la semilla y la temperatura de almacenamiento para la longitud del hipocótilo durante el cuarto, quinto y sexto mes de almacenamiento.

El análisis de la interacción entre la procedencia de la semilla y la humedad de la semilla fue significativo ($P < 0,05$) en el primero, segundo, cuarto, quinto y sexto mes de evaluación. Sin embargo, no se encontró ningún patrón de comportamiento definido.

Asimismo, la interacción entre la temperatura de almacenamiento y la humedad de la semilla fue significativa ($P < 0,01$) desde el cuarto al sexto mes de evaluación. Se observó que la semilla almacenada a las tres temperaturas

(5°C, 20°C y TA) con 14% de humedad presentó una longitud menor en comparación con las semillas almacenadas con 8% y 11% de humedad.

Por otra parte, al evaluar el efecto de la procedencia de la semilla sobre el peso seco de las plántulas, se encontró que no hubo diferencias significativas.

La temperatura de almacenamiento tuvo un efecto significativo ($P < 0,05$) sobre el peso seco de las plántulas desde el tercer mes y hasta el final de las evaluaciones. En la Figura 24 se observa que en los dos últimos meses de almacenamiento las plantas almacenadas a 5°C tuvieron un peso seco mayor al de las otras dos temperaturas.

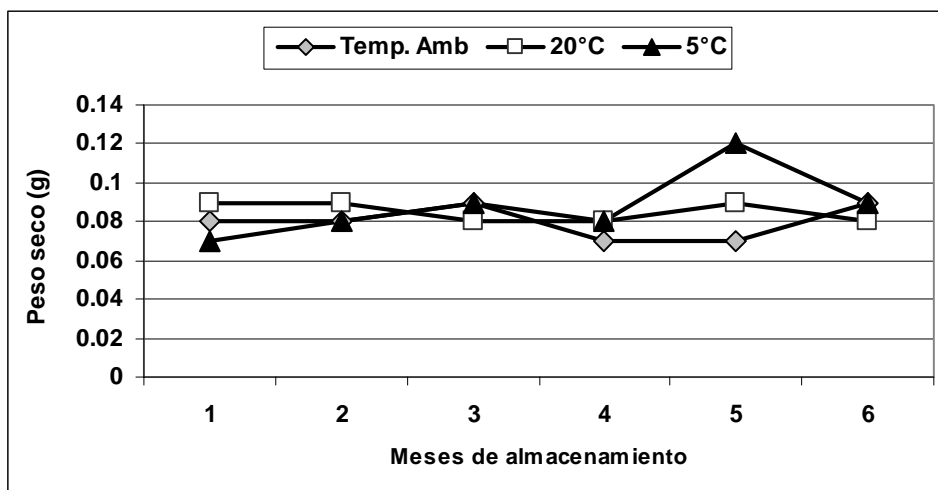


Figura 24. Peso seco de plantas de semilla del híbrido Pococí almacenada en cámaras bajo tres diferentes temperaturas en un periodo de seis meses. Resultado obtenido al cabo de 14 d.d.s.

Además, la humedad de la semilla tuvo un efecto significativo ($P < 0,05$) sobre el peso seco de las plántulas en las últimas tres evaluaciones, de acuerdo a lo cual la semilla almacenada con 14% de humedad presentó plántulas con menor peso, en comparación con las otras dos humedades (8% y 11%) (Figura 25).

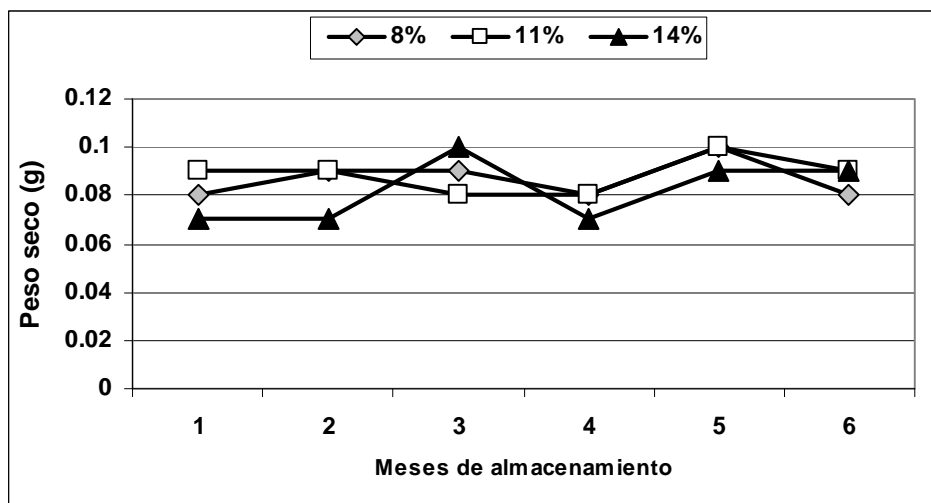


Figura 25. Estudio del peso seco de plántulas de semilla del híbrido Pococí almacenada con tres diferentes porcentajes de humedad durante un periodo de seis meses.

La interacción entre la procedencia de la semilla y la temperatura de almacenamiento en el estudio del peso seco fue significativa ($P < 0,05$) a partir del cuarto mes. Sin embargo no se detectó un patrón de comportamiento que permitiera determinar si existió alguna relación entre ambas variables.

Las interacciones entre la procedencia de la semilla y el contenido de humedad de la misma, así como la interacción entre la temperatura de almacenamiento y la humedad de la semilla no fueron significativas, a excepción de los dos últimos meses, pero tampoco se observó un patrón claro.

DISCUSIÓN

Imbibición de la semilla del híbrido Pococí

Según Côme (1982), (citado por Herrera *et al.*, 2006) y Bewley y Black (1986), el proceso de germinación se divide en tres fases, en donde la primera corresponde a la imbibición de la semilla, lo que significa que la misma absorbe una cantidad de agua que le permite rehidratar proteínas y organelas celulares necesarias para reactivar el metabolismo, entre otros. En la segunda fase se activa el metabolismo, hay reacciones anabólicas y se inicia la absorción de reservas por parte del embrión y en la tercera fase hay un crecimiento evidente de la radícula. En el proceso de absorción de humedad, además se beneficia la disolución de solutos acelerando procesos enzimáticos, que generalmente estimulan que la radícula emerja en un periodo menor. No obstante este proceso se favorece por temperaturas altas (Bewley y Black, 1982 citados por Herrera y Alizaga, 1995).

En este estudio se observó que la imbibición de la semilla del híbrido se dio en un período muy corto de prácticamente dos horas. En comparación, una especie como el pepino (*Cucumis sativus* L) tarda aproximadamente 27 horas en imbibirse (Sanchez *et al.*, 1997) y una como la teca (*Tectona grandis*) se ha determinado que dura cuatro días (Monge 2011).

En términos generales la semilla del híbrido Pococí mostró en los diferentes ensayos, porcentajes altos de germinación en periodos relativamente cortos (14 dds), que pueden estar relacionados con la velocidad de imbibición de la semilla, ya que este proceso (imbibición) podría disminuir el efecto de sustancias inhibitorias de la germinación, encontradas en mayor cantidad en la esclerotesta y arilo, que según Tokuhisa *et al.*, (2007) son los responsables de bajos porcentajes de germinación de *C. papaya* y de la falta de sincronismo en otros materiales.

Germinación en función de los sustratos

El sustrato de germinación es un factor muy importante tanto para el análisis de la calidad de las semillas como para el establecimiento de viveros y una eventual plantación (Quesada y Méndez, 2005). Entre las características deseables que debe presentar se encuentran el brindar soporte a la planta, tener una estructura estable, favorecer la germinación, permitir el intercambio gaseoso y poseer un nivel adecuado de retención de humedad.

En el presente trabajo, en términos generales, se observaron valores porcentuales altos de germinación de la semilla del híbrido Pococí con los tres sustratos utilizados. Se debe señalar que tanto la arena como la turba son materiales usados normalmente para la germinación de semillas, tanto en análisis de germinación (ISTA, 2004), como en el desarrollo de la etapa de vivero (Iskander, 2002). Con ellos se buscó proporcionar a la semilla un ambiente con buena retención de humedad y buena aireación, de manera que no se produjeran anomalías en las plántulas debido a falta de oxigenación o exceso de agua (Bewley y Black, 1994).

Tanto en la turba como en la mezcla arena-turba, las plántulas presentaron características agronómicas deseables para el establecimiento de almácigos, como buen desarrollo radical, tallos sin deformaciones, presencia de las hojas cotiledones y ausencia de clorosis. Esto se debió a la buena calidad de la semilla y a las buenas características físicas que evidenciaron estos sustratos, como buena retención de humedad y espacio poroso. Lo anterior concuerda con factores físicos inherentes descritos en la literatura para que un sustrato sea considerado como adecuado. Según Baixuali y Aguilar (2002), un sustrato debe poseer buena aireación y presentar una baja densidad aparente entre otros. Los mismos autores describen la turba como un sustrato con propiedades físicas similares a las señaladas, lo que sugiere que es un medio deseable en el establecimiento de almácigos para muchos cultivos. Al respecto, este sustrato (turba) es usado en varias especies en el análisis de calidad de semillas del centro para la investigación en granos y semillas (CIGRAS).

Por su parte, aunque en arena la semilla tendió a germinar de manera similar que con los tratamientos de turba y la mezcla arena-turba, el desarrollo de las plántulas en este sustrato fue menor, ya que se observó de manera recurrente que las mismas presentaban muy poco o nulo desarrollo de raíces y pelos absorbentes. También se presentó clorosis en las hojas cotiledonales (30%), poco crecimiento del hipocótilo y un peso seco inferior de las plántulas. Además un alto porcentaje (35% aproximado) de plantas mostraron geotropismo negativo.

Lo observado en las plántulas sembradas en arena podría deberse a las propiedades físicas de la arena utilizada en este trabajo, la cual posee un tamaño de partícula pequeño, lo que puede generar mayor compactación. Sin embargo cabe recalcar que la arena se utiliza para la germinación de otros tipos de cultivos. Baixuali y Aguilar (2002) mencionan que la retención de humedad de este sustrato depende del tamaño de partícula y que la capacidad de aireación es menor a 7% .

Contenido de humedad del sustrato

Otro factor importante para la germinación de la semilla y posterior establecimiento de un almácigo es la humedad del sustrato, ya que ésta permitirá que se inicie la imbibición de la semilla, dando paso a los subsiguientes procesos metabólicos, dando como resultado el inicio de la germinación y posterior crecimiento de la planta, siempre que los demás factores para la germinación sean favorables (Bewley y Black, 1994).

En este trabajo, fue evidente que una inadecuada humedad del sustrato puede perjudicar la germinación de la semilla, tal y como se observó al utilizar arena con 5% de humedad, con la cual no se presentó germinación, debido probablemente a que el contenido de agua fue insuficiente para que se diera la imbibición de la semilla. Algo similar, aunque en menor grado, se presentó al utilizar turba con 50% de humedad. Lo anterior concuerda con lo señalado por Cheryl *et al.* (1990); Bewley y Black (1994); Dodd y Donovan (1999) y Olivares *et al.* (1999), quienes manifiestan que existe una interacción negativa entre la

disminución del potencial osmótico y la velocidad y magnitud de la germinación en semillas de diferentes especies.

Además de la germinación, una baja humedad puede afectar el crecimiento y desarrollo de la plántula, ya que es imprescindible para que se activen diversos eventos bioquímicos entre ellos la respiración (Bewley y Black 1982 y Soltani *et al.*, 2006). La necesidad de una humedad adecuada, que permita el crecimiento de las plántulas se hizo evidente al observarse resultados superiores de longitud del hipocótilo cuando se usaron humedades medias y altas, contrastando estas longitudes con las que se observaron con humedades bajas. De manera similar, lo anterior fue observado por algunos autores en diferentes experimentos (Larson, 1980; Marsden *et al.*, 1996). El mayor crecimiento obtenido con las humedades altas, probablemente responde a que las células del hipocótilo utilizaron parte de esa agua en la elongación, mientras que en los casos de baja humedad no hubo la disponibilidad de agua (Salisbury y Ross, 1994). En el mismo sentido se reitera que una humedad adecuada depende del sustrato que se este utilizando, ya que por ejemplo para la turba, una humedad del 15% sería excesivamente baja mientras que en arena esa misma humedad es muy alta y este factor incide directamente en el crecimiento y desarrollo de las plántulas.

Sin embargo un exceso de humedad en el sustrato también puede ser perjudicial al disminuir el oxígeno necesario para que la semilla germine y pueda crecer (Herrera *et al.*, 2006; Casierra y Gómez, 2008). Ferreira *et al.* (1985), mencionan que en chile dulce (*Capsicum annuum*), un espacio poroso menor a 16% debido a un exceso de humedad, disminuye la producción, el desarrollo de la raíz y el contenido de nitrógeno y clorofila. Lo encontrado por éstos autores concuerda con lo observado por Guevara *et al.*, (1997) en semillas de café caturra, donde las mayores humedades en arena (75% y 100% de saturación) inhibieron fuertemente la germinación en semillas con pergamino.

En cuanto al estudio de la interacción entre los sustratos con las diferentes humedades, se mostró que al usar arena con baja o alta humedad,

la germinación de la semilla disminuyó, ya sea por la escasez o exceso de agua, mientras que en turba, la misma se afecta cuando la humedad es insuficiente. Debido a que la turba tiene la capacidad de retener altos porcentajes de humedad y a la vez mantener una buena aireación, los resultados de germinación fueron muy favorables cuando el contenido de humedad fue alto. Algo similar se presentó con la mezcla arena-turba, con la cual se usaron humedades intermedias entre los otros dos sustratos. Cabe señalar que cuando se habla sobre una humedad baja o alta para un sustrato es relativo, pues como se mencionó anteriormente, una humedad alta para la turba como 70% o mayor puede ser excesiva para otro tipo de sustrato, con diferentes características.

Temperaturas para germinación

La germinación de las semillas de una determinada especie está muy influenciada por las temperaturas de su centro de origen (Herrera *et al.*, 2006). Sin embargo Samson (1980) citado por Salvador *et al.* (2005), menciona que semillas de especies originarias de clima tropical presentan una repuesta más baja a la misma. La papaya por ser originaria de clima tropical podría mostrar una germinación similar dentro de un mayor ámbito de temperaturas. Sin embargo, se debe señalar que muchas especies responden mejor a temperaturas variables o alternas que a una temperatura constante (Bewley y Black, 1994). En este trabajo se obtuvieron los valores más altos de germinación y de peso seco de las plántulas con las temperaturas alternas de 20°C - 30°C y 20°C - 35°C.

Según García *et al.* (2006) y Brauch y Fisher (1988) la temperatura influye significativamente sobre la germinación, al intervenir sobre la actividad de las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla posterior a la imbibición. Las enzimas actúan entre una temperatura máxima y una mínima y presentan su mayor actividad a la temperatura óptima de germinación.

Por otra parte Hendricks y Taylorson (1976) observaron que en semillas de algunas especies, las bajas temperaturas pueden originar que las tasas metabólicas disminuyan provocando que procesos básicos para la germinación sean más lentos o no ocurran del todo. Lo anterior podría explicar lo ocurrido con la temperatura de 20°C continuos, con la que se obtuvieron los valores más bajos de germinación y de longitud del hipocótilo. Sin embargo los mayores valores se dieron con temperaturas alternas que involucraron la temperatura de 20°C lo que parece indicar que esta temperatura no presenta ningún efecto negativo sobre la germinación de la papaya cuando se aplica en alternancia con 30 o 35°C. Aunque la temperatura ambiente puede considerarse como un tipo de temperatura alterna por la fluctuación entre las temperaturas diurnas y nocturnas (20-26°C dentro del laboratorio), no produjo buenos resultados posiblemente porque no alcanzó un diferencial de temperaturas suficiente.

Soto *et al.* (2010) en un estudio realizado en semillas de *Albizia hassleri*, observaron que las temperaturas continuas de 20°C y 25°C disminuyeron la velocidad de germinación, mientras que las temperaturas de 30°C continuos y alterna de 25-35°C brindaron los mejores resultados a los 19 días. Lo anterior parece señalar que cada especie tiene requerimientos diferentes y que mientras que en esta especie se obtuvieron buenos resultados a una temperatura fija y a una alterna, la papaya podría necesitar de fluctuación en la temperatura para obtener una buena germinación.

Por otro lado, al utilizar una temperatura constante de 30°C , los valores de germinación fueron inferiores equiparándose con los que se obtuvieron a temperatura ambiente (TA), lo que evidencia el efecto positivo de la alternancia de temperaturas.

Se puede señalar que a 30 °C las plántulas germinadas mostraron mayor longitud del hipocótilo aunque no mayor peso seco, lo que podría deberse a una actividad metabólica más acelerada por estar a una temperatura relativamente mayor y de manera constante como lo sugiere Midmore (1988). Este mismo autor menciona que a altas temperaturas se disminuye el

crecimiento y desarrollo de las plantas debido a que los materiales de reserva se consumen más rápido, lo que explicaría que aunque la longitud del hipocótilo fue mayor, no ocurrió lo mismo con el peso seco de la plántula de papaya. Fernández y Jonhston (2006) manifiestan que algunas especies duplican su respiración a temperaturas superiores a 30° C, algo similar podría ocurrir en papaya.

Una alta actividad metabólica también podría explicar que las plantas germinadas a 20-35°C mostraran valores en longitud del hipocótilo ligeramente por debajo de los de 30°C y que a 20°C continuos se observaran los valores más bajos debido al efecto contrario. Además Brauch y Fisher (1988) aseguran que el crecimiento y desarrollo de una planta depende del equilibrio entre los procesos de fotosíntesis y respiración, los cuales son dependientes de la temperatura, en especial el último, por lo que el crecimiento disminuye a temperaturas superiores o inferiores al óptimo.

Envejecimiento acelerado

La buena calidad de la semilla depende de factores sanitarios, físicos, genéticos y fisiológicos. En este último factor juegan un papel de vital importancia parámetros como su capacidad germinativa y vigor (INTA, 2002).

Según ISTA (2007), el vigor de la semilla depende de varias propiedades que determinan el rendimiento y una germinación aceptable en lotes de semillas bajo diferentes condiciones ambientales. Este factor no es fácilmente medible, ya que debe asociarse con aspectos ligados al rendimiento como tasa y uniformidad de la germinación, crecimiento de la plántula, capacidad de emergencia de las semillas bajo condiciones ambientales desfavorables y por último rendimiento después del almacenaje, en particular la capacidad germinativa.

Los laboratorios de semillas certificados pueden utilizar diferentes pruebas con el fin de tratar de determinar el vigor de un lote de semillas. Entre las más utilizadas se encuentran la prueba de tetrazolio, conductividad

eléctrica, el deterioro controlado y la prueba de envejecimiento acelerado (Salinas *et al.*, 2001; ISTA , 2007).

En este trabajo se utilizó la prueba de envejecimiento acelerado para tratar de determinar el vigor de plántulas del híbrido Pococí procedentes de la EEFB y de la EELD. Durante la prueba, las semillas absorben humedad del ambiente al que están sometidas, que aunado con la alta temperatura inducen el deterioro de la semilla. Por ello, lotes con semilla muy vigorosas soportan mejor el estrés creado y se deterioran mas lentamente que lotes de semillas poco vigorosas (ISTA, 2007).

Al analizar la germinación de todo el periodo de envejecimiento y compararla entre las dos zonas de procedencia, se observó que ambas curvas presentaron características muy diferentes: mientras que la semilla de la EELD presentó una curva descendente como es de esperar en una semilla que fue sometida a períodos crecientes de deterioro, la semilla de la EEFB mostró un aumento en la germinación después de 24 horas de envejecimiento. Esta situación podría explicarse si se considera que puede haberse presentado una condición inicial de latencia en la semilla, por lo que estas primeras 24 horas en vez de ocasionar el deterioro de la semilla pueden haber servido como tratamiento para interrumpir el reposo en las mismas.

La condición de latencia en la semilla de papaya ha sido documentada en el pasado. Según Lange (1961), Paz y Vázquez (1998) citados por Bautista *et al.* (2008), Tokuhisa *et al.* (2007), Tokuhisa *et al.* (2007) y Tokuhisa *et al.* (2008), existe presencia de sustancias inhibitoras de la germinación en la sarcotesta de la semilla de papaya, además se habla de la presencia de estas sustancias en la testa y de latencia embrionaria por las mismas (Salvador *et al.*, 2005).

Esta latencia puede haber sido impuesta por factores ambientales propios de la zona de producción de la semilla, puesto que en el presente caso no se puede decir que se deba a la presencia de inhibidores, ya que se realizó un bioensayo en semillas de lechuga. El mismo consistió en extraer sustancias polares, no polares y semipolares, de la cubierta y endosperma-embrión de las

semillas, usando como solventes: acetato de etilo, hexano y éter etílico respectivamente (Anexo 1). De acuerdo con los resultados obtenidos no se detectaron sustancias inhibitoras de la germinación. Además cabe señalar que las semillas de ambas zonas son genéticamente idénticas, por lo que este no puede ser un factor de desigualdad en cuanto a la germinación.

En estudios realizados por Mendes *et al.* (2005) y Tokuhisa *et al.* (2007), se observó que la época de cosecha juega un factor importante en la germinación de la semilla de papaya, al presentarse latencia poscosecha en algunas épocas mientras que en otras este fenómeno no es visible. Lo anterior podría estar relacionado con el efecto observado en las semillas de la EEFB, el cual fue superado posterior a ser tratadas por 24 horas en envejecimiento acelerado. Además debe considerarse que la época de desarrollo de la semilla en ambas zonas presentó variaciones marcadas. Entre los aspectos más relevantes están la temperatura y los metros sobre el nivel del mar, ya que la semilla se cosechó en marzo, habiéndose desarrollado durante la época en que se presentaron temperaturas menores, especialmente en la EEFBM, en donde hubo mayor diferencia entre la temperatura máxima y mínima y una estación seca marcada a partir del mes de noviembre, situaciones bastante diferentes a las imperantes en la EELD, donde la diferencia entre la temperatura máxima y mínima fue menor, además podrían tener diferencias en cuanto a la humedad por riego.

En pruebas realizadas en semillas de papaya para la superación de la latencia, se ha usado el envejecimiento acelerado por 36, 48 y 72 horas. Sin embargo ha tenido mejores resultados el uso de sustancias como AG_3 , KNO_3 , $CaCl_2$ y el remojo en agua estéril por 120 horas (Salvador *et al.*, 2005; Tokuhisa *et al.*, 2007; Bautista *et al.* 2008).

Es importante señalar que tanto la longitud de la plántula como el peso seco de las mismas no fueron buenos indicadores del vigor de la semilla de papaya en la prueba de envejecimiento acelerado. Lo anterior se puede explicar en el hecho que a lo largo de la prueba, para medir estos factores

(longitud y peso seco), se tomaron plántulas germinadas de las semillas más vigorosas.

Contenido de humedad de la semilla y temperatura de almacenamiento

Entre los factores mas importantes a considerar para el almacenamiento de semillas, están el contenido de humedad y la temperatura de almacenamiento, la que puede variar mucho de una especie a otra (Bewley y Black, 1986).

La semilla de papaya (*C. papaya*), como se mencionó con anterioridad, clasifica como semilla ortodoxa (Amorim *et al.*, 2008), ya que se puede almacenar por un periodo largo de tiempo con disminución de su contenido de humedad, sin que esto afecte de manera importante su germinación (Bewley y Black ,1994).

Para el almacenamiento de la semilla de papaya se han investigado diferentes contenidos de humedad que pueden ir desde un 4% o menos hasta 34% o más, con diversos resultados (Ellis *et al.*, 1991; Word *et al.*, 2000; Viggiano *et a.*, 2000; Andrade *et al.*, 2007; Amorim *et al.*, 2008 y Fernandes *et al.*, 2010).

En este estudio se evaluaron tres contenidos de humedad en la semilla. Fue evidente que durante los primeros meses de almacenamiento tanto la germinación como los otros indicadores de vigor, longitud del hipocótilo y peso seco, no se vieron afectados por el contenido de humedad, pero hacia el cuarto mes de almacenamiento, éste comienza a ser un factor importante ya que las semillas almacenadas con el nivel mas alto de humedad (14%), disminuyeron en su capacidad germinativa, longitud y peso seco promedio, en comparación con los tratamientos de 8% y 11% de humedad. Según Fernandes (2010) las semillas de papaya pueden ser almacenadas a temperatura ambiente con esas mismas humedades y por un periodo de 12 meses sin deterioro.

En este mismo sentido, lo observado con la semilla alta en humedad, podría atribuirse a un deterioro debido al consumo de reservas de energía por tener un metabolismo mas activo en comparación de los otros tratamientos (Andrade *et al.*, 2007).

Otro factor importante en el almacenamiento de semillas es, como ya se indicó, la temperatura, sin embargo en este estudio no se observó una influencia marcada sobre la germinación y longitud del hipocótilo al almacenar la semilla bajo alguna de las temperaturas utilizadas para tal fin. No obstante en diversos estudios han demostrado que la temperatura de almacenamiento juega un papel indispensable para evitar que la semilla de diversas especies disminuya o pierda su viabilidad (Barboza y Herrera, 1990; Ellis *et al.*, 1991; Reed, 2005). En cuanto al peso seco si se evidenció que con el tratamiento de 5 °C se tuvo un mayor peso hacia el final de las evaluaciones, lo que podría atribuirse a que los demás tratamientos hayan sufrido mayor actividad metabólica y procesos propios del deterioro como producción de agentes oxidantes y pérdida de electrolitos (Romano *et al.*, 2002, Andrade *et al.*, 2007).

Así mismo, al observar las interacciones de procedencia y las temperaturas de almacenamiento, estas no arrojaron una combinación concluyente que pueda ser utilizada para tener los mejores resultados en germinación, longitud de hipocótilo y peso seco. Además la interacción de temperaturas de almacenamiento y contenido de humedad de la semilla permitió observar que un contenido de humedad de 14% afecta la viabilidad de la semilla de papaya sin importar la temperatura de almacenamiento.

Procedencia de la semilla

La semilla del híbrido Pococí procedente de Guápiles (EELD) y Alajuela (EEFBM), utilizada para los diferentes estudios realizados en el CIGRAS en el desarrollo de esta tesis, es genéticamente idéntica, por lo que las diferencias estadísticas encontradas con respecto a la procedencia de la semilla podrían ser atribuidas a factores ambientales de cada zona productora como temperaturas, suelos, riego y nutrición entre otros.

En este sentido en la EEFB se observó una temperatura promedio anual es de 23°C, presentando una temperatura máxima promedio de 34°C en el mes de marzo y una mínima de 18°C en el mes de diciembre (EEFBM 1990, IMN 2010). En Guápiles donde se ubica la EELD, la temperatura mínima promedio es de 24°C, la máxima de 29 °C y la media de 26°C (Mora y Bogantes, 2005).

Estas diferencias en las condiciones ambientales donde se produjeron las semillas, podrían explicar las diferencias encontradas en la prueba de temperaturas, en donde el porcentaje de germinación, la longitud del hipocótilo y el peso seco de la plántula, fue significativamente mayor en la semilla obtenida en la EELD. Se observó que a una temperatura de 20°C, la germinación de la semilla de ambas procedencias fue muy similar, mientras que al utilizar 30°C continuos y/o temperatura ambiente en el laboratorio (en donde prácticamente nunca disminuye la temperatura hasta 20°C por las cámaras de germinación y estufas) se produjo una disminución en la germinación de la semilla de la EEFBM, lo que podría estar relacionado con las condiciones ambientales durante la formación de las semillas o a algún grado de reposo por lo observado en la prueba de envejecimiento acelerado.

Así mismo se observó en la prueba de envejecimiento acelerado, en el análisis de la germinación de las semillas, que ambas presentaron porcentajes iniciales de germinación significativamente diferentes ($P < 0,05$), siendo mayor en la semilla proveniente de la EELD.

CONCLUSIONES

- El lugar de origen de la semilla tuvo efecto sobre la germinación.
- Las diferencias observadas entre la semilla de ambas procedencias, sugiere que existe un efecto de las condiciones ambientales de cada zona productora sobre la misma.
- El tipo de sustrato tuvo efecto sobre la germinación de la semilla, favoreciendo aquellos con mayor capacidad de retención de agua y porosidad.
- La germinación es un buen indicador de la pérdida del vigor en un lote de semilla del híbrido, en tanto que la longitud del hipocótilo y el peso seco no lo fueron.
- Altos contenidos de humedad en la semilla almacenada afectan de manera negativa la germinación y el crecimiento de las plántulas.

RECOMENDACIONES

- No usar sustratos en combinación con arena, en donde esta última sea el sustrato dominante.
- Realizar más pruebas con temperaturas de almacenamiento, durante un periodo más extenso para tratar de afinar las condiciones idóneas para la semilla.
- Almacenar la semilla con contenidos de humedad entre 8 y 11%.
- Realizar pruebas con contenidos de humedad de la semilla más bajos.
- Tener un buen control de la humedad del sustrato durante la germinación.
- Realizar pruebas previas si se produce semilla en nuevas zonas, ya que este factor puede influenciar la germinación.
- Realizar pruebas de almacenamiento mayores a seis meses para ver el posible deterioro de la semilla.

LITERATURA CITADA

- AMORIM P., DE OLIVEIRA V., FERREIRA R., FONTES E., LIMA T., RAMOS M. 2008. Qualidade fisiológica de semente de mamão em função da secagem e do armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*. 30(1): 40-48.
- ANDRADE M., RODRÍGUEZ H., VILLEGAS A., ALIA I., ACOSTA C., GUILLEN D. 2007. Almacenamiento de semillas de papayo con diferente grado de humedad. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Consultado el 27-10-11. Disponible en línea en: http://somech.com.mx/ponencias/ponencias_2007/Memoria%20SOMECH%202007_p%2086.pdf
- AUGSTBURGER F., BERGER J., CENSKOWSKY U., HEID P., MILZ J., STREIT C. 2000. *Naturland: Agricultura Orgánica en el trópico y el subtropico. Papaya*. Consultado el 12-05-12. Disponible en línea en: http://www.naturland.de/fileadmin/MDB/documents/Publication/Espanol/papaya_2005.pdf
- AVILA, E. 2007. Efecto de tratamientos pregerminativos en la germinación de semilla de papaya (*Carica papaya*). Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de licenciatura. Zamorano, Honduras. 20 pg.
- BAIXUALI C., AGUILAR J. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas: Aspectos prácticos y experiencias. Generalitat Valenciana. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. Serie de divulgación técnica n° 53. 110p.
- BARBOZA R., HERRERA J. 1990. El vigor de la semilla de café y su relación con la temperatura de secado, el contenido de humedad y las condiciones de almacenamiento. *Revista Agronomía costarricense* 14(1) 1-8.
- BAUTISTA F., CARRILLO G., VILLEGAS A. 2008. Recuperación de la alta capacidad de germinación de la semilla de papaya mediante la tecnología de preacondicionamiento y biorreguladores. *Agrociencia*. 42(7). 817-826
- BEWLEY J., BLACK M. 1982. *Physiology and biochemistry of seeds: in relation to germination*. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. New York. 306p.
- BEWLEY J., BLACK M. 1986. *Seeds physiology of development and germination*. Second printing, Plenum Press, New York. 421p
- BEWLEY D., BLACK M. 1994. *Seeds physiology of development and germination*. Plenum Publishing corporation. New York. 445p.

- BHATTACHARYA J., KHUSPE S. 2001. In Vitro and In Vivo germination of papaya (*Carica papaya* L) seeds. ScienceDirect- Scientia Horticulturae. 19(1-2)39-49.
- BOGANTES A. 2010. Desarrollo y situación actual de la papaya. Simposio Internacional de papaya 2010. Aspectos relevantes del cultivo, producción y exportación. Costa Rica.
- BRAUCH Z., FISHER M. 1988. Establecimiento y renovación de pasturas: Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura. VI reunión del comité asesor de la RIEPT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. México. 426p.
- CASIERRA F., GÓMEZ N. 2008. Crecimiento foliar y radical en plantas de fique (*Furcraea castilla* y *F. macrophylla*) bajo estrés por encharcamiento. Agronomía Colombiana. 26(3): 381-388.
- CASTRO L., MORALES L., ARANGUREN M. 2000. Fundamentos teórico – prácticos sobre el cultivo y cosecha de la papaya (*Carica papaya* L). Ministerio de Educación Superior. Facultad de Agronomía Matanzas. Cuba. Consultado el 10-8-10. Disponible en línea en: <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/libros/index/assoc/HASH012f.dir/doc.pdf>
- CHERYL R., HAMPSON G., SIMPSON M. 1990. Effects of temperature, salt, and osmotic potential on early growth of wheat (*Triticum Aestivum*). I. Germination. Canadian Journal of Botany. 68(3): 524-528.
- CHIN, H., ROBERTS, E. 1980. Recalcitrant Crop Seeds. Tropical Press. Malaysia. 160p.
- DODD G., DONOVAN L. 1999. Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. American Journal of Botany. Botanical Society of America, Inc. 86: 1146-1153.
- ELLIS, R; HONG, T; ROBERTS, E. 1991. Effect of storage temperature and moisture on the germination of papaya seeds. Rev. Seed Science. England. Research. Cambridge University. 1: 69-72
- FAO (Food And Agriculture Organization). 2013. FAOSTAT. Consultado el 24-06-2013. Disponible en línea en: <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>
- FARRANT J., PAMMENTER N., BERJAK P. (1993) Seed development in relation to desiccation tolerance: a comparison between desiccation-sensitive (recalcitrant) seeds of *Avicennia marina* and desiccation-tolerant types. Seed Science Research 3: 1-13.
- FDA (Fundación de Desarrollo Agropecuario). 1998. Cultivo de lechosa. Guía técnica N° 14. Segunda Edición. Serie cultivos. Santo Domingo, República Dominicana. 88p.

- FERNANDES D., TOMPSON W., LUIZ F., MANTOVANI E., DOS SANTOS L. 2010. Physiological and enzymatic alterations in papaya seed during storage. *Revista Brasileira de Sementes*. 32(1): 148-157.
- FERNÁNDEZ G., JOHNSTON M. 2006. Crecimiento y Temperatura. *Fisiología Vegetal*. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. Consultado el 10-10-2011. Disponible en línea en: http://www.biouls.cl/librofv/web/pdf_word/Capitulo%2020.pdf
- FERREIRA R., SELLÉS G., TOSSO J. 1985. Efecto de diferentes alturas de agua sobre el cultivo de pimiento. I. Influencia de los excesos de humedad. *Agricultura Técnica, Chile*. 45 (1) 47-51.
- GARCÍA F., ROSSELLÓ J., SANTAMARINA M. 2006. Introducción al funcionamiento de las plantas. Edit. Universidad Politécnica de Valencia. España. 181p.
- GENE TECHNOLOGY REGULADOR (GTR). 2003. The biology and ecology of Papaya (pawpaw), *Carica papaya* L., in Australia. Consultado el 22-02-2012. Disponible en línea en: [http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/papaya-3/\\$FILE/papaya.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/papaya-3/$FILE/papaya.pdf)
- GUEVARA E., HERRERA J., ALIZAGA R. 1997. Efecto del sustrato y su condición hídrica sobre la germinación de semillas de café caturra. *Rev. Agronomía Costarricense* 21(2): 207-216.
- GUTIERREZ, C; HERRERA, J; ALIZAGA, R. 2006. Optimización de las condiciones de germinación de cuatro especies de pastos tropicales. II *Brachiaria humidicola* y *Panicum maximum*. *Rev. Tecnología en Marcha*. 19 (3): 27-37.
- HARRINGTON, J. 1972. Seed storage and longevity. *In*: KOZLOWSKI, T. ed. *Seed Biology*. Academic Press, N.Y. 3: 145-245.
- HENDRICKS S., TAYLORSON R. 1976. Variation in germination and amino acid leakage of seeds with temperature related to membrane phase change. *Plant Physiology*. 58(1): 7-11.
- HERRERA J., ALIZAGA R., GUEVARA E. JIMENEZ V. 2006. Germinación y crecimiento de la planta: Fisiología de la producción de los cultivos. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 4: 108p.
- HERRERA, J; ALIZAGA, R. 1995. Efecto de la temperatura sobre la germinación de la semilla de china (*Impatiens balsamina*). *Revista Agronomía Costarricense*. 20(2). 173-180.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2002. Calidad de semilla, lo que implica y como evaluarla. Costa Rica. Visitado el 3-10-

2011. Disponible en línea en:
http://www.inta.gov.ar/sanluis/info/documentos/Semillas/Cal_semillas.htm

- ISKANDER R. 2002. Manejo de sustratos para la producción de plantas ornamentales en maceta. Department of horticultural Sciences Texas 21(2): 223-225.
- ISTA (International Seed Testing Association). 2004. Seed science and technology Rules. pag 333.
- ISTA (International Seed Testing Association). 2007. International rules for seed testing. Published by ISTA. Bassersdorf, Switzerland.
- LANGE A. 1961. Effect of the sarcotesta on germination of *Carica papaya*. Botanical Gazette. 122(4): 305-310.
- LARSON M. 1980 . Effects of atmospheric humidity and zonal soil water stress on initial growth of planted northern red oak seedlings. Canadian Journal of Forest Research. 10(4): 549-554.
- LEÓN J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Segunda edición. IICA. San José, Costa Rica. 432p.
- LÓPEZ M. 1992. Determinación del mejor estado para cosecha de la papaya (*Carica papaya* L) para la maduración con Etefon (ácido 2- cloro etil-fosfónico). Escuela de ciencias agrarias. Universidad Nacional. Costa Rica. 61p.
- MAGNITSKIY S., PLAZA G. 2007. Physiology of recalcitrant seeds of tropical trees. Agronomía Colombiana Universidad Nacional de Colombia. 25(1): 96-103.
- MALER T. 2007. Papaya seed germination and seedling emergence are not influenced by solution pH. Acta de Horticulturae N° 740. Proceedings of the first international symposium on papaya. 1(1): 47-73.
- MARSDEN B., LIEFFERS J., ZWIAZEK J. 1996. The effect of humidity on photosynthesis and water relations of white spruce seedlings during the early establishment phase. Canadian Journal of Forest Research. 26(6): 1015-1021.
- MEDINA J., MOREIRA J., GALES E., VIERA L. RENESTO, O. FIGUEREIDO, N. LEITE, W. 1980. Mameo: Da cultura ao processamento e comercialização. Secretaria de agricultura e abastecimento. Governo do estado de São Paulo. 244p.
- MENDES E., FERREIRA R., GONÇALVES J., VIANA A., PEREIRA M. 2005. Época de colheita e período de repouso dos frutos de mamão (*Carica papaya* L.) cv Golden na qualidade fisiológica das sementes. Ciência Rural, Santa Maria, 35(3): 537-543.

- MIDMORE D. 1988. Fisiología de las plantas de papa bajo condiciones de clima cálido. Guía de investigación 24. Centro Internacional de la papa. Lima, Perú. Consultado el 08-10-2011. Disponible en línea en: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABE369.pdf
- MONGE A. 2011. TIG. Tratamientos de temperatura y humedad para incrementar el porcentaje de germinación en semilla de teca (*Tectona Grandis* Linn. F.). Universidad de Costa Rica.62p.
- MORA, E. BOGANTES, A. 2004. Evaluación de híbridos de papaya (*Carica papaya* L.) en Pococí, Limón, Costa Rica. Agronomía Mesoamericana.15 (1): 39-44.
- MORA, E. 1998. Potencial de producción de embriones *in vitro* a partir de anteras, óvulos y ovarios de papaya (*Carica papaya* L.). Universidad de Costa Rica. Costa Rica.73 p.
- MORA E., BOGANTES A. 2005. Estudio de una mutación en papaya (*Carica papaya* L.) que produce letalidad de plantas femeninas. Agronomía Mesoamericana. 16(1): 89-94.
- OLIVARES A., JOHNSTON M., RAMÍREZ R.1999. Umbrales de temperatura y humedad en la germinación de tres especies de la pradera anual de clima mediterráneo. Agro-Ciencia. 15(1):19-26.
- ORGANISMO INTERNACIONAL REGIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA (OIRSA). 2002. Manual técnico Buenas prácticas agrícolas en papaya. Consultado el 08-10-2011. Disponible en línea en: <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/BUENASPRAC TICASPAPAYA.pdf>
- PERALTA, C. 2006. Revista Girasol. Mayo-agosto. San José, Costa Rica.9 (31):1- 5.
- PIMA (Programa Integral de Mercadeo Agropecuario). 2004. Tendencias del consumo de frutas, hortalizas y pescado en las familias de Costa Rica. PIMA. CENADA. Costa Rica. Consultado el 05-05-09. Disponible en línea en: http://www.pima.go.cr/Controls.aspx?control=ShowBiblioDoc_ascx&entidad=PIMA
- QUESADA G., MÉNDEZ C. 2005. Análisis físico químico de materias primas y sustratos de uso potencial en almácigos de hortalizas. Rev. Agricultura Tropical OIRSA (Organismo Internacional regional de Sanidad Agropecuaria). 2002. Manual técnico buenas prácticas agrícolas en papaya. El Salvador. Consultado el 12-05-11. Disponible en línea en: <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/BUENASPRAC TICASPAPAYA.pdf>
- REED S. 2005. Effect of Storage Temperature and Seed Moisture on Germination of Stored Flowering Dogwood Seed. Journal of Environmental Horticulture. 23(1):29-32 .

- ROMANO A., ARGUELLO J., PÉREZ M. 2002. Influencia del envejecimiento acelerado en semillas de poroto (*Phaseolus vulgaris* L) de los cultivares Perla INTA y Camba INTA. Información Tecnológica. 13(1):91-95.
- SALINAS A., YOLDJIAN A., CRAVIOTTO R. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de la semilla de soja. Pesq. agropec. bras., Brasília, 36(2): 371-379.
- SALISBURY F., ROSS C. 1994. Plant Physiology. 4^{ta} edición. Belmont, California. 682p.
- SALVADOR M., ADRIANO M., BECERRA C. 2005. Efecto del remojo en agua sobre la germinación de semillas de papaya Var. Maradol. Rev. Chapingo Serie Horticultura. Universidad Autónoma de Chiapas. México. 11(1): 27-30.
- SANCHEZ J., CALVO E., ORTA R., MUÑOZ B. 1997. Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación para semillas de pepino (*Cucumis sativus* L). Acta Botánica Mexicana .38:13-20.
- SANJINÉS A., ØLLGAARD, B., BALSLEV, H. 2006. Frutos comestibles. Revista Botánica Económica de los Andes Centrales. Consultado el 25-02-2012. Disponible en línea en: <http://www.beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdf/Capitulo%2021.pdf>
- SOLOMAO, A; MUNDIN, R. 2000. Germination of papaya seed in response to desiccation, exposure to subzero temperatures, and gibberelic acid. American Society for Horticultural Science. HortScience. Vol 35, n° 5.
- SOLTANI A., GHOLIPOOR M., ZEINALI E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany, 55(1): 195-200.
- SOTO J., VALIENGO S., CESAR R. 2010. Germinación de semillas de *Albizia hassleri* a diferentes temperaturas, en condiciones de laboratorio. Universidad Estadual Paulista, UNESP/FCAV, Jaboticabal, San Pablo, Brasil. 31(1): 39-44.
- STOREY, W. 1979. Evolution of Crop Plants: Papaya *Carica papaya* (Caricaceae). Edited by SIMMONDS N. Edinburgh School of Agriculture. Longman. 21-24 p.
- TOKUHISA, D; CUNHAFERNANDES, D; MANTOVANI, E; DOS SANTOS, L; DAVID, S. 2007. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. Revista Brasileira de sementes. 29(1): 131-139.
- TOKUHISA D., FERNÁNDEZ D., MANTOVANI E., HILST P., DEMUNER A. 2007. Compostos fenólicos inibidores da germinação em sementes de

mamão (*Carica papaya* L). Revista Brasileira de Sementes. 29(3): 180-188.

TOKUHISA D., FERNÁNDEZ D., MANTOVANI E., DOS SANTOS L., DAVID S. 2008. Época de colheita dos frutos e ocorrência de dormência em sementes de mamão (*Carica papaya* L.). Revista Brasileira de Sementes. 30(2): 75-80.

VIGGIANO J., DUARTE H., FERREIRA R., FONTES E., VIANA A. 2000. Conservação de sementes de mamão (*carica papaya* l.) em função do grau de umidade, tipo de embalagem e ambiente de armazenamento. Revista Brasileira de Sementes, 22(2): 279-287.

WENSLAFF T., OSGOO R. 1999. Production of transgenic hybrid papaya seed in Hawaii. Tropical Fruit Report 1. Hawaii Agriculture Research Center. 4p.

WOOD C., PRITCHARD H., AMRITPHALE D. 2000. Desiccation-induced dormancy in papaya (*Carica papaya* L.) seeds is alleviated by heat shock. Seed Science Research. Cambridge University Press. Consultado el 10-9-09. Disponible en línea en:
<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=694120>

WORD C., PRITCHARD H., AMRITPHALE D. 2000. Desiccation-induced dormancy in papaya (*Carica papaya* L.) seeds is alleviated by heat shock. Seed Science Research. 10(2):135-145.

ANEXOS

Anexo 1: Bioensayo

Este bioensayo consistió en separar la semilla de papaya en testa y embrión, para luego añadirles sustancias disolventes de compuestos polares, semipolares y no polares, siendo estas acetato de etilo, éter etílico y hexano respectivamente.

Una vez que se tienen las disoluciones, se incorporan en un plato petri con semillas de lechuga, las cuales son muy susceptibles a inhibidores de germinación. Posteriormente se analiza los datos de germinación, los cuales podrían sugerir o no la presencia de alguna sustancia inhibidora en alguna de las partes de la semilla.

Metodología

- Se tomó semilla proveniente de la EEFBM y de la EED, por separado se separó en testa y endospermo más embrión.
- Ambas estructuras de las semillas se maceraron por separado
- Se colocó aproximadamente 2g de de testa o embrión en erlenmeyers de vidrio.
- A cada erlenmeyer se le agregó alguna de las siguientes sustancias: Hexano, Éter Etílico o Acetato de Etilo.
- Los erlenmeyers se taparon y se colocaron en una caja en el laboratorio de Micotoxinas del CIGRAS.
- Una semana después se filtraron las sustancias de cada envase
- Se colocaron 50 semillas de lechuga en platos petri con papel filtro (Whatman 40) y se le agregó alguna de las sustancias hasta humedecer el papel.
- Se realizaron 2 repeticiones por tratamiento.
- Se evaluó el porcentaje de germinación dos días después de la siembra
- Como testigos se utilizaron semillas de lechuga en las sustancias disolventes puras.

(Ensayo Tomado de De la Vega 1985)

Resultados

En la figura 1 se observa, que con los tratamientos testigo las semillas de lechuga se obtuvieron porcentajes de germinación cercanos o superiores a 90%, el mas bajo se presentó con el éter etílico (87%) y el más alto con el Acetil E.(97%). Además la mayor cantidad de platas anormales se vieron con el Éter Etílico (13%), seguido del hexano (8%).

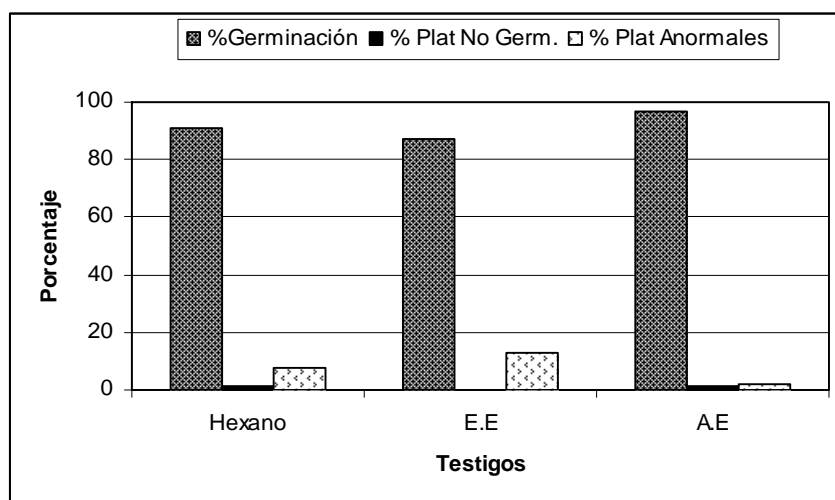


Figura 1. Germinación de lechuga en sustancias puras.

Con las extracciones (Figura 2) se observó que los porcentajes de germinación estuvieron muy cercanos a los que se dieron con los testigos. La menor germinación se presentó en semilla proveniente de la EED y de la EEFBM, en donde se utilizó la testa de la semilla con Acetil E como disolvente de sustancias semipolares con un 89% y 90% respectivamente, en los mismos tratamientos fue en donde se observaron mayores porcentajes de plantas anormales (10% y 8% en el mismo orden).

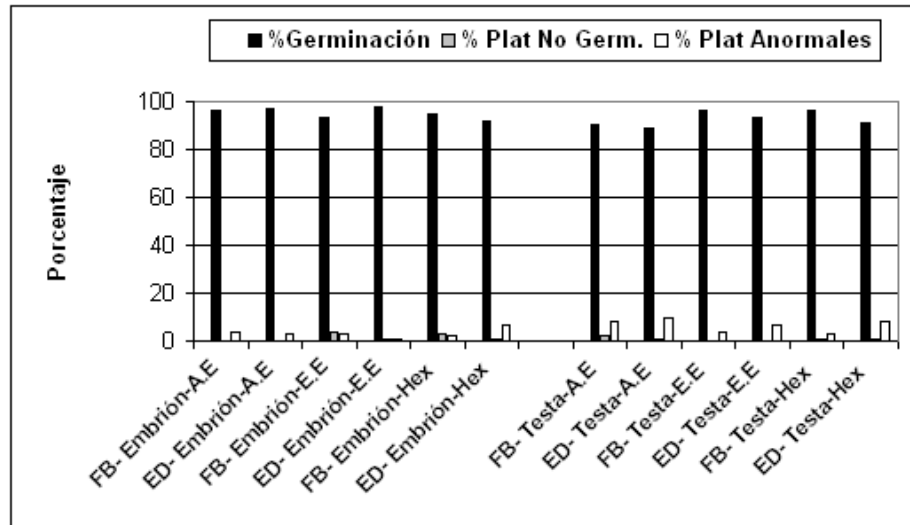


Figura 2. Tratamientos realizados en Bioensayo para tratar de determinar la existencia o no de inhibidores de la germinación en semillas de papaya.

De los resultados obtenidos se puede deducir que no hay sustancias inhibidoras de la germinación en la cubierta seminal o en el embrión de la semilla de papaya, independientemente de la procedencia de la semilla (EED o la EEFBM).