

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



**EVALUACIÓN DE EXTRACTOS ORGÁNICOS SOBRE LA  
GERMINACIÓN DE SEMILLA DE PAPAYA (*Carica papaya* L.)  
VARIEDAD GOLDEN (HAWAIANA)**

Por:

**JUAN MANUEL GARCÍA GARCÍA**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Febrero, 2009**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

**EVALUACIÓN DE EXTRACTOS ORGÁNICOS SOBRE LA  
GERMINACIÓN DE SEMILLA DE PAPAYA (*Carica papaya* L.)  
VARIEDAD GOLDEN (HAWAIANA).**

**Por:**

**JUAN MANUEL GARCÍA GARCÍA**

**TESIS**

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador, como requisito parcial para obtener el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobado por:

**Asesor principal:**



**Ing. René A. de la Cruz Rodríguez**

**Sinodal:**



**Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo**

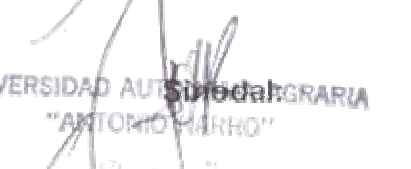
**Sinodal:**



**Ing. Julio Cesar Garcia Dean**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"**

**Sinodal:**



**Ing. Modesto Colin Rico**

**Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo**

**Coordinador de la División de Agronomía**

División de Agronomía

Coordinación  
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Febrero, 2009

## **DEDICATORIAS**

### **A DIOS:**

Te doy gracias a ti Jehová principalmente por darme inmerecidamente la vida y poder llegar a conocerte. He terminado mi profesión con tu ayuda y estoy en deuda contigo, porque fuiste aquel Padre amoroso que estuviste pendiente de mis necesidades y que nunca me faltó nada. Este conocimiento seglar que me has permitido terminar me hace pensar en tus detalladas obras creativas y que a causa de tu voluntad existen (*Revelación 4:11 Traducción del Nuevo Mundo de las S.E*). Sin lugar a dudas, tu cuidado y protección me motiva a seguir sirviéndote. Gracias Jehová por todo.

### **A MIS PADRES:**

#### **Sr. Juan García Salvador**

A pesar de su ausencia, sé que su deseo era haberme apoyado hasta obtener una carrera, aun así le agradezco su cariño y amor que me dio de niño. Si Dios me permite verlo de nuevo algún día, podré contarle las experiencias que pasé, al estar tan lejos de casa.

#### **Sra. Juana García García**

Gracias mamá por apoyarme al hacer de una carrera mi formación y que me diste la confianza de poder lograrlo. Porque fuiste para mí, Padre y Madre que me distes lo necesario a pesar de nuestros altibajos. Por eso te quiero mucho por no abandonarme e inculcarme principios y consejos que me serían de provecho. Gracia por todo, mamá. Solo queda de mí corresponderte por tu cariño y amor, que sin duda lo haré. Que Dios te siga bendiciendo y cuidando (Números 6:24).

#### **A MIS HERMANAS:**

**Márlin, Beatríz, Silvia, Magali**, a todas ustedes las aprecio mucho, por su cariño y hospitalidad que me han brindado y que no han dejado de preocuparse por mamá y apoyarla. También porque observo que se esmeran por sus hijos y su hogar, que confío que lo seguirán haciendo. A ti **Magali** te agradezco por ser una compañera y amiga de nuestra mamá, tenlo por seguro que Dios te recompensará.

#### **A MIS CUÑADOS:**

**Marcelino y Maximiliano**. Agradezco su amistad que me han brindado hasta ahora y que espero seguir teniéndola. A **Juan Carlos** uno de los seres queridos que logré tratar en mi infancia, lo seguiré apreciando aunque no esté con nosotros.

#### **A MIS SOBRINOS:**

**Marcelino y Dellanira; Alexi, Yoni y Maximiliano; y Encarnación**. Ustedes son un motivo de alegría verlos crecer y convivir como familia, gracias por su aprecio que me han mostrado, sigan adelante.

#### **A MIS TÍOS:**

**Álvaro y Alicia, y a mi prima Flor de Líz; Humberto y Nelly**. A ustedes les doy gracias por compartir su amistad y por su apoyo brindados antes de estudiar mi carrera. Gracias por todo.

## **A LAS FAMILIA:**

**Acosta Priego, García Sánchez y García Ortiz** que estuvieron al pendiente de mi madre durante mi ausencia; en particular, les agradezco su apoyo incondicional. Dios bendecirá sus atenciones que nos han dado.

Agradezco mucho **a mis amigos y hermanos en la fe** -Hno Francisco López, Darío Guerra, Mario Pérez y sus familias, al igual que el Hno Gustavo Narro, la Hna Raquel Aguilar y la Hna Alicia Córdova - que me dieron ánimo y fortaleza para seguir adelante, aquellos que me abrieron la entrada de sus casas y que convivimos buenos momentos agradables, gracias por toda su bondad mostrada.

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por darme la oportunidad de estudiar una carrera profesional y formar parte de sus egresados.

El **Ing. René A. de la Cruz Rodríguez**, por su apoyo incondicional al asesorarme en este trabajo de investigación obteniendo buenos resultados, le agradezco sus consejos profesionales que ampliaron mi conocimiento. Le estoy agradecido por la paciencia que me tuvo y por su amistad brindada, y que los próximos trabajos a realizar, tengan buenos resultados.

Al **Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo**, por su apoyo brindado para que este trabajo quedara terminado, agradezco sus consejos y recomendaciones que me proporcionó en este trabajo. Gracias por su amistad.

Al **Ing. Modesto colín rico**, al proporcionarme su amistad y consejos durante clases como en la elaboración de tesis.

Al **Ing. Julio Cesar García Dean**, agradezco su amistad, también por apoyarme siempre en este trabajo que fue parte de investigación en colaboración con el Ing. René, te estoy agradecido por el tiempo que me brindaste y las ideas que me distes para estructurar este trabajo.

A la **Ing. Martina de la Cruz Casillas**, les doy gracias por ayudarme en la preparación de los materiales en laboratorio, para agilizar este trabajo. Gracias por su amistad brindada.

A la **TLQ. Sandra García Valdés**, por abrir un espacio en el laboratorio de semillas para poder realizar mi trabajo de tesis, también por proporcionarme el material necesario para este propósito, gracias por todo.

A la **Lic. Sandra López Betancourt**, por su disposición incondicional de darle el retoque final a este trabajo y consejos computacional que me proporcionó, gracias por su amistad.

**A todos mis maestros y compañeros de clase**, agradezco su amistad, su aprecio y el compañerismo entregado.

## ÍNDICE

Contenido	Página
<b>DEDICATORIAS</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>iv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>3</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
<b>Descripción general del papayo</b>	<b>4</b>
Taxonomía	4
Descripción botánica	4
Fruto	4
Semilla	5
Requerimientos para la germinación	5
Tiempo de germinación en semilla de papaya	5
<b>Conceptos de semilla</b>	<b>5</b>
<b>Germinación</b>	<b>6</b>
Tipos de germinación	8
<b>Latencia</b>	<b>8</b>
Tipos de latencia	9
Latencia exógena	9
Latencia endógena	9
Latencia combinada	9
Métodos para romper latencia	10
Estratificación caliente	10
Escarificación	10
Lixiviación	11
Combinación de tratamientos	11
Hormonas y otros estimulantes químicos	11
<b>Giberelina</b>	<b>11</b>
Biosíntesis de las giberelinas	12
La giberelina en el proceso de germinación	12
¿Cómo actúan las giberelinas?	13
<b>Auxina</b>	<b>16</b>
<b>Citocinina</b>	<b>17</b>
<b>Etileno</b>	<b>17</b>
<b>Abscisina</b>	<b>18</b>
<b>Lombricultura</b>	<b>19</b>
<b>Lombricomposta</b>	<b>19</b>
<b>Humus de lombriz</b>	<b>20</b>
Características más importantes del humus de lombriz	20
<b>Los biodigestados líquidos</b>	<b>21</b>
<b>Los ácido húmicos y fúlvicos</b>	<b>22</b>



<b>Fitohormonas de sustancias húmicas</b>	<b>23</b>
<b>Trabajos realizados en semilla de papaya</b>	<b>23</b>
<b>Pre-germinado</b>	<b>24</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>27</b>
Ubicación geográfica del sitio experimental	27
Material genético	27
Características del fruto	27
Método de extracción de la semilla	27
Acondicionamiento de la semilla	28
Tratamientos para la germinación	29
<b>Descripción de los tratamientos</b>	<b>30</b>
Ácido giberelico	30
Biodigestado liquido mixto (BLM)	30
Sedimento de composta (SC)	30
Sedimento mixto(SM)	30
Lombricomposta en polvo (LP)	30
Humus de estiércol	31
<b>Aplicación de productos</b>	<b>31</b>
<b>Establecimiento del experimento</b>	<b>31</b>
<b>Variables evaluadas</b>	<b>32</b>
Germinación	32
Longitud Media de Hipocótilo	32
Longitud Media de Raíz	32
Peso Fresco de Plántula	32
Peso Seco de Plántula	33
<b>Diseño Experimental</b>	<b>33</b>
<b>Resultados</b>	<b>34</b>
Plántulas Normales	35
Plántulas Anormales	36
Semillas sin germinar	37
Longitud Media de Hipocótilo	38
Longitud Media de Raíz	39
Peso Fresco de Plántula	40
Peso Seco por Plántula	41
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>42</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>43</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>43</b>
<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>44</b>
<b>CITAS DE INTERNET</b>	<b>45</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
<b>3.1</b> Tratamientos utilizados para promover la germinación en semilla de papaya (Hawaiana) variedad Golden	<b>29</b>
<b>4.1</b> Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para cada una de las variables	<b>34</b>
<b>4.2</b> Comparación de medias de cada una de las variables evaluadas	<b>34</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
4.1 Porcentaje de plántulas normales en semilla de papaya	<b>35</b>
4.2 Porcentaje de plántulas anormales en semilla de papaya	<b>36</b>
4.3 Porcentaje de semillas sin germinar en semilla de papaya	<b>37</b>
4.4 Longitud Media de Hipocótilo en semilla de papaya	<b>38</b>
4.5 Longitud Media de Raíz en semilla de papaya	<b>39</b>
4.6 Peso Fresco por Plántula de papaya en grs.	<b>40</b>
4.7 Peso Seco por Plántula de papaya en grs.	<b>41</b>

## INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya L.*) es un cultivo que se explota extensamente en todos los trópicos y subtrópicos por su alta rentabilidad, ocupa aproximadamente 150 jornales por hectáreas al año y por ser un fruto rico en vitaminas A, C y en minerales como hierro y calcio. Además de ella se extrae la papaína; enzima proteolítica muy utilizada en el mundo por la industria cervecera; como ablandador de carne; vermícida y otros usos.

Existen diversas opiniones referentes al centro de origen de esta planta, sin embargo la mayoría de los investigadores coinciden en señalar a Centroamérica como el lugar donde se originó esta especie. Los investigadores señalan que “vavilov” es más preciso e indica al llamado centro sur mexicano y centroamericano, que comprende el sur de México, Guatemala, Honduras y Costa Rica como centro de origen (Rubén, 1993).

Su popularidad se debe en parte al sabor suave y agradable del fruto, pero también a su hábito de empezar a producir muy temprano y a la producción de fruto durante todo el año.

Los principales países productores son: Brasil, México, Nigeria, India e Indonesia, ocupando México el segundo lugar a nivel mundial de producción en el año 2003 con 955,694 TM. En superficie cosechada ocupa el cuarto lugar con 26,327 has y es el primer lugar como país exportador de fruta con 74,814 TM. Los principales estados productores son: Michoacán, Oaxaca, Jalisco, Nayarit, Veracruz, Yucatán y Chiapas, aunque se siembra en 22 de los 31 estados de la república.

La principal fuente de propagación del cultivo es por vía sexual, por lo que, es de gran importancia contar con semilla de buena calidad, la producción comercial de papayas se parte de establecer viveros ó almácigos para posteriormente realizar el trasplante en campo, sin embargo, al sembrar las semillas directamente en bolsas, charolas u otro contenedor, se presentan problemas como: germinación muy lenta, pudiendo demorar entre 15 a 21 días en época de calor y de 30 a 40 días en épocas frías, la germinación no es uniforme lo que provoca un desarrollo desigual en el vivero o almácigo ya que al iniciar la germinación las plántulas se demoran en brotar entre 4 y 7 días; muchas a pesar de estar vivas se mantienen en estado latente.

Para reducir parte de los problemas presentes en la semilla de papaya, la gran mayoría de los productores manejan el pre-germinado de la semilla, sin embargo, en cuestión de semillas existe poca información, ya que hay factores que limitan la producción principalmente relacionada a la poscosecha relacionada con la selección y colecta del fruto, extracción, acondicionamiento y almacenamiento de semilla; además de esto, se le agrega el tipo de floración con diferente proporción de hembras, machos y hermafroditas lo que dificulta la producción y comercialización de semillas entre los productores de este cultivo.

Los productos orgánicos han tenido resultado en la estimulación de la germinación de algunas semillas cultivadas, por tener sustancias hormonales en concentraciones bajas que rompen la latencia de semillas, originando la germinación en condiciones favorables.

Este trabajo de investigación se enfoca a los resultados que se pueden obtener mediante el uso de productos orgánicos en la estimulación de la germinación en semilla de papaya, ya que la semilla presenta un bajo porcentaje de germinación y se busca lograr aumentar la germinación mediante los tratamientos. Para este propósito se plantean los siguientes objetivos.

**Palabras claves:** Extractos orgánicos, Germinación, Papaya, Semilla.

## **Objetivo general**

- Obtener un producto orgánico-hormonal que estimule el porcentaje de germinación en semilla de papaya y que sea base de partida en su posterior aplicación e investigación.

## **Objetivos específicos**

- Evaluar los productos orgánicos en la estimulación de la geminación en *Carica papaya L.* y determinar el mejor.
- Observar el efecto de los productos orgánicos en la estimulación de la longitud de plúmula y radícula comparados con el testigo.

## **Hipótesis**

- Al menos uno de los productos orgánicos se comportará similar o mejor en la germinación que el testigo químico.
- Por lo menos un tratamiento orgánico será mejor que el testigo químico en cuanto a longitud de plúmula y radícula.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Descripción general del papayo

#### Taxonomía

La papaya pertenece a la familia *Caricaceae*, que comprende 4 géneros: *Carica*, *Jacaratia*, *Jarilla* y *Cylicomorfa*; los cuales tres son originario de América, excepto el género *Cylicomorfa* el cual es originario de África. El género *Carica* comprende alrededor de 40 especies, de las cuales la única con valor comercial es *C. papaya* (Sánchez, 1988).

#### Descripción botánica

Ochse *et al.* (1980), mencionan que *Carica papaya L.* es una hierba arborescente de crecimiento rápido, de vida corta, de tallo sencillo o algunas veces ramificado causados por daños, de 2-10 metros de altura, con tronco recto generalmente cilíndrico, suave esponjoso-fibroso suelto por dentro, jugoso, hueco, de color gris o café grisáceo, de 10-30 cm. de diámetro y endurecido por la presencia de cicatrices grandes y prominentes causadas por la caída de las hojas e inflorescencia.

#### Fruto

Ochse *et al.* (1980), la describen como una baya ovoide-oblonga, casi cilíndrica, grande, carnosas, jugosa; ranurada longitudinalmente en su parte exterior, de color verde amarillento, amarillo o anaranjado amarillo cuando madura; de color anaranjado o rojizo por dentro con numerosas semillas.

## **Semilla**

La semilla es de color negro; contiene un embrión pequeño, aplanado lateralmente y rodeado por el endospermo. Así como una cubierta formado por una endotesta dura y muricatada y de una sarcotesta traslúcida que contiene un fluido delgado mucilaginoso (Ferweda, 1987).

## **Requerimientos para la germinación**

Mandujano (1993) habla de un requerimiento esencial para la germinación en papaya y estos son: Temperatura, agua y oxígeno. Señala que el rango de temperatura ambiente en el que ocurre la germinación es de 23-44 °C, destacando una temperatura de 35 °C como la ideal. En cuanto a la humedad menciona que la semilla la necesita constantemente sin exceso. Con relación al oxígeno, en un vivero de papaya recomienda usar suelo de textura ligera como la arena, o mezclar la arena con humus o estiércol descompuesto para que el suministro de oxígeno sea el adecuado.

## **Tiempo de germinación en semilla de papaya**

Mandujano (1993) confirma que la nacencia ocurre entre los 15 y 20 días después de la siembra.

## **Conceptos de semilla**

Besnier (1989) define a la semilla como unidades de diseminación y reproducción sexual de las plantas superiores, procedente del desarrollo de los óvulos de sus flores.

Camacho (1994) amplía este conocimiento al decir que la semilla es un medio de reproducción sexual de las espermatofitas, gimnospermas y angiospermas. También la define botánicamente como un óvulo fecundado independiente de la planta madre, que ha madurado hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica para originar un nuevo vegetal. El mismo autor menciona que una semilla usualmente consta de un embrión, tejidos nutritivos y cubiertas. Sigue mencionando que la forma, el tamaño, la textura, la consistencia y el color de estas partes pueden variar, según las especies, variedades y aun entre lotes de semillas de una misma especie y variedad.

### **Germinación**

Moreno (1996), menciona que la germinación es la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables.

Camacho (1994), considera que para que la germinación se realice, se necesita tres cosas: 1) que la semilla sea viable, un embrión vivo capaz de crecer; 2) que se tenga la temperatura, aereación y humedad adecuada para el proceso y; 3) que se eliminen los bloqueos fisiológicos presentes en las semillas que impiden la germinación.

Besnier (1989) agrega que la germinación comienza cuando en la semilla aletargada o en reposo se activa la maquinaria bioquímica conservada y se desencadenan los procesos metabólicos y que la terminación de la germinación coincide con la iniciación de la actividad fotosintética, lo que altera totalmente el metabolismo de la plántula nacida de la semilla.



La germinación es un proceso que comprende una secuencia compleja de cambios bioquímicos, fisiológicos y morfológicos, los cuales se pueden reconocer en ciertos estadíos. La mayoría de los investigadores reconocen las siguientes etapas en el período germinativo.

a) Primer estadío. Que consiste en la absorción o imbibición de agua por la semilla seca; este es un proceso en gran parte físico y ocurre aún en semillas no viables. Se caracteriza por un aumento en el volumen y peso de las semillas.

b) Segundo estadío. Comprende el comienzo de la actividad celular y la iniciación de los procesos enzimáticos como respuesta a la acción del medio sobre el DNA del núcleo. En la iniciación de la germinación, las *giberelinas*, regulador del crecimiento de los vegetales, juegan un papel de gran importancia. Después de la imbibición en la semilla de cebada, las *giberelinas* aparecen en el embrión; de allí son trasladadas a la capa de aleurona que a su vez es estimulada a producir una serie de enzimas hidrolíticas, incluyendo la  $\alpha$ -amilasa para la digestión del almidón, la proteasa para la digestión de proteínas y la nucleasa para la digestión de ácidos nucleicos. Juntamente, con la iniciación de la actividad enzimática se incrementa la tasa respiratoria.

c) Tercer estadío. Que comprende la digestión enzimática, pues las enzimas producidas en la capa aleurónica son translocadas al endospermo donde se transforman azúcares, aminoácidos y nucleótidos los sustratos de reserva.

d) Cuarto estadío. Las sustancias de reserva insolubles, después de ser transformados en formas solubles y asimilables en el citoplasma, son translocadas a las zonas de crecimiento activo, para la producción de energía y materia prima necesarias durante la síntesis de nuevas sustancias.

e) Quinto estadio. Comprende el alargamiento y división de las nuevas células en los puntos de crecimiento y el transporte de elementos a las nuevas zonas de crecimiento (<http://www.lamolina>).

### **Tipos de germinación**

Moreno (1996) hace mención de que existen dos tipos de germinación: la germinación epígea, donde los cotiledones y la yema apical son llevados por encima del nivel del suelo por alargamiento del hipocótilo. La germinación hipógea, como el tipo de germinación en la cual el cotiledón permanece en el suelo dentro de la semilla, mientras que la yema apical es llevada por encima del suelo por alargamiento del epicótilo en dicotiledóneas o por el mesocótilo en algunas monocotiledóneas.

En el caso de la papaya es una dicotiledónea y presenta germinación epígea.

### **Latencia**

La latencia se define como la incapacidad de la semilla para germinar bajo condiciones normales de imbibición, temperatura y oxigenación (Comé, 1981).

Una definición de latencia propuesta por la United Status Department of Agricultura (USDA, 1984), es la condición que impide la germinación, aun cuando la luz, la humedad, la aireación y la temperatura sean beneficiosos, y además puede ser de carácter hereditario e inducir durante la extracción y el almacenamiento de las semillas.

## **Tipos de latencia**

Según la UPV (2007) existen los siguientes tipos de latencias:

### **Latencia exógena**

Semillas que tienen un retraso en la germinación y se debe a propiedades físicas y químicas de las cubiertas seminales.

Mecanismos que actúan en la latencia impuesta por las cubiertas son: Impermeabilidad al agua, impermeabilidad al intercambio de gases, resistencia mecánica y presencia de inhibidores.

### **Latencia endógena**

Este tipo de latencia está determinada por características anatómicas, morfológicas y fisiológicas del propio embrión (latencia embrionaria). Se distinguen tres tipos de latencia endógena, dependiendo de la característica que provoque tal fenómeno: Latencia morfológica, latencia fisiológica y latencia morfofisiológica.

### **Latencia combinada**

Una combinación de latencia endógena y exógena, por ejemplo, la latencia fisiológica está asociada con una impermeabilidad al agua de las cubiertas seminales. En otros casos, hay una asociación entre endocarpo duro y latencia fisiológica (UPV, 2007).

## **Métodos para romper latencia**

Hartmann y Kester (1988), establecen que los tratamientos para eliminar la latencia son:

### **a) Estratificación caliente (22 a 30 °C) o fría (0 a 10 °C)**

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

### **b) Escarificación**

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

Mecánica: Consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo. Si es a gran escala se utilizan maquinas especiales como tambores giratorios recubiertos en su interior con papel lija, o con arena gruesa o grava.

Con agua caliente: Se colocan las semillas en un recipiente en una proporción de 4 a 5 veces su volumen de agua caliente a temperatura entre 77 y 100 °C. De inmediato se retira la fuente de calor y las semillas se dejan remojar durante 12 a 24 horas en el agua que se va enfriando gradualmente.

Con ácido: La sustancia química que más se utiliza para romper la latencia de la cubierta es el ácido sulfúrico concentrado. En *algunas especies* es más eficaz que el tratamiento con agua caliente. Es posible que las semillas que han estado almacenadas durante un período prolongado deban estar más tiempo en

el ácido que las semillas frescas, las cuales podrían resultar gravemente dañadas con un tratamiento de esa duración. El tiempo de tratamiento varía según la especie. Al final del período de tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan con abundante agua para quitarles el restante.

### **c) Lixiviación**

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

### **d) Combinación de tratamientos**

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

### **e) Hormonas y otros estimulantes químicos**

Existen compuestos que sirven para estimular la germinación, entre los más usados están: nitrato de potasio, tiourea, etileno, ácido giberélico ( $GA_3$ ), citokininas, entre otros. Todo este tipo de sustancias se emplean a diferentes concentraciones y tiempos de remojo, dependiendo de las especies de que se trate.

## **Giberelina**

Rojas (1985), define a las giberelinas como hormonas, que fueron aisladas del hongo *Giberella fujikuroi*. Son compuestos isoprenoides que se supone fundamentalmente proceden del ácido mevalónico. Esta hormona forma parte del equipo regulador del desarrollo de las plantas superiores.

Frank *et al.* (1994), describen a las giberelinas como ácidas y se abrevian GA con un número subíndice para distinguirlas y que todas tienen 19 o 20 átomos de carbono, agrupados en sistemas de cuatro o cinco anillos.

Una planta puede producir varias giberelinas, aunque no todas ellas sean activas. Se forman en ápices de tallos y raíces, en hojas jóvenes, partes florales, semillas inmaduras, embriones en germinación.

En general las partes vegetativas contienen menos GA que las partes reproductivas, así las semillas inmaduras son ricas en GAs, aunque dichos niveles disminuyen a medida que éstas maduran (<http://www.biologia...2005>).

### **Biosíntesis de las giberelinas**

Todas las giberelinas conocidas derivan del anillo del **gibano**, son **terpenoides**. En su biosíntesis se sigue la ruta del **ácido mevalónico**. En todas las plantas esta ruta es común hasta llegar al GA<sub>12</sub>-aldehído. A partir de este punto, las diferentes especies siguen rutas distintas para formar las más de 90 giberelinas conocidas hoy día. Una vez fabricadas pueden darse un gran número de interconversiones entre ellas. Las **hojas jóvenes** son los principales lugares de producción de giberelinas. Posteriormente son translocadas vía floema al resto de la planta. Las **raíces** también las producen exportándolas al tallo vía xilema. Se han encontrado también altos niveles de giberelinas en **semillas** inmaduras (<http://www.euita.upv>).

### **La giberelina en el proceso de germinación**

En muchas especies, entre las que cabe incluir la lechuga, el tabaco, y las avenas, las giberelinas pueden sustituir el factor que interrumpe el letargo, promoviendo así el crecimiento del embrión y la salida de la plántula.

Específicamente, las giberelinas aumentan la elongación celular, haciendo posible que las raíces puedan atravesar las cubiertas de las semillas.

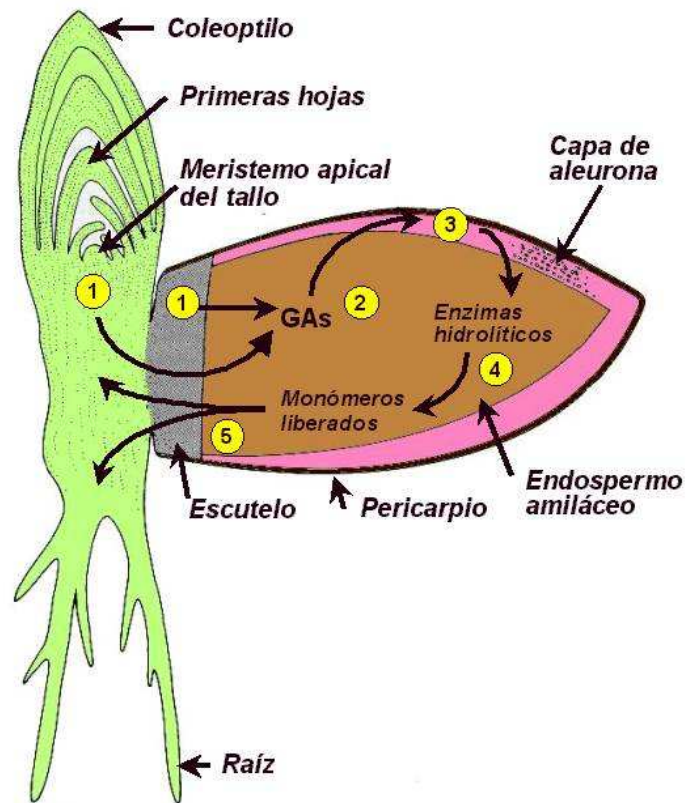
Frank *et al.* (1994), confirman este hecho cuando dice que uno de los efectos de las giberelinas en la semilla es estimular la elongación celular de manera que la radícula pueda empujar a través del endospermo, la cubierta seminal o la cubierta del fruto que restringen su crecimiento.

Este efecto de las giberelinas tiene, al menos, una aplicación práctica. El ácido giberélico acelera la germinación de las semillas y por ello asegura uniformidad en la producción de la malta de cebada usada en cervecería (<http://www.euita.upv>).

### **¿Cómo actúan las giberelinas?**

En las semillas de cebada (*Hordeum vulgare*) y de otras gramíneas hay una capa de células especializadas, la capa de aleurona, que está inmediatamente por debajo del epispermo. Estas células son ricas en proteína. Cuando las semillas empiezan a germinar —tras la imbibición de agua—, el embrión desprende giberelina, según han puesto de manifiesto estos estudios. Por efecto de la giberelina, las células de aleurona producen enzimas hidrolíticas, de las cuales la principal es la  $\alpha$ -amilasa, que desdobla el almidón en azúcares.

Las enzimas digieren las reservas nutritivas almacenadas en el endospermo amiláceo, que son entonces utilizables para el embrión, en forma de azúcares y aminoácidos, que son absorbidos por el escutelo y transportados a continuación hacia el embrión. De este modo, el embrión pide anticipadamente las sustancias necesarias para su propio crecimiento, las cuales estarán a su disposición en el momento que las necesite.



**Acción del ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) en semillas de cebada.** Las giberelinas son sintetizadas **(1)** por el coleoptilo y el escutelo del embrión y liberadas en el endospermo **(2)**; las giberelinas difunden hacia la capa de aleurona; **(3)** las células de la capa de aleurona son inducidas a sintetizar y segregar enzimas ( $\alpha$ -amilasas y otras hidrolasas) en el endospermo amiláceo. **(4)** el almidón y otros polímeros son degradados a pequeñas moléculas; **(5)** los solutos liberados (monómeros) son transportados hacia el embrión donde son absorbidos y utilizados para el desarrollo del embrión.



Los investigadores creen que la giberelina activa ciertos genes que sintetizan moléculas de ARNm, las cuales, a su vez, se encargan de la síntesis de las enzimas. No ha sido demostrado que la giberelina actúe directamente sobre el gen, aunque los investigadores han demostrado que tanto la síntesis de RNA como la de proteínas son necesarias para la aparición de las enzimas. Por otro lado, no se conoce cuál pueda ser la relación entre el modo de actuación de la giberelina en estas semillas y sus efectos en otros órganos de la planta (<http://www.euita.upv>).

Robert (1982), en sus investigaciones da una explicación de los genes activados por la giberelina: “La explicación más sencilla sería que los genes que regulan la síntesis de  $\alpha$ -amilasa y de proteasa están *reprimidos* antes de producirse la germinación de la semilla. En las primeras fases de la germinación el embrión libera un efector, el ácido giberélico, que llega a las células de aleurona. Una vez en ellas origina la *desrepreción (ruptura de la represión)* de los genes que regulan la síntesis de  $\alpha$ -amilasa y de proteasa. El DNA, activado al cesar la represión, produce RNA nuevo el cual, a su vez, permite la síntesis de proteínas de nueva formación”.

Frank *et al.* (1994), en teoría explica el último proceso de la germinación al decir que después de que la semilla germina, los sistemas radical y aéreo jóvenes comienzan a utilizar los nutrimentos minerales, grasas, almidón y proteínas presentes en las células de almacenamiento de la semilla. La plántula juvenil depende de estas reservas alimenticias antes de que pueda absorber sales minerales del suelo y antes que despliegue su sistema aéreo a la luz. Frank dice que las sales minerales se translocan con facilidad, vía floema, por todo el sistema aéreo y radical jóvenes, si esas sales son móviles. La planta tiene un problema con grasas, polisacáridos y proteínas, ya que estas moléculas no se translocan. Frank asegura que se resuelve este problema cuando los polímeros almacenados se convierten en sacarosa y aminoácido o amidas móviles ya que las giberelinas estimulan estas conversiones.

Este mismo autor hace un comentario final respecto a las giberelinas, al decir: “Las giberelinas tienen efectos mucho menos espectaculares sobre la movilización de reservas alimenticias en dicotiledóneas y gimnospermas que en cereales, aunque en algunas especies la presencia del eje embrionario aún es esencial para la degradación normal de estas en las células de almacenamiento de reservas”. Frank, cita de las pruebas hechas de Mariott y Northcote (1975), que la semilla de ricino (*Ricinus cummunis*), una dicotiledónea en la que el endospermo permanece bien desarrollado en la semilla madura, *la degradación de grasas no requiere la presencia del embrión, aunque se incrementa por la adición de giberelinas*. Y comenta que aún no se sabe si esto significa que las giberelinas ya se encuentran en cantidades suficientes en el endospermo en sí, y que en otras dicotiledóneas y en gimnospermas, la degradación de almidón y grasa no es afectada por la adición de giberelinas, pero en ocasiones las citocininas reemplazan el cometido normal del embrión en acelerar la degradación de grasas (Frank *et al.* 1994).

### **Auxina**

El termino auxina designa cualquier hormona perteneciente al grupo auxínico pero a menudo se usa como sinónimo del ácido indolacético (IAA) que es la principal auxina natural y que posiblemente se sintetiza a partir del aminoácido triptófano (Rojas *et al.* 1993).

Según Rojas *et al.* (1993), se han propuesto varios mecanismos acerca de la acción del IAA sobre los ácido nucleicos. Uno de ellos actúa removiendo la capa de histonas que envuelve a la cadena de DNA y descubre mensajes que, sin su acción quedarían reprimidos. Otra hipótesis supone que el IAA actúa a nivel de la traducción del mensaje, precisamente sobre el enlace del aminoácido con el ATP que lo activa para unirse al ARN mensajero (enlace acil-adenilato).

## **Citocinina**

Rojas *et al.* (1993), hace mención que la citosina se sintetiza principalmente en la raíz, y su presencia en las yemas del tallo, donde tiene efecto hormonal puede ser por transporte de la raíz pero hay informes de su síntesis en las hojas. Por tener adenina en su molécula, se cree que provenga parcialmente de productos de hidrólisis de fracciones de ácidos nucleicos.

Sus efectos característicos de la citocinina son: división celular, determinar dominancia apical, por lo que el crecimiento de las ramas se superada el del tallo en velocidad y dirección aunque en este fenómeno interactúan con las auxinas. Otros efectos como el promover la formación de órganos, la germinación, etc., probablemente se derivan de los efectos primarios. Y como sucede con las otras hormonas, las citocininas activan también el transporte de nutrientes.

La citocininas parecen ser esencialmente “factores de juvenilidad” de las plantas y tejidos jóvenes, cuya deficiencia induce síntomas de senescencia (Rojas *et al.*, 1993).

## **Etileno**

Rojas *et al.* (1993), dice que el etileno se produce en grandes cantidades en los tejidos de los frutos carnosos al madurar, pero también se ha comprobado su síntesis en el tallo y flores; se forma a partir del aminoácido metionina.

Hay evidencia de que esta hormona induce síntesis de RNA y de proteínas. El efecto más característico –conocido desde hace mucho tiempo- es promover la maduración de los frutos, lo que incluye el paso de almidones a azúcares en los frutos climatéricos y en algunos no climatéricos como los

cítricos. Se ha comprobado en tejido de aleurona de trigo expuesto a etileno, que cuando interacciona con la giberelina, promueve la síntesis de amilasa.

El etileno interacciona en otros procesos orgánicos tales como la formación de raíces adventicias, la diferenciación del tallo y la raíz y en algunas especies en la inducción floral, apertura de la flor y cambio de sexo (Rojas *et al.*, 1993).

### **Abscisina**

La principal abscisina es el ácido abscísico (ABA) que se sintetiza en la planta a partir del farnesilpirofosfato, directamente o a través de la violaxantina. El ABA se encuentran en todos los órganos de la planta: los frutos, semillas y yemas jóvenes son ricos en él (Rojas *et al.*, 1993).

Según Rojas *et al.* (1993), la acción fundamental en ciertos aspectos del ABA, es un antigiberélico pero no bloquea o inactiva el GA sino que actúa sobre los ácidos nucleicos probablemente a nivel de la transcripción. El ABA y GA parece actuar con el fitocromo, ya que adaptan a la planta al cambio estacional a través del aviso del cambio en las horas de luz del día.

Otros efectos característicos del ABA, es que promueve la abscisión –y de ahí su nombre- o caída de hojas, flores y frutos en interacción con otras hormonas. Otra característica de este ácido es inducir el letargo, pues el nivel de ABA en las yemas varía a lo largo del año y por tanto varía su acción. También es una hormona de estrés, cuando las plantas sufren sequía la concentración de dicho ácido aumenta (Rojas *et al.*, 1993).

## **Lombricultura**

Se define como lombricultura a la serie de operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices y a la transformación por medio de éstas, subproductos orgánicos en material fertilizantes (Friedrich, 2001).

Martínez (1996), agrega que la lombricultura es la biotecnología en la cual la lombriz de tierra funge como herramienta de trabajo para la transformación de desechos en productos orgánicos útiles en la protección de la vida y del ambiente, y como fuente de proteínas para la alimentación animal y humana.

## **Lombricomposta**

La lombricomposta es la excreta de la lombriz, la cual se alimenta de desechos en descomposición, asimila una parte para cubrir sus necesidades fisiológicas y otra parte la excreta. Este material es conocido como vermiculita y humus de lombriz. El constante movimiento de la lombriz en una cama le permite ir poco a poco transformando todo el desecho en pequeñas bolitas ovaladas que es la lombricomposta (Martínez, 1996).

En todo este proceso, la lombriz no tritura los materiales fibrosos – ligninas, celulosas, hemicelulosas, etc.-, sino que éstos pasan a través del aparato entérico de la lombriz sin experimentar ninguna alteración. Lo cual significa que la acción de la lombriz nunca llega a tener un efecto humogénico, o sea no produce ácidos húmicos. Los únicos agentes responsables de la formación de ácidos húmicos y humatos son las células microbianas, debido a su acción fermentativa (Putzolu *et al.*, 1998).

## **Humus de lombriz**

La base de de la fertilidad de los suelos, está representada por el “humus” (Pardo *et al.*, 2005).

Pardo *et al.* (2005), comentan que el Humus proviene de la materia orgánica de origen vegetal y animal, que al ser atacada por los microorganismos del suelo, se transforma en humus.

En consecuencia, se encuentra químicamente estabilizada como coloide, lo que regula la dinámica de la nutrición vegetal en el suelo. Esto puede ocurrir en forma natural a través de los años o en un lapso de horas, tiempo que demora la lombriz en “digerir” lo que come. (Friedich, 2001).

Friedich (2001), asegura que el humus se obtiene luego de un proceso, cercano a un año, en que la lombriz recicla a través de su tracto intestinal la materia orgánica, y aclara que un alto porcentaje de los componentes químicos del humus es proporcionado, no por el proceso digestivo de las lombrices, sino por la actividad microbiana que se lleva a cabo durante el período de reposo o maduración.

### **Características más importantes del humus de lombriz**

El humus de lombriz tiene un color café oscuro a negruzco, granulado e inodoro.

Alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos; su acción combinada permite una entrega inmediata de nutrientes asimilables y un efecto regulador de la nutrición, cuya actividad residual en el suelo llega hasta cinco años.

Alta carga microbiana (40 mil millones por gramo seco), que restaura la actividad biológica del suelo.

Es un fertilizante bioorgánico activo, que ejerce en el terreno una acción biodinámica y mejora las características organolépticas de las plantas, flores y frutos.

Su PH es neutro y se puede aplicar en cualquier dosis sin ningún riesgo de quemar las plantas; la química del humus de lombriz es tan equilibrada y armoniosa que permite colocar una semilla directamente en él sin ningún riesgo. Todo esto hace del humus un abono orgánico prácticamente insuperable, que puede incrementar hasta 300% la producción de hortalizas y otros productos vegetales.

El humus puede almacenarse por mucho tiempo sin que se alteren sus propiedades, pero es necesario que mantenga siempre cierta humedad; la óptima es de 40% (Friedrich, 2001).

### **Los biodigestados líquidos**

Son los desechos líquidos que resultan de la descomposición anaeróbica de los estiércoles. Funcionan como reguladores del crecimiento de las plantas.

Se ha comprobado que aplicados foliarmente a los cultivos (alfalfa, papa, hortalizas) en una concentración entre 20 y 50% se estimula el crecimiento, se mejora la calidad de los productos e incluso tienen cierto efecto repelente contra las plagas.

Pueden ser aplicados al suelo en concentraciones mayores, en el cuello de las plantas para favorecer el desarrollo radicular.

Los abonos orgánicos líquidos son ricos en nitrógeno amoniacal, en hormonas, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo (<http://www.geocities.com...>).

### **Los ácido húmicos y fúlvicos**

Las sustancias húmicas son complejas agrupaciones macromoleculares en las que las unidades fundamentales son compuestos aromáticos de carácter fenólico procedentes de la descomposición de la materia orgánica y compuestos nitrogenados, tanto cíclicos como alifáticos sintetizados por ciertos microorganismos presentes en la biomasa (<http://www.massoagro.com>).

Los ácidos húmicos y los fúlvicos son parte del complejo de compuestos orgánicos del suelo, de naturaleza muy particular y distinta a la de cualquier sustancia vegetal (<http://www.manualdelombricultura.com...>).

El contenido en carbono de los ácidos húmicos es mayor al de los ácidos fúlvicos. De un 50 a un 60% y de un 40 a un 50% respectivamente. En nitrógeno generalmente es mayor también en los ácidos húmicos, de un 2 a un 6%, y de un 0.8% a un 3% en los ácidos fúlvicos. El contenido en oxígeno es mayor en los ácidos fúlvicos que los húmicos: de un 44 a un 50% y de un 30 a un 35% respectivamente.

El contenido en grupos funcionales oxigenados en los ácidos fúlvicos parece ser mayor que en cualquier otro polímero orgánico presente en la



naturaleza. Debido precisamente a esto, la capacidad secuestrante de metales es mucho más elevado en los ácidos fúlvicos que los húmicos.

Los ácidos fúlvicos actúan fundamentalmente sobre la parte hipógea de la planta, mientras que los ácidos húmicos tienen una influencia mayor sobre la parte aérea (<http://www.massoagro.com...>)

### **Fitohormonas de sustancias húmicas**

El humus de lombriz es un abono rico en hormonas, sustancias producidas por el metabolismo secundario de las bacterias, que estimulan los procesos biológicos de la planta. Tales compuestos se conocen como fitohormonas, su característica fundamental es que actúan con un efecto oligodinámico, es decir, a concentraciones bajísimas (<http://www.holistika.net...>; Putzolu *et al*, 1998).

Según Putzolu *et al* (1998), entre las fitohormonas, las más sobresalientes que se encuentran las sustancias húmicas son las giberelinas, las citoquininas y las auxinas; reporta valores medios de las siguientes hormonas:

- Giberelinas: 2.05 a 2.75 microgramo por gramo de materia seca
- Citoquininas: 1.05 a 1.08 microgramo por gramo de materia seca
- Auxinas: 3.07 a 3.80 microgramo por gramo de materia seca

### **Trabajos realizados en semilla de papaya**

En 1995 José Alberto, en unas de sus conclusiones de tesis, mencionó que la adición de GA<sub>3</sub> (a 100 PPM) a las semillas de papaya (criollos tipos cera)

sumergidas por 12 Hr, no mostró efecto para porcentaje y velocidad de germinación.

También reportó que la eliminación de sarcotesta, disminuye de manera considerable el tiempo de germinación de la semilla de papaya e incrementa el porcentaje de germinación.

Para el 2008, Simón Bolívar, al concluir su trabajo de tesis sobre la extracción de semilla de papaya (*Carica Papaya L.*) variedad Maradol, recomienda HCl a 0.5 y 0.7% con una hora de reposo y fermentación a 72 Hr. Sin embargo él observó que el ácido clorhídrico a 0.7% de concentración, retrazó la emergencia de la planta. Pero reportó que el HCl 0.7%, no se encontraron plántulas anormales, por lo que lo recomendó si se desea maximizar el número de plántulas normales.

En cuanto a la fermentación de la semilla por 72 Hr, Bolívar (2008) hace mención que fue una de las extracciones que mayor pérdida de mucílago presentó.

En los tratamientos empleados para promover la germinación, el ácido giberelico a 500 PPM aumentó en gran medida la germinación y vigor en la semilla de papaya Maradol al emplearlo en cada uno de los métodos de extracción de semilla, que tratados a 100 PPM de GA<sub>3</sub>.

### **Pre-germinado**

Semillas del caribe, especialistas en semillas de papaya, comparte información valiosa relacionada con semillas de papaya. Ellos aseguran que la semilla de papaya es muy sensible a los cambios de temperatura y de humedad, dichos cambios causan una disminución progresiva de la viabilidad y

el porcentaje de germinación de la misma, por lo que se debe conservar el menor tiempo posible bajo las condiciones del medio ambiente reinante.

Semillas del Caribe conserva la semilla almacenada bajo condiciones de temperatura y humedad controladas, por lo que se sugiere adquirirla una vez que se cuente con el terreno y el vivero listos para iniciar los trabajos con la semilla y de esta manera asegurar resultados óptimos.

Para realizar el pre-germinado en semillas de papaya aconsejan realizar los pasos siguientes para asegurar un 95% de emergencia:

a).- Las semillas se ponen a remojar en una cubeta ó recipiente con agua limpia de pH neutro. El agua debe cubrir las semillas ligeramente.

b).- El agua se debe cambiar cada 8 - 12 horas por 2 ó 3 días.

c).- Después de 48 hrs. de remojo, las semillas que flotan se llevan a otra cubeta para seguir el procedimiento de remojo y si en 24 horas no se han hundido se deben de eliminar.

d).- En el último cambio de agua se le debe agregar un fungicida, pudiendo ser cualquiera de los siguientes: Manzate ® (Mancozeb 80%) 2 grs. / lt. de agua ó Benlate ® (Benomilo 50%) 1.5 grs. / lt. de agua.

e).- Al terminar el periodo de remojo, se elimina el agua y se aplica un estimulador de la germinación Biozyme pp ® 1 gr/100 grs. semilla ó Agromil S ® a 1cc. para 500 gr. de semilla (auxinas, citocininas y giberelinas). También se le puede aplicar un insecticida sistémico para el control de insectos chupadores, Gaucho ® (Imidachloprid 70%) 3.5 grs/ 50 grs. de semilla.

f).- Posteriormente las semillas se colocan entre jergas ó franelas en forma de sándwich. Las jergas ó franelas deben ser previamente desinfectadas y lavadas, hirviéndolas en agua por 20 minutos.

g).- Se debe mantener una humedad adecuada evitando el exceso de agua que puede provocar la no germinación de la semilla.

h).- Temperaturas sobre 35°C en los locales donde se mantengan las semillas, son excelentes para lograr una mejor germinación y mayor rapidez en el brotado.

i).- A partir del 4to. al 6to. día en verano, las semillas empiezan a germinar, lo cual se nota porque se empiezan a abrir ligeramente observándose un punto blanco (la radícula), este es el momento óptimo para sembrar las semillas en el vivero.

Solamente deben llevarse al vivero las semillas que han germinado (abiertos) continuándose con el proceso por 3 a 5 días a medida que vayan abriendo. Al final del proceso aseguraremos un 95% de emergencia en el vivero.

j).- Para transportar las semillas al vivero y mantenerlas húmedas mientras se siembran, se colocan en un recipiente con una franela ó jerga humedecida en el fondo para evitar la deshidratación.

k).- En el contenedor (bolsa), las semillas deben ser colocadas a 1cm. de profundidad.

l).- Sólo se deposita 1 semilla por contenedor, aunque pueden sembrarse 2 ó más si es que buscamos incrementar el mayor porcentaje de plantas hermafroditas en la huerta (<http://www.semilladelcaribe.com...>).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación del sitio experimental**

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

### **Material genético**

El material genético que se utilizó fue papaya de la variedad Golden (Hawaiana) proporcionada por la empresa Semillas del Caribe especialistas en papayas, S.A. de C.V. de Guadalajara Jalisco.

### **Características del fruto**

Para la presente investigación se utilizaron frutos con un grado de madurez del 95 al 100 % aproximadamente.

### **Método de extracción de la semilla**

Cada fruta se cortó longitudinalmente, para la extracción de las semillas se utilizó HCl a 0.5 % de concentración a una hora de reposo. Una vez transcurrido el tiempo de reposo se procedió a lavar las semillas con agua corriente, tallándole con las manos, con la finalidad de eliminar el mucílago de la semilla.

Al término del lavado (eliminación de mucílago), se procedió a secar las semillas bajo sombra extendiéndolas uniformemente sobre papel filtro a temperatura ambiente aproximadamente a 25°C, hasta que la semilla alcanzó un 6 por ciento de contenido de humedad. Esto se realizó bajo la siguiente metodología.

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

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

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

Donde:

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

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

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

(La semilla utilizada para determinar contenido de humedad fue desechada después de la prueba).

### **Acondicionamiento de la semilla**

Se utilizó el método del soplado. El cual fue aplicado por Everson *et al.* (1965), mediante un soplador "South Dakota", donde se determinó inicialmente la medida de abertura del soplador para tener un flujo de aire constante y permitir una separación satisfactoria de la muestra; se colocó en el contenedor

inferior la muestra de semillas y se procedió a separar al activar el soplador, abriendo lentamente el flujo de aire hasta la medida de abertura definida (4.5 cm), provocando que las impurezas y semillas vanas, por el peso se elevaran y depositarán en los contenedores superiores y quedando en el contenedor inferior la semilla pura.

### **Tratamientos para la germinación**

Este trabajo de investigación se realizó seis meses después de la extracción de la semilla la cual estuvo almacenada bajo refrigeración.

Los tratamientos (Cuadro 1.1) para la inducción a germinación consistieron en: Ácido giberelico (AG<sub>3</sub>) a 300 PPM, biodigestado liquido mixto (BLM), sedimento de composta (SC), sedimento mixto (SM), combinación de sedimento de composta mas lombricomposta en polvo (SC+LP), y humus de estiércol.

Cuadro 3.1 Tratamientos utilizados para promover la germinación en semilla de papaya (Hawaiana) variedad Golden.

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	300 ppm AG <sub>3</sub> imbibición/2 hrs.
2	10.9 ml de BLM por kg de semilla imbibición/1.5 hrs
3	17.43 grs de SC por kg de semilla imbibición/1.5 hrs
4	7.76 grs de SM por kg de semilla imbibición/1.5 hrs
5	17.43 grs de SC + 17.43 grs de LP por kg de semilla imbibición/1.5 hrs
6	17.43 grs de humus de estiércol por kg de semilla imbibición/1.5 hrs.

## **Descripción de los tratamientos**

### **Ácido giberelico**

Es una sustancia hormonal utilizada en la mayoría de las plantas para su metabolismo, esta hormona es suministrada por el laboratorio de semillas para utilizarlo en rompimiento de latencia en semilla, en concentraciones muy bajas.

### **Biodigestado liquido mixto (BLM)**

Es la combinación del biodigestado liquido de composta y de lombricomposta en una relación 1:1, los cuales se complementan uno a otro en función de nutrientes.

### **Sedimento de composta (SC)**

Es el precipitado que resulta a partir del biodigestado líquido de composta cuando es llevado a una estufa a 45 °C, que después es tamizado para su uso y aplicación en polvo.

### **Sedimento mixto(SM)**

Este es un polvo, resultado del sedimento que se obtiene al hacer la mezcla entre los biodigestados líquidos de composta y lombricomposta con una relación 1:1, esta combinación se lleva a una estufa a una temperatura de 45 °C y su posterior sedimento es tamizado para poder ser utilizado.

### **Lombricomposta en polvo (LP)**

Se obtuvo de lombricomposta, la cual fue tamizada para adherirla a la semilla.



## **Humus de estiércol (HE)**

Se obtuvo de estiércol que fue compostado a través de un proceso anaeróbico que luego se tamizó para poder adherirlo a la semilla.

### **Aplicación de productos**

Para calcular las dosis de cada tratamiento se contaron 150 semillas por repetición, para luego conocer su peso promedio, que fue de 2.115 gr. Con este dato se pudieron obtener las dosis establecidas para 150 semillas.

Se pesaron las dosis recomendadas de cada producto orgánico en una balanza analítica de precisión de 0.0000 gr. Cada tratamiento se colocó en una caja petri y se agregaron 10 ml de agua destilada para diluir los productos utilizados. Posteriormente someter las semillas a imbibición por hora y media, en el caso del testigo, las semillas se dejaron en imbibición por dos horas en AG<sub>3</sub> a 300 PPM.

### **Establecimiento del experimento**

Se utilizaron 25 semillas por unidad experimental las cuales se colocaron entre dos toallas de papel humedecidas, que después de enrollar se colocaron en bolsas de polietileno y se llevaron a una cámara de germinación a una temperatura de 25 °C.

### **Establecimiento del experimento**

Se utilizaron 50 semillas por unidad experimental las cuales se colocaron entre dos toallas de papel humedecidas, que después de enrollar se colocaron

en bolsas de polietileno y se llevaron a una cámara de germinación a una temperatura de 25 °C.

## **Variables evaluadas**

### **Germinación**

Para esta variable se determinó a los 15 días después de haber realizado la siembra, contabilizando el total de plántulas normales, plántulas anormales y semilla sin germinar.

### **Longitud Media de Hipocótilo**

Esta variable se determinó seleccionando todas las plántulas normales, midiendo la longitud de Hipocótilo a cada una de ellas con una regla graduada en centímetros, después el total de longitud de Hipocótilo se dividió entre el número total de plántulas evaluadas. Los resultados fueron expresados en centímetros.

### **Longitud Media de Raíz**

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

### **Peso Fresco de Plántula**

Esta variable se determinó con las mismas plántulas seleccionadas para longitud de Hipocótilo y longitud de radícula, el peso se tomó utilizando una

balanza analítica. Los datos obtenidos fueron expresados en gramos para luego sacar su promedio por plántula.

### **Peso Seco de Plántula.**

Se tomaron las mismas plántulas utilizadas para peso fresco, las cuales fueron colocadas en la estufa dejándolas por 24 horas a una temperatura de 65 °C y se les tomó el peso utilizando una balanza analítica. Los datos obtenidos fueron expresados en gramos para luego sacar su promedio por plántula.

### **Diseño Experimental**

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar, analizando bajo el mismo diseño mediante el software de la facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, versión 25 (Olivares, 1994).

El modelo estadístico lineal fue:

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

Donde:

$Y_{ij}$  = Efecto del valor observado.

$\mu$  = Efecto de la media.

$\sigma_i$  = Efecto de tratamientos.

$\epsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental.

La comparación de medias se realizó mediante la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) con un nivel de significancia de  $P < 0.01$  %.

## RESULTADOS

En el (Cuadro 4.1) se presentan los cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para cada una de las variables evaluadas. En dicho cuadro se encontró diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para cinco variables de las nueve evaluadas, a excepción de las variables Longitud Media de Raíz y Peso Seco de Plántula.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para cada una de las variables.

FV	GL	VARIABLES EVALUADAS						
		GERMINACIÓN			VIGOR			
		PN (%)	PA (%)	SSG (%)	LMH (CM)	LMR (CM)	PFP (grs)	PSP (grs)
TRAT.	5	339.6**	346.6**	1323.0**	13.71**	0.69 <sup>NS</sup>	0.001**	0.000002 <sup>NS</sup>
ERROR	12	23.33	28.22	46.88	1.01	0.23	0.0001	0.000003
CV (%)		25.42	79.69	9.21	10.09	10.46	9.13	34.28

\*\* = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); NS = No Significativo; CV= Coeficiente de Variación; PN = Plántulas Normales; PA = Plántulas Anormales; SSG = Semillas sin Germinar; LMH = Longitud Media de Hipocótilo; LMR = Longitud Media de Raíz; PFP = Peso Fresco de Plántula PSP = Peso Seco de Plántula.

Cuadro 4.2 Comparación de medias de cada una de las variables evaluadas

TRAT	COMPARACIÓN DE MEDIAS						
	GERMINACIÓN			VIGOR			
	PN (%)	PA (%)	SSG (%)	LMH (CM)	LMR (CM)	PFP (grs)	PSP (grs)
1	39.3 A	28.0 A	32.6 B	5.8 B	3.7	0.08 B	0.005
2	17.3 B	0.6 B	82.0 A	10.6 A	4.5	0.12 A	0.005
3	17.3 B	7.3 B	75.3 A	10.3 A	4.7	0.12 A	0.005
4	18.0 B	0.6 B	81.3 A	11.2 A	4.9	0.13 A	0.004
5	14.0 B	2.0 B	84.0 A	10.0 A	4.6	0.12 A	0.003
6	8.0 B	1.3 B	90.6 A	11.7 A	5.1	0.13 A	0.004

PN = Plántulas Normales; PA = Plántulas Anormales; SSG = Semillas sin Germinar; LMH = Longitud Media de Hipocótilo; LMR = Longitud Media de Raíz; PFP = Peso Fresco de Plántula PSP = Peso Seco de Plántula.

## Plántulas Normales

En la Figura 4.1 se observó que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, la prueba de medias nos muestra que el tratamiento que obtuvo mayor Número de Plántulas Normales fue el tratamiento AG<sub>3</sub> a 300 PPM con 39.3%. Y los tratamientos sedimento mixto, sedimento de composta, biodigestado líquido mixto, sedimento de composta más lombricomposta en polvo, humus de estiércol, mostraron 18.0, 17.3, 17.3, 14.0 y 8.0 % obteniendo los valores más bajos siendo estos estadísticamente iguales.

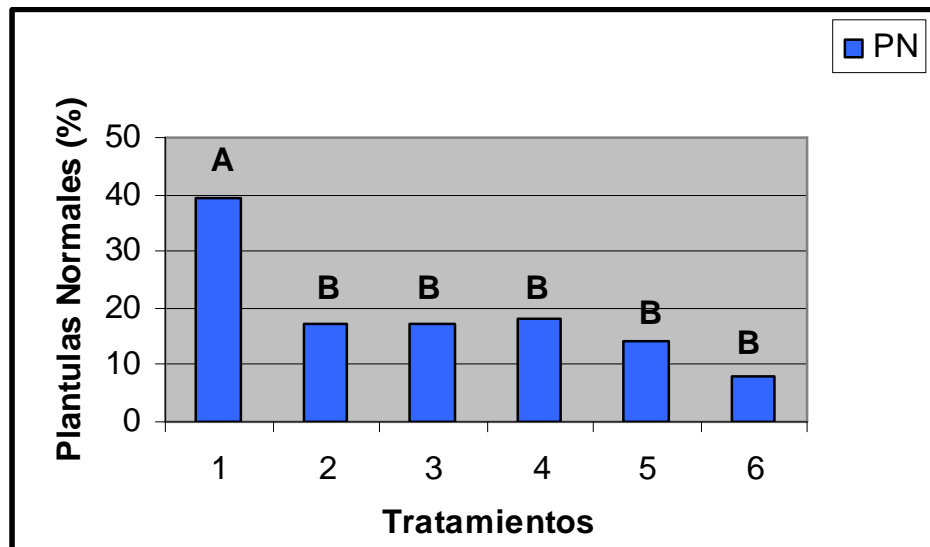


Figura 4.1 Porcentaje de plántulas normales en semilla de papaya

## Plántulas Anormales

En la Figura 4.2 para Plántulas Anormales se observó que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos donde se observa que los tratamientos que obtuvieron menor porcentaje de anomalías en las plántulas fueron sedimento de composta, sedimento de composta mas lombricomposta en polvo, humus de estiércol, biodigestado líquido mixto, y sedimento mixto, los cuales pertenecen al mismo grupo estadístico con valores de 7.3, 2.0, 1.3, 0.6 y 0.6 % seguidos por el tratamiento AG<sub>3</sub> a 300 PPM con 28.0 % siendo este el que arrojó el mayor número de plántulas anormales.

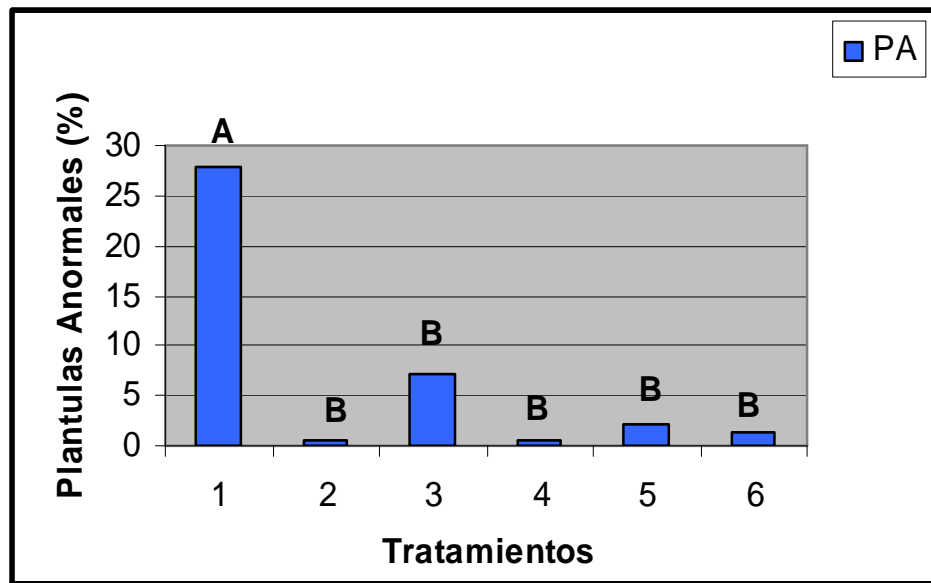


Figura 4.2 Porcentaje de plántulas anormales en semilla de papaya

## Semillas sin germinar

En el Cuadro 4.2 se observó que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos donde se observa que el tratamiento que presentó menor porcentaje de semillas sin germinar fue el tratamiento AG<sub>3</sub> a 300 PPM con 32.6 % seguido por el segundo grupo el cual está conformado por los tratamientos humus de estiércol, sedimento de composta más lombricomposta en polvo, biodigestado líquido mixto, sedimento mixto y sedimento de composta, con valores de 90.0, 84,0 82.0, 81.3 y 75.3 % siendo estos los que obtuvieron los valores más altos de semilla sin germinar Figura 4.3.

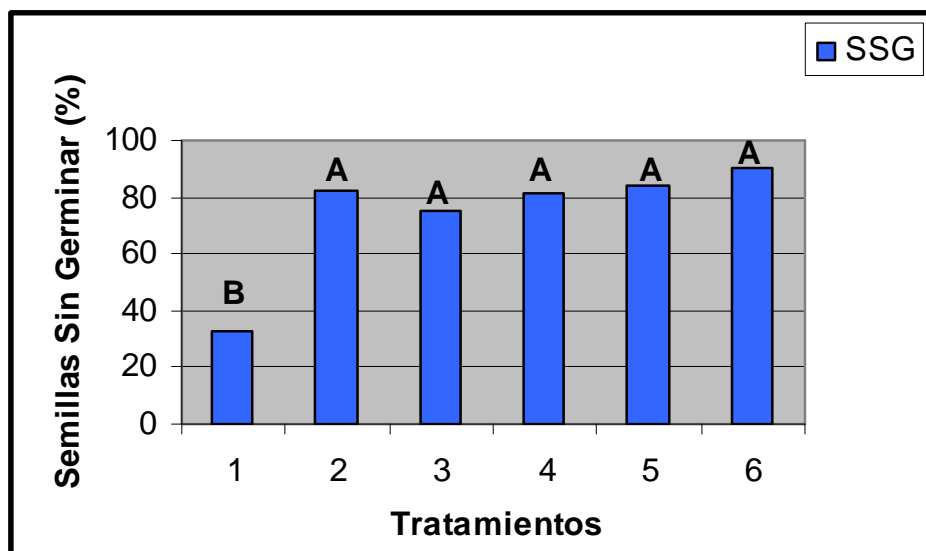


Figura 4.3 Porcentaje de semillas sin germinar en semilla de papaya

### Longitud Media de Hipocótilo

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas. Debido a esto se realizó la prueba de medias Figura 4.4 donde se observa que los tratamientos que obtuvieron mayor longitud de Hipocótilo fueron los tratamientos humus de estiércol, sedimento mixto, biodigestado líquido mixto, sedimento de composta y sedimento de composta más lombricomposta en polvo con valores de 11.7, 11.2, 10.6, 10.3 y 10.0 cm siendo estos estadísticamente iguales mientras que el tratamiento AG<sub>3</sub> a 300 PPM fue el que obtuvo el valor más bajo con 5.8 centímetros.

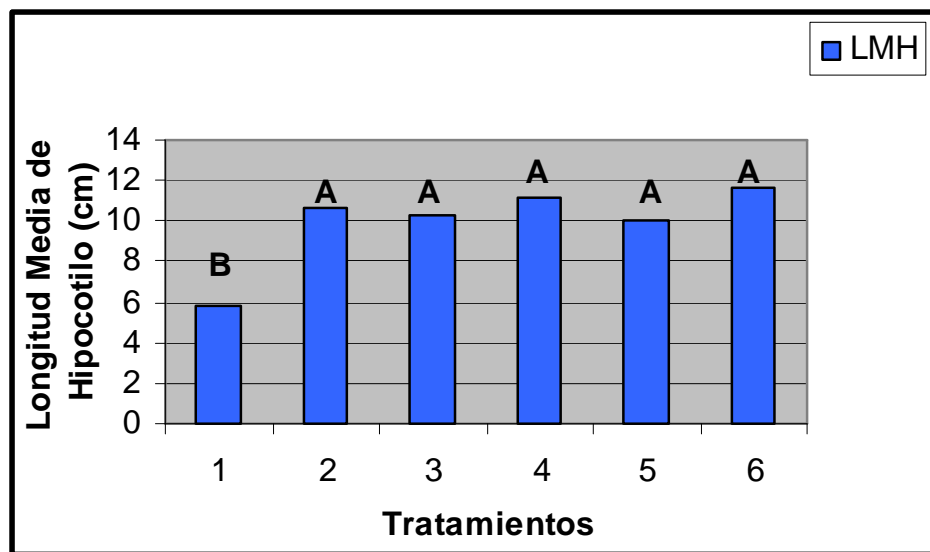


Figura 4.4 Longitud Media de Hipocótilo en semilla de papaya



## Longitud Media de Raíz

Para este parámetro el análisis de varianza Figura 4.5 no se detectó diferencia significativa entre los tratamientos, lo que indica que estadísticamente los tratamientos son iguales, sin embargo se puede observar una diferencia numérica donde el tratamiento humus de estiércol fue superior con 5.1 cm seguido de los tratamientos sedimento mixto con 4.9 cm, sedimento de composta con 4.7 cm, sedimento de composta más lombricomposta en polvo con 4.6 cm y biodigestado líquido mixto con 4.5 siendo el AG<sub>3</sub> a 300 PPM el que obtuvo el valor más bajo de 3.7 centímetros.

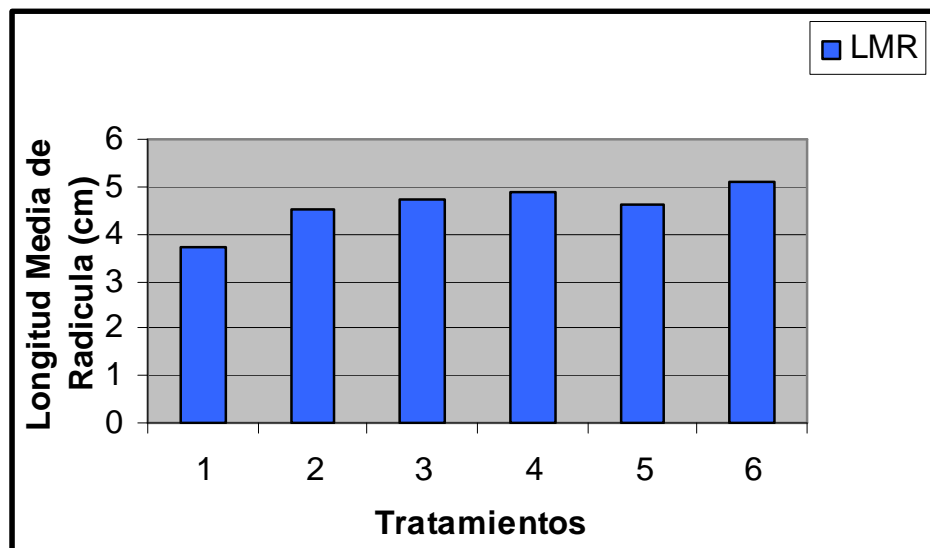


Figura 4.5 Longitud Media de Raíz en semilla de papaya

## Peso Fresco de Plántula

En el Cuadro 4.1 se observó que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, la prueba de medias Figura 4.6 nos muestra que los tratamientos que obtuvieron los valores más altos fueron humus de estiércol, sedimento mixto, sedimento de composta más lombricomposta en polvo, sedimento de composta y biodigestado líquido mixto, con 0.13, 0.13, 0.12, 0.12 y 0.12 grs siendo estos estadísticamente iguales, también podemos observar que el peor tratamiento fue donde se aplicó el AG<sub>3</sub> a 300 PPM con 0.08 grs por plántula.

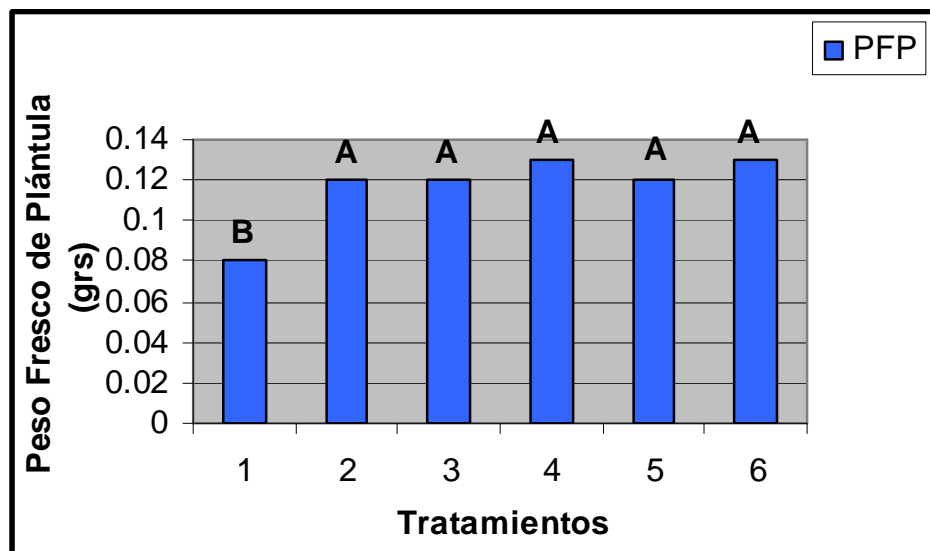


Figura 4.6 Peso Fresco por Plántula de papaya en grs.

## Peso Seco por Plántula

Para esta variable el análisis de varianza Figura 4.7 no detecto diferencia significativa entre los tratamientos, lo que indica que estadísticamente los tratamientos son iguales, sin embargo numéricamente los tratamientos AG<sub>3</sub> a 300 PPM, sedimento de composta y biodigestado líquido mixto fueron superiores con 0.0056, 0.0055 y 0.0053 grs seguidos por sedimento mixto con 0.0048 grs y humus de estiércol con 0.0042 siendo el tratamiento sedimento de composta más lombricomposta en polvo el que arrojó el valor más bajo con 0.0033 grs por plántula.

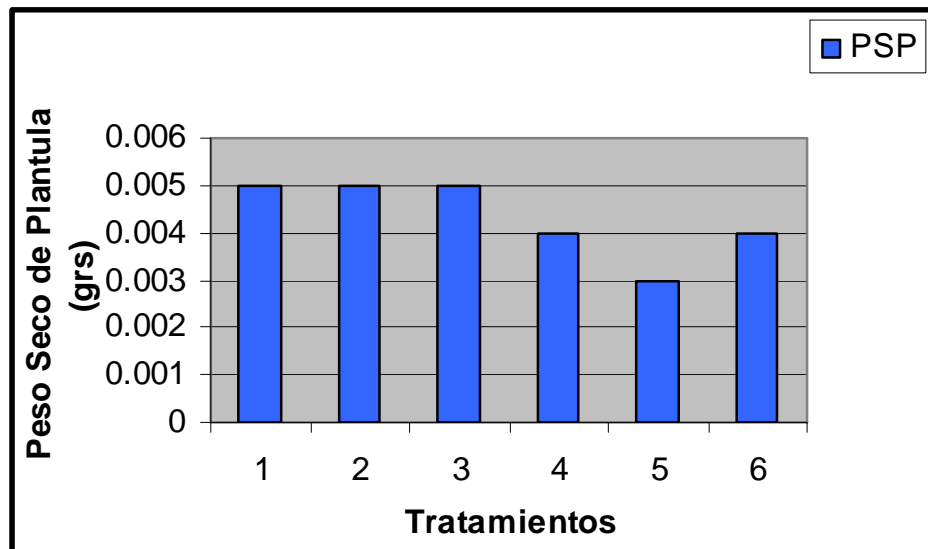


Figura 4.7 Peso Seco por Plántula de papaya en grs.

## DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, el tratamiento que generó más porcentaje de germinación (plantas normales) fue el T1 (Ac. Giberelico a 300 ppm) con un 39.3%, que es demasiado bajo, lo que nos da una idea del vigor tan bajo que ya presentaba la semilla, probablemente por el tiempo y la forma de almacenamiento. Este tratamiento también generó un mayor número de plántulas anormales al hacer germinar semillas que probablemente sin la aplicación del Ac. Giberelico no hubiera germinado.

Los tratamientos orgánicos salieron bajos en cuanto a porcentaje de germinación, pero en las demás variables como longitud de Hipocótilo, longitud de raíz, peso fresco de planta, superaron al T1 (Ac. Giberelico a 300 ppm) que fue el peor en todas las variables.

También se asume que la temperatura a que se puso a germinar la semilla pudo haber afectado, que fue de 25°C, cuando la temperatura ideal debe ser 30°C.

## **CONCLUSIONES**

Se rechaza la hipótesis de que al menos uno de los tratamientos orgánicos se comportaría igual o mejor que el tratamiento testigo (T1 Ac. Giberelico a 300 ppm) ya que este superó a todos los tratamientos orgánicos en cuestión de germinación.

Se acepta la hipótesis de que al menos unos de los tratamientos orgánicos serán mejor que el tratamiento testigo (T1 Ac. Giberelico a 300 ppm) en cuanto a generar un mejor desarrollo de plántula y radícula (biomasa) ya que todos los tratamientos orgánicos superaron al tratamiento testigo.

## **Recomendaciones**

En base a los resultados del presente trabajo se recomienda hacer uso del Ac. Giberelico para proporcionar un buen porcentaje de germinación e incluso incrementar la dosis con semillas que tengan tiempo de almacenamiento. También sería recomendable probar la aplicación junto con los productos orgánicos, ya que el Ac. Giberelico puede incrementar germinación y los productos orgánicos el desarrollo vegetativo de la planta.

## LITERATURA CITADA

- Besnier R. F. 1989. Semillas biología y tecnología. Ediciones Mundi-Presa. Madrid España. P 21.
- Camacho M. F. 1994. Dormición de semillas. Causas tratamientos. 1ª edición. Editorial Trillas. México, D.F. Pp 13-14.
- Comé D. 1981. Problems of embryonal dormancy as exemplified by apple embryo. Israel journal. Bot 29: Pp 145-157.
- Ferweda F. P. 1987. Genotécnia de Cultivos Tropicales Perennes. 1ª Edición, México, D.F.
- Frank B. Salisbury y Cleon W. Ross, 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V. EUA.
- Friedich N. Kart, 2001. Lombricultura, Centro de Estudios Agropecuarios. Grupo Editorial Iberoamérica. México D.F. Pp 8, 14-17.
- International Seed Testing Association (ISTA) 1996 "International Rule for Seed Testing Rules 1996. Seed Sci. & Technol. Zürich, Switzerland.
- Martínez C. Claudia, 1996. Potencial de la Lombricultura. Primera edición. México. P 59.
- Moreno M. E. 1996. Análisis físicos y Biológico de semillas agrícolas. UNAM. Tercera edición, México, D. F. P 113.
- Nelson A. Pardo R., 2005. Manual de los Cultivos Orgánicos, y Alelopatía. Grupo Latino LTDA. Colombia. P 100.
- Ochse J. J., Soule M. J., Dijkman M. J., C. Wehlburg, 1980. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales. Vol. 1. Editorial LIMUSA, México.
- Putzolu L., L Compagnoni, 1998. Cría Moderna de las Lombrices y Utilización Rentable del Humus. Editorial de Vecchi, S. A. Barcelona, España. Pp 76.

- Robert M. Devlin 1982. Fisiología Vegetal. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. Pp 419-422.
- Rojas G. Manuel 1985. Fisiología vegetal aplicada. Editorial McGRAW-HILL de México. Impreso en México. Pp 213-214.
- Rojas G. M. y Homero Ramírez, 1993. Control Hormonal del Desarrollo de las Plantas. Editorial LIMUSA S.A. de C.V. México D.F. Pp 29-38.
- Rubén Á. M. B. 1993. El Papayo. Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias Agrícolas, zona Tuxpan, Veracruz, Publicación técnica No.1.
- Sánchez M. F. 1988. Mejoramiento genético de la papaya (*Carica papaya* L.): Logros y perspectivas. Monografía UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- The United Status Department of Agricultura. (USDA). 1984. Semillas. Editorial Continental. Novena reimpresión. México, D. F. P 1020.
- Universidad Politécnica de Valencia (UPV). 2007. Latencia de Yemas y Semillas. En línea: [http://www.euita.upv.es/variros/bioLOGIA/Temas/tema\\_16.htm](http://www.euita.upv.es/variros/bioLOGIA/Temas/tema_16.htm)
- Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Fitorreguladores. En línea: [http://www.euita.upv.es/VARIOS/BIOLOGIA/Temas/tema\\_14.htm](http://www.euita.upv.es/VARIOS/BIOLOGIA/Temas/tema_14.htm)
- William H. C. 1962. Frutales de hojas perennes. Primera edición en español derechos reservados por UTEHA (Unión Topográfica Editorial Hispano-Americana). Impreso en México.

### **CITAS DE INTERNET**

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Giberelina>
- [http://www.biologia.edu.ar/plantas/reguladores\\_vegetales\\_2005/giberelinas.htm](http://www.biologia.edu.ar/plantas/reguladores_vegetales_2005/giberelinas.htm)
- <http://www.geocities.com/raaaperu/biol.html>
- <http://www.manualdelombricultura.com/glosario/pal/114.html>
- [http://www.massogro.com/admin/libreria/doc/Introduccion\\_a\\_la\\_Quimica\\_de\\_las\\_sustancias\\_hmicas.doc](http://www.massogro.com/admin/libreria/doc/Introduccion_a_la_Quimica_de_las_sustancias_hmicas.doc)

[http://www.holistika.net/agroecologia/el\\_huerto\\_ecologico/el\\_humus\\_de\\_lombriz\\_o\\_vermicompost.asp](http://www.holistika.net/agroecologia/el_huerto_ecologico/el_humus_de_lombriz_o_vermicompost.asp)

[http://www.lamolina.edu.pe/agronomia/horticultura1/propagacion/fitohormonas/kl\\_ozano.doc](http://www.lamolina.edu.pe/agronomia/horticultura1/propagacion/fitohormonas/kl_ozano.doc)

<http://www.semilladelcaribe.com.mx/paginas/index1.htm>