

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**



**EFFECTO DE TRES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN  
SEMILLAS DE PACAYA (*Chamaedorea tepejilote* Liebm.) EN LA  
ALDEA CHAJQUEJ-CHANYUC DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO  
CARCHÁ, ALTA VERAPAZ**

Henrik Giovanni Toc Tiul

COBÁN, ALTA VERAPAZ, FEBRERO DEL 2016

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
CARRERA DE TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**EFFECTO DE TRES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN  
SEMILLAS DE PACAYA (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*) EN LA  
ALDEA CHAJQUEJ-CHANYUC DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO  
CARCHÁ, ALTA VERAPAZ**

**PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL  
CENTRO UNVIERSITARIO DEL NORTE**

**POR**

**HENRIK GIOVANNI TOC TIUL**

**CARNÉ: 201146200**

**COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE  
TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**COBÁN, ALTA VERAPAZ, FEBRERO DE 2016**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS  
RECTOR MAGNÍFICO**

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

**CONSEJO DIRECTIVO**

PRESIDENTE	Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
SECRETARIO	Lcda. T.S. Floricelda Chiquín Yoj
REPRESENTANTE DOCENTES	Ing. Geol. César Fernando Monterroso Rey
REPRESENTANTE EGRESADOS	Lic. Fredy Fernando Lemus Morales
REPRESENTANTES ESTUDIANTILES	Br. Fredy Enrique Gereda Milián PEM. César Oswaldo Bol Cú

**COORDINADOR ACADÉMICO**

Lic. Zoot. Erwin Fernando Monterroso Trujillo

**COORDINADOR (A) DE LA CARRERA**

Ing. Agr. M.C. Sandra Anabella Tello Coutiño

**COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

COORDINADOR	Ing. Agr. MSc. Edgar Armando Ruiz Cruz
SECRETARIO	Ing. Agr. MAE. David Salomón Fuentes Guillermo
VOCAL	Ing. Agr. MSc. Gustavo Adolfo García Macz

**REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO**

Ing. Agr. MSc. Gustavo Adolfo García Macz

**REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Ing. Agr. MAE. David Salomón Fuentes Guillermo

**ASESOR**

Ing. Agr. MAE. David Salomón Fuentes Guillermo



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Cobán, A.V., 03 de septiembre de 2015.  
Ref.: 15-A-233/2015

Señores  
Miembros de la Comisión de  
Trabajos de Graduación de  
Práctica Profesional Supervisada  
Carrera de Agronomía  
CUNOR

Señores:

Por este medio informo a ustedes que en mi calidad de Asesor del Trabajo de Graduación del Informe de la Práctica Profesional Supervisada, del estudiante **Henrik Giovanni Toc Tiul** supervisé la fase final de campo y he revisado el Informe Final de su investigación titulado **“Efecto de tres tratamientos pregerminativos en semillas de pacaya (*Chamaedorea tepijilote Liebm.*) en la Aldea Chajquej-Chanyuc del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.”**

Al respecto puedo indicar que a mi juicio, el informe reúne las calidades requeridas por la Carrera, por lo que recomiendo se le de el trámite respectivo para ser aprobado como Informe Final de PPS.

Atentamente,



*Id y enseñad a todos*

  
Ing. Agr. David Salomón Fuentes Guillermo  
Asesor

c.c. archivo



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Cobán, A.V., 25 de septiembre de 2015.  
Ref. 15-A-235/2015

Señores  
Miembros de la Comisión de  
Trabajos de Graduación de  
Práctica Profesional Supervisada  
Carrera Agronomía  
CUNOR

Estimados señores:

Por este medio remito el Trabajo de Graduación del Informe de Práctica Profesional Supervisada titulado **“Efecto de tres tratamientos pregerminativos en semillas de pacaya (*Chamaedorea tepejilote* Liebm.) en la Aldea Chajquej-Chanyuc del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.”**

Dicho trabajo es presentado por el estudiante **Henrik Giovanni Toc Tiul** y cumple con las sugerencias y/o correcciones formuladas por la Comisión de PPS, por lo que se solicita continuar con el trámite respectivo.

Atentamente,



*“Id y enseñad a todos”*

Ing. Agr. MAE David Salomón Fuentes Guillermo  
Revisor de Informe Final Trabajos de Graduación a Nivel Técnico  
Carrera Agronomía –CUNOR-

c.c. archivo



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Cobán, A.V., 08 de enero de 2016  
Ref. 15-A-035/2016

Señores:  
Miembros de la Comisión de  
Trabajos de Graduación de  
Práctica Profesional Supervisada  
Carrera Agronomía  
CUNOR.

Estimados señores:

Por este medio remito el Informe Final de Investigación de Práctica Profesional Supervisada titulado: **“Efecto de tres tratamientos pregerminativos en semillas de pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*), en la Aldea Chajquej-Chanyuc del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.”**

Dicho trabajo es presentado por el estudiante **Henrik Giovanni Toc Tiul** y de acuerdo a mi opinión cumple satisfactoriamente con las normas de redacción y estilo; por lo que se solicita continuar con el trámite respectivo.

Atentamente,



“Id y enseñad a todos”

Ing. Agr. M.Sc. Gustavo Adolfo García Macz  
Revisor de Redacción y Estilo  
Informes Finales Trabajos de Graduación a Nivel Técnico  
Carrera Agronomía –CUNOR-

c.c. archivo



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Ref. 15-A-036/2016  
Cobán, A.V., 02 de febrero de 2016

Licenciado  
Erwin Gonzalo Eskenasy Morales  
Director del CUNOR

Señor Director:

Adjunto remito el Trabajo de Graduación del Informe de Práctica Profesional Supervisada titulado **“Efecto de tres tratamientos pregerminativos en semillas de pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*), en la Aldea Chajquej-Chanyuc del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.”**

Dicho trabajo es presentado por el estudiante **Henrik Giovanni Toc Tiul** y de acuerdo a la opinión de las diferentes comisiones responsables de su revisión y del suscrito, cumple con los requisitos para ser aceptado como tesis de pre-grado; por lo que solicito se le de el trámite correspondiente a fin de que el estudiante Toc Tiul, pueda someterse al examen para optar al título de Técnico en Producción Agrícola.

Atentamente,



“Id y enseñad a todos”

Ing. Agr. Edgar Armando Ruiz Cruz  
Coordinador Comisión de Trabajos de Graduación a Nivel Técnico  
Carrera de Agronomía –CUNOR-

c.c. archivo

## HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento para su consideración el trabajo de graduación titulado: Efecto de tres tratamientos pregerminativos en semillas de pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*) en la aldea Chajquej-Chanyuc del municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz; como requisito previo a optar al título profesional de Técnico en Producción Agrícola.



Henrik Giovanni Toc Tiul  
201146200

## **DEDICATORIA**

A Jehová Dios todopoderoso por darme la oportunidad de vida y un nuevo logro.

A Teodoro Toc Ac y Gloria Estela Tiul Sí por darme la vida y la ayuda necesaria para lograr lo que Dios dispuso.

A Heidy, Heison y Dulce por el apoyo.

A los pastores Ernesto Col y Yolanda Teyul por sus oraciones.

A mis compañeros de aula, amigos y demás familia.

## **RESPONSABILIDAD**

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de cada carrera, es la responsable de la estructura y la forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2 .4, subinciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

## ÍNDICE

RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
JUSTIFICACIÓN	5
OBJETIVOS	7

### CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes	9
1.2 Revisión de literatura	9
1.2.1 Generalidades sobre el proceso de germinación de semillas	11
1.2.2 Causas de poco porcentaje de germinación	12
a. Embriones rudimentarios o no diferenciados	13
b. Embriones fisiológicamente inmaduros	14
c. Cubiertas o integumentos resistentes	14
d. Cubiertas impermeables	15
1.2.3 Tratamientos pregerminativos	15
e. Escarificación mecánica	16
f. Remojo en agua	16
g. Remojo en agua caliente	17
h. Remojo en agua a temperatura ambiente	17
i. Combinación de tratamientos	19
j. Estratificación	19
1.2.4 Generalidades de la pacaya ( <i>Chamaedorea tepejilote</i> Liebm.)	19
k. Clasificación botánica de la pacaya	19
l. Importancia de la pacaya	19
m. Características generales de la pacaya	20
1.3 Hipótesis	20

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO REFERENCIAL**

2.1 Ubicación geográfica	21
2.1.2 Características climáticas	21
2.1.3 Características edáficas	21
2.1.4 Características ecológicas	22

## **CAPÍTULO 3**

### **MARCO METODOLÓGICO**

3.1 Diseño experimental	23
3.1.1 Modelo estadístico	23
3.1.2 Tratamientos	23
3.1.3 Esquema de campo	24
3.1.4 Tamaño de las parcelas	24
3.2 Variable de respuesta	24
3.3 Procedimientos	25
3.3.1 Selección del suelo	25
3.3.2 Preparación del suelo	25
3.3.3 Preparación de sustratos	25
3.3.4 Desinfección del sustrato	25
3.3.5 Construcción de tarima	26
3.3.6 Sombra	26
3.3.7 Tratamientos de semillas	26
a. Escarificación mecánica	26
b. Remojo en agua a 50°C - 70°C durante 5 minutos	26
c. Escarificación mecánica combinado con remojo en agua a temperatura ambiente	26
3.3.8 Siembra	27
3.3.9 Monitoreo de temperatura	27
3.3.10 Control de malezas	27
3.3.11 Control de plagas y enfermedades	27

3.3.12	Riego	28
3.3.13	Germinación	28
3.4	Recursos	28
3.5	Toma de datos	29
3.5.1	Datos recolectados	29
3.5.2	Intervalo de tiempo en la recolección de los datos	29
3.5.3	Equipo utilizado en la recolección de los datos	29

## **CAPÍTULO 4**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

4.1	Variable porcentaje de emergencia de plántulas	31
4.2	Variable número de días transcurridos para germinación	35
4.3	Variable de altura de plantas, 25 días después de la germinación.	38
<b>CONCLUSIONES</b>		41
<b>RECOMENDACIONES</b>		43
<b>BIBLIOGRAFÍAS</b>		43
<b>ANEXOS</b>		43

## NDICE DE CUADROS

CUADRO 1 (Porcentaje de plántulas emergidas de semillas de pacaya (Chamaedorea tepejilote Liebm.), efectuados bajo tres tratamientos pre germinativos. Carchá, A.V., 2014)	32
CUADRO 2 (Análisis de varianza porcentaje de plántulas emergidas de semillas de pacaya (Chamaedorea tepejilote Liebm.), efectuados bajo tres tratamientos pre germinativos. Carchá, A.V., 2014)	33
CUADRO 3 (Prueba de comparaciones de medias Tukey al 5% ( $W_p = 3.02$ ) de porcentaje de plántulas emergidas de semillas de pacaya (Chamaedorea tepejilote Liebm.), efectuados bajo tres tratamientos pre germinativos. Carchá, A.V., 2014)	33
CUADRO 4 (Número de días transcurridos para germinación de semillas de pacaya (Chamaedorea tepejilote Liebm.), efectuados bajo tres tratamientos pre germinativos. Carchá, A.V., 2014.)	35
CUADRO 5 (Análisis de varianza de número de días transcurridos para germinación de semillas de pacaya (Chamaedorea tepejilote Liebm.), efectuados bajo tres tratamientos pre germinativos. Carchá, A.V., 2014.)	36
CUADRO 6 (Altura de plantas en centímetros, 25 días después de la germinación de semillas de pacaya (Chamaedorea tepejilote Liebm.), efectuados bajo tres tratamientos pregerminativos. Carchá, A.V., 2014)	38
CUADRO 7 (Análisis de varianza de altura de plántulas, 25 días después de la germinación de semillas de pacaya (Chamaedorea tepejilote Liebm.), efectuados bajo tres tratamientos pre germinativos. Carchá, A.V., 2014)	39
CUADRO 8 (Prueba de comparaciones de medias Tukey al 5% ( $W_p = 0.34$ ) de altura de plántulas, 25 días después de la germinación de semillas de pacaya (Chamaedorea tepejilote Liebm.), efectuados bajo tres tratamientos pre germinativos. Carchá, A.V., 2014.)	39
CUADRO 9 (Croquis con la ubicación de los bloques y tratamientos en el campo del área de investigación.)	47
CUADRO 10 (Boleta usada para recolección de datos)	48
CUADRO 11 (Costo durante la inversión)	48
CUADRO 12 (Monitoreo de temperatura)	49

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRAFICA 1 (Porcentaje de plántulas emergidas de semillas de pacaya (Chamaedorea tepejilote Liebm.), efectuados bajo tres tratamientos pre germinativos. Carchá, A.V., 2014)	32
GRÁFICA 2 (Número de días transcurridos para germinación de semillas de pacaya (Chamaedorea tepejilote Liebm.), efectuados bajo tres tratamientos pre germinativos. Carchá, A.V., 2014.)	36
GRÁFICA 3 (Altura de plantas en centímetros, 25 días después de la germinación de semillas de pacaya (Chamaedorea tepejilote Liebm.), efectuados bajo tres tratamientos pregerminativos. Carchá, A.V., 2014)	38

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la aldea Chajquej - Chanyuc, en el municipio de San Pedro Carchá, A.V. El objetivo del trabajo fue generar información acerca de la aplicación de tratamientos a semillas de Pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*). Se trabajaron tres tratamientos y un testigo, con un total de 3 repeticiones por tratamiento; tratamientos que consistieron en el sometimiento de las semillas a escarificación mecánica, escarificación mecánica combinado con remojo en agua a temperatura ambiente y remojo en agua a temperatura entre 50° C – 70° C durante un periodo de cinco minutos, y se evaluaron variables relacionadas con el porcentaje, días de germinación, y altura de las plántulas después de 25 días de germinación.

Se concluyó que la aplicación del tratamiento de escarificación mecánica combinada con remojo en agua durante 24 horas fue la más favorable con un 98% de efectividad en emergencia y con el respectivo periodo de germinación en un periodo de 46 días, y con el tratamiento de remojo en agua a temperaturas de 50° – 70°C se alcanzó una altura promedio de plántulas de 2.3 cm.

Lo anterior respalda la importancia de embeber semillas con una previa escarificación mecánica, evitando así la testa dura que no permite la penetración de oxígeno y humedad. El resultado muestra la facilidad que obtuvo el embrión al estar descubierto totalmente a una efectiva germinación.



## INTRODUCCIÓN

Las semillas de la pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*) presentan un problema y es en relación al bajo porcentaje de germinación. Una nota científica de OFI-CATIE<sup>1</sup>, indica que un estudio de germinación resultó en un 50%, el inconveniente se debe a varias razones y el principal apunta a que posee una cubierta semidura que impide el paso del agua y por lo tanto imposibilita la germinación, es precisamente lo que fue eliminado y suavizado con tratamientos para facilitar el contacto con la humedad y oxígeno al embrión y así aumentar el porcentaje de germinación.

Existen diversas formas de realizar tratamientos para aumentar el porcentaje de germinación y de acuerdo a la consistencia de la testa de la semilla se dedujo que tres métodos de tratamientos fueron los más adecuados a utilizar en el experimento y estos fueron: mecánica; que consistió en la eliminación de la testa, en agua a elevadas temperaturas; que fue la imbibición de las semillas por 5 minutos en agua a temperaturas entre 50° C - 70° C y tratamiento mecánico combinado con remojo en agua a temperatura ambiente, que trató de la eliminación de la testa de la semilla y luego la imbibición de estas en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.

El escaso porcentaje de semillas germinadas constituye un inconveniente; esto conlleva poca cantidad de plántulas al momento de trasplante y no es rentable en el momento de establecer el cultivo a campo definitivo.

---

<sup>1</sup> OFI-CATIE. *Arboles de Centroamérica "Cultivo de pacaya"*. (Costa Rica, 2009). 22.

En el proceso del experimento se eliminó la testa y en el otro caso se suavizó debido a las altas temperaturas para que facilitara al embrión desarrollarse y emitir la plántula, se esperaban porcentajes arriba del 75% en la germinación de semillas, con plántulas mejor desarrolladas y en menor cantidad de días.

De acuerdo a la investigación ejecutada por Ramírez, en su investigación "Evaluación de métodos de escarificación en semillas de palma camedor (*Chamaedorea elegans Mart*)<sup>2</sup>"; determinó que la escarificación mecánica tuvo un 61% de efectividad, el mismo tratamiento efectuado en el experimento mostró un 85% de efectividad, y el mejor tratamiento en relación a mayor porcentaje de germinación fue el de escarificación mecánica combinada con remojo en agua durante 24 horas, logrando un 99%, dicho resultado fue mejor al esperado, demostrando la importancia de usar tratamientos en dichas semillas, así como reducir los días de germinación, alcanzando 46 días.

El remojo en agua a temperaturas entre 50° - 70°C logró un fácil desarrollo de la plántula con una altura de 2.3 cm en 48 días.

---

<sup>2</sup> Lucas Ramírez. *Evaluación de métodos de escarificación en semillas de palma camedor Chamaedorea elegans Mart.* (México, Universidad Autónoma Chapingo, 1995). 54.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El bajo porcentaje de germinación es un problema en el cultivo de pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*), las pocas cantidades de plántulas germinadas representan la existencia de inconvenientes que tiene la semilla para la germinación. El problema está descrito en la investigación de Ramírez<sup>3</sup> y advierten que la falta de humedad y oxigenación necesaria para el embrión retienen su desarrollo y la testa es el elemento principal que interviene en esta anomalía, esto se convierte en el fundamento para actuar y utilizar pruebas de tratamientos para eliminar la testa con escarificación mecánica y suavizar la cubierta con remojo en agua a temperaturas entre 50° C - 70° C para aumentar el porcentaje de plántulas emergidas.

Las semillas presentan un 50% de germinación, el porcentaje admitido para semillas del género *chamaedorea* es de 75%, la diferencia de 25% es un valor bastante significativo y representa la incapacidad de las semillas para germinar, debido al tipo de testa que posee.

---

<sup>3</sup>Ibid



## JUSTIFICACIÓN

El bajo porcentaje de germinación influyó en la utilización de tres fuentes de tratamientos para aumentar la cantidad de semillas germinadas de pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*). Para el agrónomo o algún productor es un inconveniente la escasa cantidad de plántulas emergidas, representa gran cantidad de semillas a sembrar en más semilleros para obtener la cantidad necesaria de plántulas, esto es un gasto económico y de mano de obra, pero el problema al resolverse con un método efectivo aumentaría la emergencia de plántulas en semilleros y esto a un efectivo establecimiento del cultivo a campo definitivo sin la utilización de tantas semillas.

Tratar semillas con un buen método es para beneficiar al productor en obtener más plántulas en menos días, teniendo en cuenta que en los municipios de Tactic, San Cristóbal y Santa Cruz del departamento de Alta Verapaz establecen semilleros abarcando considerable área y utilizando gran cantidad de semillas para ello.



## OBJETIVOS

### General:

Aumentar el porcentaje de germinación en semillas de pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*) con tratamientos pregerminativos.

### Específicos:

1. Determinar si la testa es un elemento inhibidor de germinación en las semillas con la obtención de un alto porcentaje de germinación a través de su eliminación con los métodos empleados.
2. Establecer cuál es el método que genera un aumento en el porcentaje de germinación de las semillas.
3. Alcanzar 75% de germinación o en mejor de los casos superar dicho porcentaje y reducir el período de germinación.



# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes

Ramón, Velásquez, Mata y Musalem<sup>4</sup>, en su investigación concluyen que el período de germinación en remojo en agua por 24 horas fue de 7.58% y 80% en el método mecánico. Palma camedor (*Chamaedorea elegans Mart*) y pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*) son semillas que proceden de la misma familia y estas tienen la misma forma, consistencia y el mismo periodo de germinación, siendo la razón de la utilización de este tratamiento. En la investigación se alcanzó un 85% de efectividad con el método mecánico y con remojo en agua. De este trabajo se obtuvo la metodología de tratamiento mecánico y el remojo en agua por 24 horas, además como referencia de los resultados obtenidos para poder compararlo con los mismos.

Moreno<sup>5</sup>, en su investigación concluye que obtuvo 61% de efectividad en el método mecánico y reporta problemas en la germinación al someter las semillas a temperaturas de 75°C por 10 minutos, en las recomendaciones indicaba reducir la cantidad de minutos para no tener los mismos inconvenientes y esto llevó

---

<sup>4</sup>Ramón, Velásquez, Et. Al. *Efecto de tratamientos en la germinación de semillas de palma camedor Chamaedorea elegans Mart.* 2002.<http://www.revistasinifap.org.mx/index.php/Forestales/article/download/47/38>. (Consultado el: 25 de octubre de 2014). 3-9.

<sup>5</sup> Gisela Moreno. *Pruebas de escarificación en semillas de palma camedor Chamaedorea elegans MART.* (Universidad Veracruzana, Córdoba, Veracruz, México, 1991). 35 – 38.

a sumergir por 5 minutos en temperaturas entre 50° - 70° C. De dicha investigación se obtuvo la información sobre el procedimiento de este tratamiento utilizado, además el trabajo de referencia indica que la falta de humedad y oxigenación necesaria para el embrión retienen su desarrollo y la testa es el elemento principal que interviene en esta anomalía, por lo que se procedió a retirarla con dicho método.

Ramírez<sup>6</sup>, en su investigación concluye que obtuvo un 61% de efectividad en el método mecánico. Moreno<sup>7</sup> también obtuvo el mismo porcentaje de germinación con el mismo tratamiento, en la investigación se alcanzó un 85% de efectividad. Fue posible superar los datos de los investigadores mencionados con la aplicación del método mecánico.

---

<sup>6</sup> Ibíd., 2

<sup>7</sup> Ibíd., 9

## 1.2 Revisión de literatura

### 1.2.1 Generalidades sobre el proceso de germinación de semillas

La germinación de la semilla es un proceso donde ocurren fenómenos que no son visibles al ojo humano, que concluye con la formación de una plántula. Al ser un proceso no visible interfieren factores externos como agua, luz y otros para su realización y estos deben de estar en cantidades considerables para el desarrollo de una plántula.

“La germinación de la semilla puede ser definida como una serie de acontecimientos metabólicos y morfogenéticos que tienen como resultado la transformación de un embrión en una plántula que sea capaz de valerse por sí sola y transformarse en una adulta.

Para que la germinación inicie debe cumplirse tres condiciones:

Primera: La semilla debe ser viable, el embrión debe estar vivo y tener capacidad de germinar. Segunda: Las condiciones internas de las semillas deben ser favorables para la germinación. Tercera: La semilla debe encontrarse en las condiciones ambientales apropiadas.

Los requisitos fundamentales son la disponibilidad de agua, temperatura apropiada, una provisión de oxígeno y a veces luz. Aunque la germinación empieza largo tiempo antes de la ruptura de la cubierta seminal, la germinación suele manifestarse de forma visible mediante la salida de la raicilla o del brote.

El bloqueo de cualquiera de los pasos que conducen a la germinación puede causar, un estado de reposo en la semilla. El reposo o letargo es la detención del crecimiento, debido a la falta de algún factor del medio externo indispensable”.<sup>8</sup>

La germinación de las semillas puede quedar bloqueada debido a la ausencia de algún factor externo que se considera

---

<sup>8</sup> Devlin Ramírez. *Fisiología vegetal*. (España, Omega, 1980). 471.

para que este proceso tenga lugar. Así en ausencia de agua, la temperatura adecuada o la mezcla gaseosa conveniente, la germinación queda bloqueada. Sin embargo, después de colocar la semilla en un medio considerado como adecuado para la germinación, puede observarse que muchas de ellas no germinan debido a algún factor interno.

“La causa puede hallarse en una cubierta seminal dura, impermeable al agua o a los gases, resistente físicamente al crecimiento del embrión inmaduro, la necesidad de sobre maduración, la exigencia de un tipo de luz o de temperatura específica, o la presencia de alguna sustancia que inhibe la germinación”.<sup>9</sup>

Como establece la teoría, la germinación es un proceso, en donde suceden fenómenos que dan como respuesta una transformación de embrión a plántula.

Un solo recurso que haga falta, presenta la no germinación de la semilla, teniendo en cuenta que semillas de plantas de diferentes familias requieren condiciones diferentes y no todas requieren lo mismo.

“La germinación tiene dos partes: visible y no visible, pienso que la parte no visible es la más importante, porque conlleva el desarrollo del embrión, donde procesos metabólicos y morfogénicos interfieren para dar paso a un exitoso desarrollo de una plántula”.<sup>10</sup>

La parte no visible de la germinación puede ser manipulada con la parte visible, que es la regulación de factores externos para la exitosa formación o desarrollo de una plántula.

### **1.2.2 Causas de poco porcentaje de germinación**

Existen factores que interfieren en el proceso de germinación, estos conllevan a poco porcentaje de germinación, algunos

---

<sup>9</sup> Ibíd.

<sup>10</sup> Amen Barrios. *Germinación*. (México, 1996). 34.

factores se combinan con otros y estos detienen el proceso, solo algunos logran sobrevivir y como resultado generan plántulas.

“En las semillas de la mayoría de las plantas existen métodos de control de la germinación. Se cree que estos mecanismos de control se han originado como una respuesta a la supervivencia.

El fenómeno de que las semillas no germinen puede deberse a un factor o a una combinación de factores, entre las causas principales se pueden mencionar las siguientes: presencia de embriones rudimentarios, embriones inmaduros, cubiertas mecánicamente resistentes, cubiertas impermeables y presencia de sustancias inhibitoras”.<sup>11</sup>

Cuando son factores como embriones rudimentarios o embriones inmaduros, estos regularmente no se pueden manipular con los factores visibles que interfieren en la germinación, por lo que otros factores son los que se utilizan para lograr emitir un alto porcentaje de germinación.

#### **a. Embriones rudimentarios o no diferenciados**

Embrión rudimentario o no diferenciado es un embrión que carece de un periodo apto para germinar, su tamaño es pequeño y no está debidamente formado para completar el desarrollo, esto es una limitante y factor para retener la germinación.

“El tamaño del embrión varía desde aquellos muy pequeños hasta los que llenan por completo las cubiertas de la semilla. Su proporción respecto a los tejidos de almacenamiento (endospermo y perispermo) también varía.

Los embriones que en el tiempo de la maduración del fruto son muy pequeños deben aumentar de tamaño antes de que se efectuara la germinación”.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup>Ibíd.

<sup>12</sup>Ibíd.

Muchas semillas parecen maduras, pero el embrión no está aun formado o bien esta completo anatómicamente, pero las células no han sufrido por completo la etapa para pasar al siguiente estado y permitir la germinación.

### **b. Embriones fisiológicamente inmaduros**

Un embrión fisiológicamente inmaduro es un embrión que cumplió con su desarrollo pero no germinan por factores ambientales.

“Condición en la cual los embriones están completamente desarrollados, pero no germinan cuando se colocan en condiciones ambientales favorables, para que la germinación se lleve a cabo, éstos deben sufrir una serie de cambios enzimáticos y químicos, lo cual se denomina pos maduración”.<sup>13</sup>

Los embriones están normales cuando nos referimos a su forma física, pero no están aptos para germinación y deben sufrir cambios para poder germinar, los cambios no son condiciones ambientales sino reacciones en el embrión.

### **c. Cubiertas o integumentos resistentes**

La cubierta es la parte externa de la semilla, esta difiere en consistencia y cuando presentan resistencia es más difícil que ocurra germinación, también puede ser una limitante para que el embrión no pueda expandirse.

“Las semillas tienen una cubierta permeable al oxígeno y al agua pero no permiten la expansión del embrión.

Se considera que una vez la semilla ha absorbido agua, si el embrión no está latente, la fuerza expansiva de la

---

<sup>13</sup> Ibíd.

germinación rompe las cubiertas de la semilla y separa cualquier cubierta exterior”.<sup>14</sup>

Una vez que se logra eliminar o evitar la cubierta resistente, entonces se continúa con la emisión de una plántula.

#### **d. Cubiertas impermeables**

La cubierta impermeable es un elemento que impide el paso del oxígeno, que es uno de los factores que interfieren en la germinación.

“Muchas semillas poseen cubiertas que son relativamente duras, pero principalmente impermeables al agua y al oxígeno, factores básicos para que los coloides del embrión se hidraten y exista energía respiratoria para que puedan entrar en actividad”.<sup>15</sup>

La actividad de germinación necesita básicamente dos elementos principales; y estos son: oxígeno y agua, estos dos elementos serán inducidos en el experimento mediante la eliminación de la cubierta dura y de este modo eliminar la impermeabilidad.

### **1.2.3 Tratamientos pregerminativos**

Tratar semillas es obviar elementos que interfieren en la germinación y que en algunos casos no la hacen posible, un problema recurrente es la testa que impide el paso de agua y oxígeno principalmente, un tratamiento muy conocido es la escarificación y su fin es eliminar la testa para aumentar la cantidad de plántulas emergidas.

---

<sup>14</sup>Ibíd.

<sup>15</sup>Ibíd.

“Cuando la germinación resulta inhibida por la resistencia mecánica de la cubierta seminal o por la impermeabilidad de estas al paso del agua o del oxígeno, puede interrumpirse el reposo mediante la escarificación u otros tratamientos.

Para la inhibición se hace un tratamiento a la testa, y en la investigación se realizó escarificación mecánica para eliminarla completamente, y también suavizarla mediante un remojo en agua a temperaturas elevadas”.<sup>16</sup>

#### e. Escarificación mecánica

La escarificación mecánica es un proceso manual realizado con lija y esto se define como:

“La escarificación mecánica consiste en romper, rayar o alterar mecánicamente las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua o a los gases; para escarificar un lote pequeño de semillas puede utilizarse papel lija, limas, martillo o un tornillo de banco”.<sup>17</sup>

En el desarrollo de la evaluación de las semillas de pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*) se utilizó la escarificación mecánica debido a la sencillez del método, y alterar la testa de las semillas es tener la misión de alcanzar mayores porcentajes y menos tiempo de germinación, porque se expuso la semilla completamente al agua y oxígeno y sin dificultad de absorberlo.

#### f. Remojo en agua

El remojo en agua es la imbibición de semillas en agua, esto con el fin de facilitar la disposición de las semillas a este elemento para que ocurra germinación, teniendo en cuenta que semillas sumergidas completamente son más propensas a generar una plántula.

---

<sup>16</sup> *Ibíd.*, 11

<sup>17</sup> Dana Martínez. *Efecto de cuatro tratamientos pregerminativos en semillas de Acacia bilimekii Tehuixtle*. (México. 1994). 56 – 57.

“El propósito de remojar las semillas en agua es modificar las cubiertas duras, remover los inhibidores, ablandar las semillas y reducir el tiempo de germinación. El remojo puede hacerse con agua a temperatura ambiente o con agua caliente”.<sup>18</sup>

El remojo en agua es suavizar las cubiertas duras, pero también es exponer la semilla de manera completa al agua; en la investigación se utilizó este método remojando las semillas por un periodo de 12 horas para generar mayores porcentajes de germinación.

#### **g. Remojo en agua caliente**

Es la imbibición de las semillas en agua a temperaturas elevadas, para modificar la consistencia de la semilla y este tratamiento se define como:

“Este tratamiento se aconseja para semillas de testa dura, las semillas se sumergen en agua caliente a temperaturas alrededor de 80°C, desde 1 minuto hasta 10 minutos, según sea la consistencia de la testa”.<sup>19</sup>

Moreno<sup>20</sup>, reporta problemas en la germinación al someter las semillas a temperaturas de 75°C por 10 minutos, en el experimento se realizó en un periodo de tiempo de 5 minutos, teniendo en cuenta que en las recomendaciones del investigador sugería disminuir el tiempo de sumergimiento y disminuir también la temperatura.

#### **h. Remojo en agua a temperatura ambiente**

Es la imbibición de las semillas en agua a temperatura ambiente, con el fin de aumentar el porcentaje de germinación.

---

<sup>18</sup> Hugo Hartman. *Propagación de plantas, principios y prácticas*. (México, CECSA, 1989). 124 - 215.

<sup>19</sup> Pablo Wotomic. *Tratamientos sencillos para semillas forestales en viveros en Guatemala*. (Guatemala, 1983). 5 – 8.

<sup>20</sup> *Ibíd.*, 9

“Consiste en colocar las semillas en agua a temperatura ambiente durante un periodo de 12 a 24 horas”.<sup>21</sup>

Con este tratamiento la humedad es retenida por las semillas, obteniendo una rápida germinación, el tiempo de sumergimiento en la investigación fue de 12 horas.

#### **i. Combinación de tratamientos**

Combinar tratamientos es utilizar dos o tres tratamientos para aumentar el porcentaje de germinación, en caso de la investigación se utilizó el tratamiento de escarificación mecánica combinado con la imbibición en agua.

“El propósito de combinar dos o más tratamientos es para superar los efectos de la cubierta impermeable de las semillas y de un embrión latente o de estimular la germinación de semillas con latencia compleja del embrión. La combinación de escarificación mecánica, escarificación química o con agua caliente, seguido por enfriamiento en húmedo es efectiva para semillas que tienen tegumentos duros, impermeables y un embrión latente”.<sup>22</sup>

La combinación consiste en combinar escarificación mecánica con remojo en agua a temperatura ambiente; el fin de esta prueba es proporcionar suficiente agua al embrión, teniendo también en cuenta que debe reposar por un periodo de 24 horas para la retención de oxígeno suficiente a la semilla.

#### **j. Estratificación**

La estratificación es proporcionar a las semillas bajas temperaturas, esto con el riego, con una sombra adecuada con sarán, y con la mezcla de substratos.

---

<sup>21</sup>Ibíd.

<sup>22</sup>Ibíd.

“Es un tratamiento que consiste en proporcionar a la semilla bajas temperaturas, las cuales son requeridas para lograr una germinación rápida y uniforme. Los substratos utilizados pueden ser arena, turba u otro material parecido, las temperaturas con que se debe trabajar varían de 0°C hasta 10°C”.<sup>23</sup>

La baja temperatura se controló con una adecuada sombra utilizando sarán con 70% de sombra, riego y mezcla de substrato que consistió en tierra mezclado con lombricompost, esto con el fin de adquirir mayor humedad.

#### 1.2.4 Generalidades de la pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*)

##### k. Clasificación botánica de la pacaya

Reino	Plantae
Subreino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Arecidae
Orden	Arecales
Familia	Arecaceae
Género	Chamaedorea

##### l. Importancia de la pacaya

Es de mucha importancia económica en Guatemala, pues las inflorescencias son vendidas en el mercado y preparadas en casa, para luego servir las en la mesa con un agradable sabor. Las hojas verdes se utilizan como alimento animal y también como ornamento.

---

<sup>23</sup>Ibid.

### **m. Características generales de la pacaya**

La pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*), es una planta que pertenece a la familia de las Arecaceae, posee un tallo recto, cilíndrico y anillado, o con cicatrices de las hojas caídas; llega a medir seis metros de altura, posee hojas grandes compuestas y hojuelas lanceoladas, planas y venuladas, las flores son dioicas en espigas varias, filiformes, coriáceas, y dehiscentes por el vértice. Las pacayas brotan de los anillos superiores dejados por las hojas; al abrirse salen racimos de flores pequeñas y blancas.

## **1.3 Hipótesis**

El bajo porcentaje germinativo de las semillas se debe a la testa semidura que impide el paso del agua y oxígeno como una cubierta semipermeable para que el embrión no pueda desarrollarse, remover la testa es tan solo un paso para facilitar la absorción de dichos elementos naturales para ejercer el fenómeno de germinación.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO REFERENCIAL**

#### **2.1 Ubicación geográfica**

El experimento se realizó en el municipio de San Pedro Carchá, departamento de Alta Verapaz, en la aldea Chajquej Chanyuc cuyas coordenadas son 15°28'38" N 90°18'38" O.

##### **2.1.2 Características climáticas**

La aldea Chajquej Chanyuc del municipio de San Pedro Carchá se encuentra ubicada a 1,283 msnm, al año presenta un promedio de 2,000 mm de precipitación, una temperatura máxima promedio de 25°C, una temperatura mínima promedio de 13 °C, con una humedad relativa promedio de 82%, una presión atmosférica de 652 mm de Hg.

##### **2.1.3 Características edáficas**

San Pedro Carchá presenta suelos muy profundos, bien drenados, desarrollados principalmente sobre piedra caliza en las regiones húmedas.<sup>24</sup> En su mayoría franco limoso de color café oscuro y estas características se presentan en la Aldea Chajquej Chanyuc.

---

<sup>24</sup> Charles Simmons, ET Al. *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala*. (Guatemala, José de Pineda Ibarra, 1 959). 1000.

#### 2.1.4 Características ecológicas

De acuerdo con el sistema de Holdridge<sup>25</sup>, la zona de vida de San Pedro Carchá (Aldea Chajquej – Chanyuc) se relaciona a la de un bosque muy húmedo subtropical (frío).

---

<sup>25</sup> Jorge René de la Cruz. *Clasificación de zonas de vida de Guatemala*. (Guatemala, Instituto Nacional Forestal, 1982). 42.

## **CAPÍTULO 3 MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Diseño experimental**

La investigación se realizó con el diseño completamente al azar con 3 repeticiones, y se evaluó el experimento 25 días después de que las plántulas “testigo” germinaron para realizar los cálculos correspondientes.

#### **3.1.1 Modelo estadístico**

$$Y_{ij} = \mu + A_i + E_{ij}$$

De donde:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta en cada unidad experimental.

$\mu$  = condiciones homogéneas antes de aplicar los tratamientos.

$A_i$  = efecto de la  $i$ -ésima fuente de tratamiento pre emergente.

$E_{ij}$  = error experimental.

#### **3.1.2 Tratamientos**

Para el desarrollo del experimento se evaluaron los siguientes tratamientos:

T0 Semillas sin tratamiento.

T1 Remojo en agua a 50°C – 70°C durante 5 minutos.

Calentamiento de agua hasta llegar a una temperatura de 70°C, luego remojo de las semillas durante 5 minutos, que es el periodo necesario para alcanzar una temperatura de 50°C.

T2 Escarificación mecánica: Eliminación de la cubierta de la semilla (testa) con lija. (preferible hacerlo con lija para no dañar el embrión al realizarlo con otras herramientas).

T3 Escarificación mecánica combinada con remojo en agua a temperatura ambiente durante 24 horas: Eliminación de la testa con lija, agregado a remojo de las semillas durante 24 horas en agua a temperatura ambiente.

### 3.1.3 Esquema de campo

T1	T2	T3	T0
T3	T1	T2	T0
T2	T3	T1	T0

### 3.1.4 Tamaño de las parcelas

Se necesitó de un área total de 2 x 0.9 m. (240 plantas), representa 12 cajas.

El área por tratamiento fue de 0.5 x 0.3 m. (24 plantas), representa 1 caja.

El área total del experimento fue de 16 m<sup>2</sup>.

## 3.2 Variable de respuesta

Las variables fueron:

- ✓ Porcentaje de emergencia.
- ✓ Días de germinación.
- ✓ Altura de plántulas.

### **3.3 Procedimientos**

#### **3.3.1 Selección del suelo**

El tipo de suelo es importante, por lo que su selección influye en el buen desarrollo germinativo de las semillas; se usó un suelo franco.

#### **3.3.2 Preparación del suelo**

Se realizó la preparación en forma manual, con machete y azadón para chapear, picar y voltear la tierra, respectivamente. Esto con el propósito de dar buenas condiciones para el desarrollo radicular de la planta.

#### **3.3.3 Preparación de sustratos**

La preparación de sustratos constó de la mezcla de tierra y lombricompost.

#### **3.3.4 Desinfección del sustrato**

La desinfección del sustrato se hizo mediante la técnica denominada “solarización”.

La técnica consistió en cubrir el sustrato previamente picado con un *nylon* color negro, y luego para que fuera efectivo dicha técnica se volteó el sustrato dos veces al día durante un periodo de 8 días.

### **3.3.5 Construcción de tarima**

La construcción de una tarima fue necesaria para proteger las bandejas y especialmente las semillas contra los insectos, además para un fácil manejo del experimento, la tarima fue puesta a una altura de 1 m.

### **3.3.6 Sombra**

Las semillas necesitaron sombra de un 70% para alcanzar la germinación, para ello se utilizó sarán.

### **3.3.7 Tratamientos de semillas**

#### **a. Escarificación mecánica**

Consistió en eliminar la testa (cáscara semidura) de las semillas, con el fin de dejar descubierto el embrión y con el cuidado de no dañarlo.

#### **b. Remojo en agua a 50°C - 70°C durante 5 minutos**

Se calentó agua a una temperatura de 70°C; alcanzado dicha temperatura se ingresaron las semillas sin haberles efectuado ningún tratamiento por un periodo de 5 minutos. Luego se dejó reposar en un periodo de 24 horas. Lo que se pretendió lograr con este tratamiento fue de suavizar la cubierta de la semilla para facilitar la germinación.

#### **c. Escarificación mecánica combinado con remojo en agua a temperatura ambiente**

Se hizo una escarificación mecánica a las semillas y luego se sumergieron en agua a temperatura ambiente durante un

periodo de 12 horas. Luego del remojo se dejó reposar en un periodo de 6 horas bajo sombra.

### **3.3.8 Siembra**

Para la siembra se utilizaron bandejas forestales, debido al sistema radicular largo que se forma. Se colocó una semilla por celda.

### **3.3.9 Monitoreo de temperatura**

La temperatura del ambiente donde fueron establecidos los semilleros fue monitoreada con un termómetro, teniendo en cuenta un rango aceptable de 12°C a 14°C para la efectiva germinación y el desarrollo adecuado de las plántulas. La temperatura fue medida cada 8 días para un total de 11 mediciones en el transcurso de todo el experimento (ver cuadro 12 en anexo).

### **3.3.10 Control de malezas**

Cada ocho días se revisó la aparición de malezas, durante un período de 77 días, teniendo en cuenta la eliminación inmediata en la aparición de estas, desmalezando un total de 10 veces en 77 días.

### **3.3.11 Control de plagas y enfermedades**

Se realizó la fumigación en la base de la tarima, controlando zompos (*Atta spp.*) utilizando el producto agroquímico *folidol*, fue monitoreada la presencia de los insectos, volviendo a fumigar después a los 5 días teniendo la eliminación por completo.

### 3.3.12 Riego

El riego fue un factor importante a tomar en cuenta y se consideró riego dos veces al día cuando estaba soleado, cuando el día estaba nublado se aplicó riego una sola vez. La cantidad de agua aplicada en un periodo de 77 días fue de 78 lts/ha, se utilizó una regadera de 0.5 lts de capacidad para aplicar riego.

### 3.3.13 Germinación

Tomando en cuenta la nota de OFIE-CATIE<sup>26</sup> las semillas tardan 50 días en germinar (Testigo). Las semillas germinaron a los 46 días (el tratamiento más efectivo), el tratamiento menos efectivo germinó a los 52 días y la investigación concluyó a los 25 días después de la germinación del testigo.

## 3.4 Recursos

### d. Humanos

- Estudiante
- Docente asesor
- Jornalero (para la construcción de la tarima).

### e. Físico

- Área de 16 m<sup>2</sup>
- Semilla de pacaya
- Agua para regar el cultivo (alrededor de 78 lts/ha. Usados en todo el experimento).
- Insumos: bandejas, lombricompost y tierra.
- Herramientas (machete, azadón y regadera).
- 1 *Folidol*
- Sarán de 16 m<sup>2</sup>
- 1 regla graduada

---

<sup>26</sup> CATIE. *Arboles de Centroamérica "Cultivo de pacaya"*. (Costa Rica, 2009)

### **3.5 Toma de datos**

#### **3.5.1 Datos recolectados**

Los datos considerados para la investigación fueron: altura de plántulas (cm), porcentaje de germinación, días transcurridos para germinación. La toma final de los datos concluyó a los 25 días después de la germinación.

#### **3.5.2 Intervalo de tiempo en la recolección de los datos**

La primer toma de datos fue realizada después de que uno de los tratamientos cumplió 46 días de haberse efectuado la siembra, luego fueron realizados dos recolecciones de datos más, los dos a los 25 días después de la germinación.

El modelo de las boletas utilizadas para la recolección de los datos se muestra en el cuadro 10 (Ver anexos).

#### **3.5.3 Equipo utilizado en la recolección de los datos**

Para la recolección de datos en alturas fue utilizada una regla graduada en cm.



## **CAPÍTULO 4**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Durante el periodo de junio de 2,014 a agosto de 2,014, se llevó a cabo la evaluación de tres tratamientos pregerminativos en semillas de pacaya (*Chamedorea tepejilote Liebm.*)

En general la toma de datos se realizó al momento de que las plántulas empezaron a emerger, por lo que se tuvo que monitorear minuciosamente la germinación a los 35 días después de la siembra.

Para determinar cuál fue la respuesta de las semillas a los tratamientos, se realizó un análisis de cada una de las variables respuesta y con ello respaldar la discusión lógica de la investigación.

#### **4.1 Variable porcentaje de emergencia de plántulas**

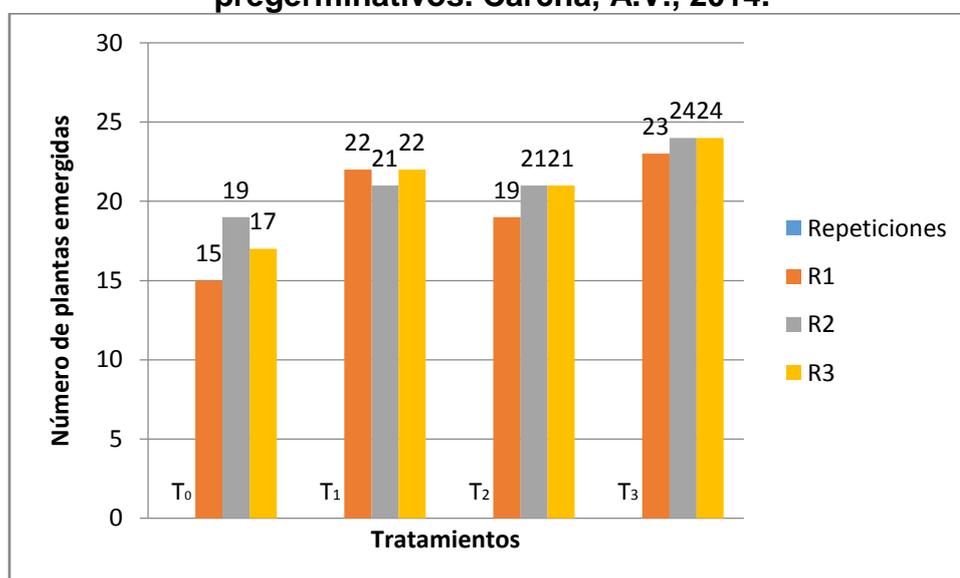
Los datos obtenidos del número de plantas emergidas en cada tratamiento a 54 días después de la siembra se muestran en el cuadro 1 y gráfica 1.

**CUADRO 1**  
**Porcentaje de plántulas emergidas de semillas de pacaya**  
**(*Chamaedorea tepejilote Liebm.*), efectuados bajo tres tratamientos**  
**pregerminativos. Carchá, A.V., 2014.**

	Tratamientos			
Repeticiones	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
R <sub>1</sub>	15	22	19	23
R <sub>2</sub>	19	21	21	24
R <sub>3</sub>	17	22	21	24

Fuente: Investigación de campo. 2 014

**GRÁFICA 1**  
**Porcentaje de plántulas emergidas de semillas de pacaya**  
**(*Chamaedorea tepejilote Liebm.*), efectuados bajo tres tratamientos**  
**pregerminativos. Carchá, A.V., 2014.**



Fuente: Investigación de campo. Año 2 014

En esta gráfica se puede observar que existen diferencias entre los 3 tratamientos evaluados, aunque no puede ser tomada como prueba suficiente para decir que presentaron algún tipo de significancia, por lo que fue necesario realizar el ANDEVA que se presenta a continuación.

**CUADRO 2**  
**Análisis de varianza porcentaje de plántulas emergidas de semillas de**  
**pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*), efectuados bajo tres**  
**tratamientos pregerminativos. Carchá, A.V., 2014.**

F.V	G.L	SC	CM	FC	FT	0.05	0.01
Tratamientos	3	70.67	23.557	15.70467*		4.07	7.59
Error	8	12	1.5				
Total	11	82.67	7.515				

**Fuente:** Investigación de campo. 2 014.

El cuadro 2 de acuerdo con el análisis de varianza indica que los tratamientos producen un efecto distinto y que la diferencia entre las medias es significativa, al menos uno de ellos fue diferente del resto, por lo que es necesario identificar cuál o cuáles son los tratamientos diferentes mediante la implementación de la prueba de comparaciones de medias Tukey al 5 %.

**CUADRO 3**  
**Prueba de comparaciones de medias Tukey al 5% ( $W_p = 3.02$ ) de**  
**porcentaje de plántulas emergidas de semillas de pacaya (*Chamaedorea***  
***tepejilote Liebm.*), efectuados bajo tres tratamientos pregerminativos.**  
**Carchá, A.V., 2014.**

TR.	Medias (cm)	Grupo tukey
T <sub>3</sub>	23.67	a
T <sub>1</sub>	21.67	ab
T <sub>2</sub>	20.33	ab
T <sub>0</sub>	17	b
<b>W<sub>p</sub> = 3.02</b>		

**Fuente:** Investigación de campo. Año 2 014

La prueba de comparaciones de medias Tukey (cuadro 3), muestra que durante las tres mediciones realizadas, el tratamiento 3 (Tratamiento mecánico combinado con remojo en agua durante 24 horas) respondió favorablemente en lo que respecta a número de plantas emergidas con relación al resto de tratamientos.

Se obtiene el testigo con menor cantidad de plántulas emergidas, esto demuestra el inconveniente que tienen las semillas para emerger y que el tratamiento 3 es el indicado para corregir este problema.

Se observa de una mejor forma la diferencia que produjo el tratamiento 3 con un 99% de efectividad, ya que superó en un 28.17% (equivalente a 6.67 plantas), al tratamiento 0 (testigo); pero de acuerdo con la prueba de Tukey las comparaciones entre el tratamiento 3 y tratamiento 2 fueron significativos, pero en cuanto al tratamiento 1 no fue significativamente diferente.

Los resultados en el tratamiento 3 pueden atribuirse a la exposición del embrión a factores como oxígeno y humedad, factores que ayudan a la emergencia de plántulas y a una mayor cantidad de ellas.

La testa es una cubierta semidura en el caso de las semillas de pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*), que representa el factor que impide la absorción del agua y difusión del oxígeno, la facilidad del embrión de estar en contacto directo con el agua y oxígeno, hidratando directamente las proteínas y otros coloides, para dar paso a la formación o activación de enzimas que dan lugar al incremento de la actividad metabólica, como último paso para el alargamiento de las células de la radícula seguido por el rompimiento de la testa que da lugar a la emergencia de la plántula.

Pero para dar incremento a actividades metabólicas se necesita de condiciones ambientales favorables como: suficiente disponibilidad de oxígeno y humedad, sustrato húmedo y temperatura adecuada.

La importancia de eliminar la testa, es tratar de evitar el almacenaje natural que retiene la hidratación de los tejidos para la activación de procesos metabólicos, que dan lugar a la germinación. En el medio natural muchas semillas no germinan debido a la impermeabilidad que tiene la testa, y esto se traduce en pocas semillas germinadas y en periodos relativamente largos de germinación. Mientras que una semilla no se encuentre en las condiciones ambientales favorables, dicha semilla se mantendrá latente.

La latencia incluye factores que afectan la germinación, entre estos tenemos los factores externos o extrínsecos de la semilla, recurriendo entonces a factores ambientales que inciden en el proceso de germinación como: humedad, temperatura y gases. La temperatura fue controlada con sarán de 70% de sombra, dicha sombra fue la adecuada para mantener la temperatura de 12°C a 14°C fue la óptima para que ocurriera la germinación.

“la temperatura que influyó sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación”<sup>27</sup>.

La mayor parte de la germinación requiere un ambiente aireado que permita la disponibilidad de O<sub>2</sub> y de CO<sub>2</sub>, de esta forma el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas.

#### 4.2 Variable número de días transcurridos para germinación

Los datos obtenidos de variable número de días transcurridos para germinación son mostrados en el cuadro 4 y gráfica 2.

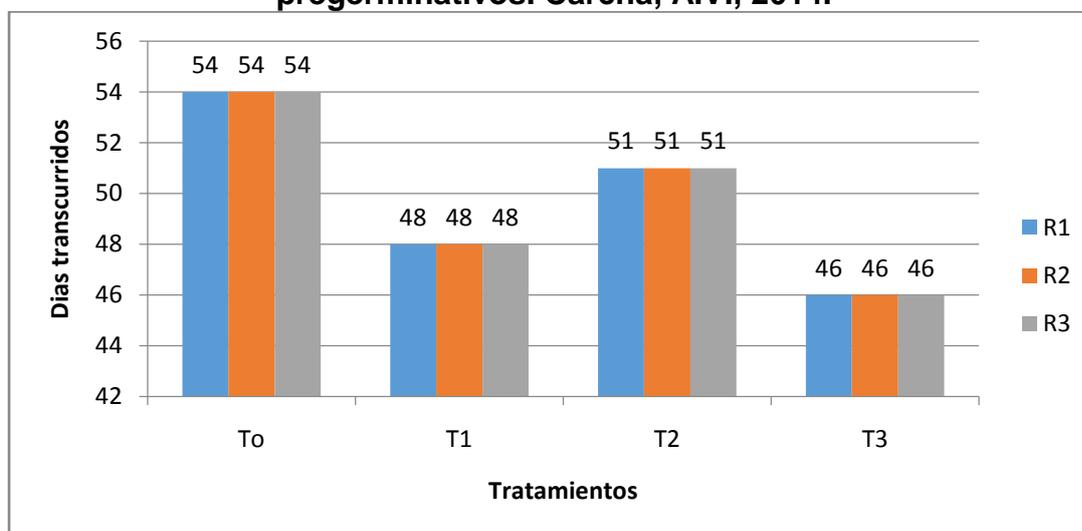
**CUADRO 4**  
**Número de días transcurridos para germinación de semillas de pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*), efectuados bajo tres tratamientos pregerminativos. Carchá, A.V., 2014.**

Repeticiones/Tratamientos	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
R <sub>1</sub>	54	48	51	46
R <sub>2</sub>	54	48	51	46
R <sub>3</sub>	54	48	51	46

Fuente: Investigación de campo. 2 014.

<sup>27</sup>ZconBierto, J. y M. Talon. *Fisiología y bioquímica vegetal*. (España, McGraw Hill, 1993). 204.

**GRÁFICA 2**  
**Número de días transcurridos para germinación de semillas de pacaya**  
**(*Chamaedorea tepejilote Liebm.*), efectuados bajo tres tratamientos**  
**pregerminativos. Carchá, A.V., 2014.**



**Fuente:** Investigación de campo. Año 2 014

En esta gráfica se puede observar que existen diferencias entre los 3 tratamientos evaluados, aunque no puede ser tomada como prueba suficiente para decir que presentaron algún tipo de significancia, por lo que fue necesario realizar el ANDEVA que se presenta a continuación.

**CUADRO 5**  
**Análisis de varianza de número de días transcurridos para germinación**  
**de semillas de pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*), efectuados bajo**  
**tres tratamientos pregerminativos. Carchá, A.V., 2014.**

F.V	G.L	SC	CM	FC	FT 0.05	0.01
Tratamientos	3	110.25	36.75	0 NS	4.07	7.59
Error	8	0	0			
Total	11	110.25	10.0227			

**Fuente:** Investigación de campo. 2 014.

Con el ANDEVA del cuadro 5 se aprecia que no existe significancia estadística entre los tratamientos, por lo que no es necesario realizar la prueba de comparaciones de medias de Tukey.

Los datos muestran cuál tratamiento fue efectivo (cuadro 4), manifestando que el tratamiento 3 (Tratamiento mecánico combinado con remojo en agua durante 24 horas) respondió favorablemente en lo que respecta al número de días transcurridos para germinación con relación al resto de tratamientos. El tratamiento 3 (Tratamiento mecánico combinado con remojo en agua durante 24 horas) tiene 8 días menos de germinación respecto al tratamiento 0 (Testigo), esto representa 14.81% de diferencia, los tratamientos 1 y 2 presentan respectivas variaciones. La imbibición o hidratación del embrión previa una escarificación resalta la importancia de exponerlo a factores como el agua, temperatura y gases (oxígeno), teniendo presente que el resultado no es favorable si uno de los factores no se encuentra disponible para el embrión.

La testa de acuerdo a su consistencia es un elemento impermeable que evita el paso de elementos como agua y gases que posibilitan la germinación, la eliminación de ella hace que el embrión entre fácilmente en contacto con el ambiente para su continua activación metabólica y esto se traduce en la emisión de una plántula.

Aunque la impermeabilidad de la testa no es el único elemento discutible, también se considera el lento movimiento del agua en el endospermo que atrasa el tiempo de germinación y en otros casos la anula por completo, el pericarpio es semiduro y la radícula tarda en romperlo, siendo una obstrucción mecánica a la germinación, pero eso es notable en la efectividad del tratamiento al eliminarlo.

### 4.3 Variable de altura de plantas, 25 días después de la germinación.

Los datos obtenidos de la variable altura de plantas a 25 días después de germinación, mostrada en el cuadro 6 y gráfica 3.

**CUADRO 6**

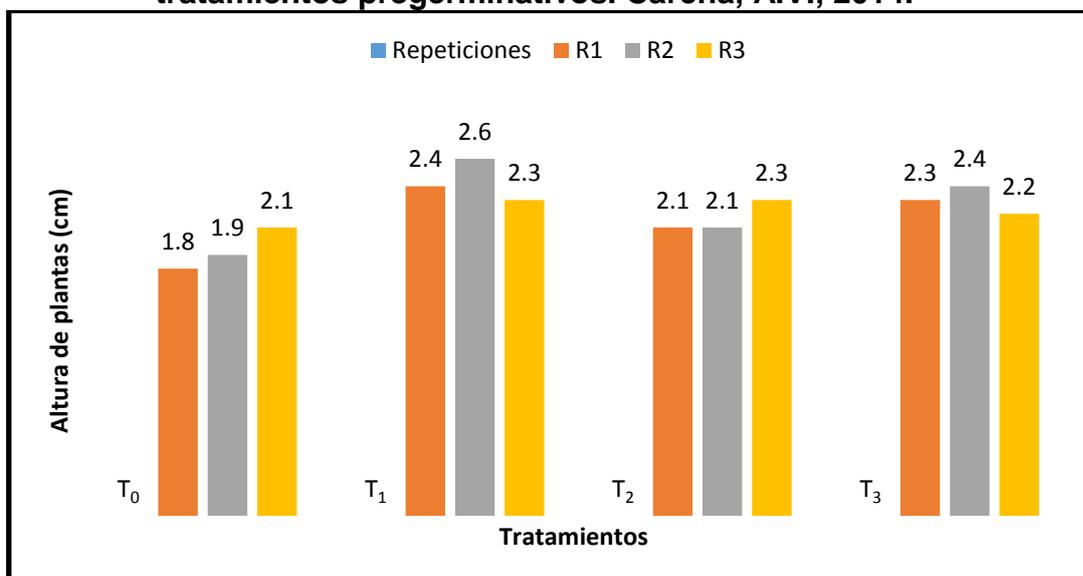
**Altura de plantas, 25 días después de la germinación de semillas de pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*), efectuados bajo tres tratamientos pregerminativos. Carchá, A.V., 2014.**

Repeticiones/Tratamientos	Altura (cm)			
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
R <sub>1</sub>	1.8	2.4	2.1	2.3
R <sub>2</sub>	1.9	2.6	2.1	2.4
R <sub>3</sub>	2.1	2.3	2.3	2.2

Fuente: Investigación de campo. 2 014

**GRÁFICA 3**

**Altura de plantas, 25 días después de la germinación de semillas de pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*), efectuados bajo tres tratamientos pregerminativos. Carchá, A.V., 2014.**



Fuente: Investigación de campo. Año 2 014

En esta gráfica se puede observar que hay diferencias entre los 3 tratamientos evaluados, aunque no puede ser tomada como prueba

suficiente para decir que presentaron algún tipo de significancia, por lo que fue necesario realizar el ANDEVA que se presenta a continuación.

### CUADRO 7

**Análisis de varianza de altura de plántulas, 25 días después de la germinación de semillas de pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*), efectuados bajo tres tratamientos pre germinativos. Carchá, A.V., 2014.**

F.V	G.L	SC	CM	FC	FT 0.05	0.01
Tratamientos	3	0.4092	0.1364	7.794286*	4.07	7.59
Error	8	0.14	0.0175			
Total	11	0.5492	0.0499272			

Fuente: Investigación de campo. 2 014.

De acuerdo con el análisis de varianza (cuadro 7) indica que los tratamientos producen un efecto distinto y que la diferencia entre las medias es significativa, al menos uno de ellos fue diferente del resto, por lo que es necesario identificar cuál o cuáles son los tratamientos diferentes mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 5 %.

### CUADRO 8

**Prueba de comparaciones de medias Tukey al 5% ( $W_p = 0.34$ ) de altura de plántulas, 25 días después de la germinación de semillas de pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm.*), efectuados bajo tres tratamientos pregerminativos. Carchá, A.V., 2014.**

TR	Medias	GRUPO TUKEY
T <sub>1</sub>	2.43	a
T <sub>3</sub>	2.3	ab
T <sub>2</sub>	2.17	ab
T <sub>0</sub>	1.93	b
W <sub>p</sub> = 0.34		

Fuente: Investigación de campo. Año 2 014

La prueba de comparaciones de medias Tukey (cuadro 8), muestra que de las tres mediciones realizadas, el tratamiento 1 (Remojo en agua a

una T° de 50° – 70°C durante 5 minutos) respondió favorablemente en lo que respecta a las alturas de plantas a los 25 días después de germinación con relación al resto de tratamientos.

Se observa de una mejor forma la diferencia que produjo el tratamiento 1 con 2.43 cm de altura, superando en un 20.58% (equivalente a 0.5 cm), al tratamiento 0 (testigo); pero de acuerdo con la prueba de Tukey las comparaciones entre los tratamientos tienen significancia estadística.

La testa es un elemento que afecta el proceso de germinación. El agua hirviendo altera la cubierta, de manera que la testa se suavice y sea de manera más fácil para la radícula emerger, también facilita la penetración de humedad y oxígeno a través de la cubierta por un recorrido del agua por el endospermo.

Cuando se altera la cubierta de la semilla, la plántula emerge fácil y de mejor manera, produciendo plántulas de mayor altura en un periodo de 48 días en relación al testigo, generando plantas vigorosas. Exponer las semillas a temperaturas altas es someter las mismas bruscamente por cinco minutos, modificando así la cutícula y el parénquima bien desarrollado de la semilla que impide el paso del agua y la elongación de las plántulas.

Alterar la temperatura por cinco minutos influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla en el momento de hidratarlas.

Las semillas inducidas a bajas temperaturas son especialmente para conservación y almacenamiento, para alargar por más tiempo la vida de las semillas y reduciendo al mínimo la presencia de oxígeno para evitar la germinación. Entonces la actividad contraria ejecutada en la investigación induce la germinación y de manera efectiva, como lo es la obtención de plantas más vigorosas y altas.

## CONCLUSIONES

1. En el experimento se alcanzó 99% de germinación, superando el 75% que es lo admitido para el género *Chamaedorea*. El tratamiento de mayor efectividad es el tratamiento escarificación mecánica combinada con remojo en agua durante 24 horas y es de importancia porqué influye en la obtención de mayor cantidad de plántulas en un periodo menor de días.
2. Eliminar la testa de las semillas e hidratarlas representa la facilidad que posee el embrión de absorber la humedad y oxígeno al estar completamente descubierta, la testa es un elemento que funciona como impermeabilizante, pero en otros casos solo hace más lento el paso del agua por la cubierta, teniendo así una lenta germinación, en otras circunstancias la anulación completa del mismo. Se cumplió la hipótesis.
3. Germinar semillas es manejarlas de acuerdo a las condiciones ambientales favorables como lo son: adecuada humedad, temperatura y gases (oxígeno principalmente).
4. Remojar las semillas entre temperaturas de 50° - 70°C mejora la calidad de plántulas en relación a vigorosidad y altura. Siendo este el mejor tratamiento, sumándole una buena cantidad de plantas emergidas en 48 días.
5. La utilización de bandejas de tipo forestal, serán con sombra de 70% y riego de dos veces al día (según el clima), muestran que dichas prácticas son esenciales para la continuación de las

6. actividades metabólicas del embrión necesarias para la obtención del mejor resultado.
  
7. La facilidad del embrión cuando la cubierta es modificada y estar en contacto directo con el agua y oxígeno, hidratando directamente las proteínas y otros coloides, para dar paso la formación o activación de enzimas que dan lugar al incremento de la actividad metabólica, como último paso el alargamiento de las células de la radícula seguido por el rompimiento de la testa que da lugar a la emergencia de la plántula.

## RECOMENDACIONES

1. Evaluar las semillas a distintas temperaturas y a distintos periodos de tiempo de imbibición.
2. Evaluar efectos de germinación bajo distintos tratamientos químicos y distintas concentraciones de las sustancias a usar.
3. Los tratamientos pre germinativos usados en esta investigación emplearlos en semillas del género *Chamaedorea* como el Xate (*Chamaedorea guatemalensis*) que se encuentran en peligro de extinción.
4. Con base a los resultados obtenidos se recomienda escarificar semillas, remojarlas en agua hervida y luego ponerlas en agua a temperatura ambiente por un periodo de 12 o 24 horas, a manera de mantener oxigenación en el agua, cambiar el agua cada 4 horas.



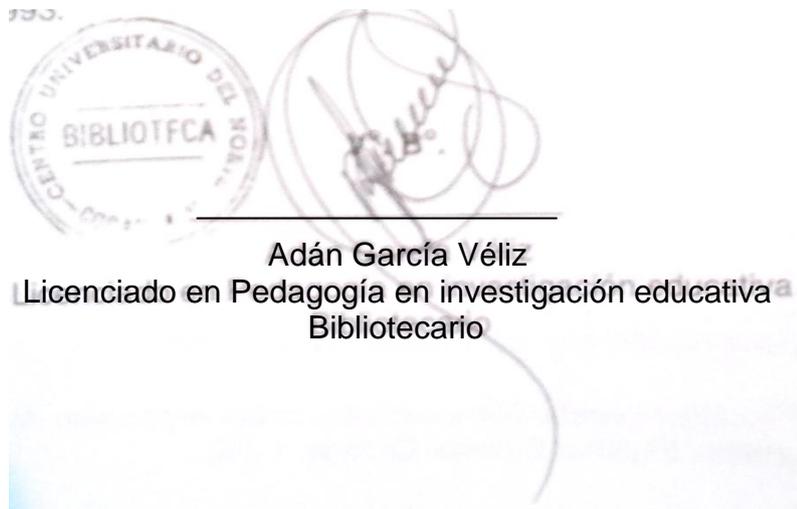
## BIBLIOGRAFÍA

- Amen, B. *Germinación*. México: Editorial Linsa, 1 996.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza -CATIE-. *Arboles de Centroamérica Cultivo de pacaya*. Costa Rica: Editorial Ofie, 2 009.
- Cruz, Jorge René de la. *Clasificación de zonas de vida a nivel de reconocimiento*. Guatemala: Instituto Nacional Forestal, 1 982
- Devlin, R. *Fisiología vegetal Generalidades sobre el proceso de germinación de semillas*. España: Editorial Omega, 1 980.
- Hartman, H. *Propagación de plantas, principios y prácticas*. Monterrey, México: Editorial CECSA, 1 989.
- Moreno, Gisela. *Pruebas de escarificación en semillas de palma camedor Chamaedorea elegans MART*. Tesis Licenciatura en biología. Universidad Veracruzana. Veracruz, Córdoba, México: Facultad de biología, 1 991.
- Martínez, D. *Efecto de cuatro tratamientos pregerminativos en semillas de Acacia bilimekii Tehuixtle*. México: snt., 1 994.
- Méndez, Humberto y María Menchú. *Tabla de composición de alimentos para Centroamérica del INCAP*. Guatemala: INCAP/OPS, 2 012.
- Ramírez, Lucas. *Evaluación de métodos de escarificación en semillas de palma camedor Chamaedorea elegans Mart*. Tesis Licenciatura en ciencias agrícolas. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México: Facultad de ciencias agrícolas, 1 995.
- Simmons, Charles, ET Al. *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala*. Guatemala: José de Pineda Ibarra, 1 959
- Trejo, Gabriel. *Escarificación de semilla de palma camedor Chamaedorea elegans Mart*. Tesis Licenciatura en ciencias agrícolas. Universidad Veracruzana. Veracruz, Córdoba, México: Facultad de Ciencias Agrícolas, 2 010.

Velásquez, Ramón, ET Al. *Efecto de tratamientos en la germinación de semillas de palma camedor Chamaedorea elegans MART.* 2 002. <http://www.revistasinifap.org.mx/index.php/Forestales/article/download/47/38>. Revistas inifap (22 de abril de 2 015).

Wotomic, P. *Tratamientos sencillos para semillas forestales en viveros en Guatemala.* Guatemala: Instituto Nacional Forestal, 1 983.

Zcon, Bieto, J. y M. Talón. *Fisiología y bioquímica vegetal.* España: McGraw Hill, 1 993.



## ANEXOS

**CUADRO 9**  
**Croquis con la ubicación de los bloques y tratamientos en el campo del**  
**área de investigación.**

	Bloque 1		Bloque 2		Bloque 3		Bloque 4	
	T <sub>1</sub>		T <sub>2</sub>		T <sub>0</sub>		T <sub>2</sub>	
	T <sub>3</sub>		T <sub>1</sub>		T <sub>1</sub>		T <sub>3</sub>	
	T <sub>0</sub>		T <sub>3</sub>		T <sub>2</sub>		T <sub>0</sub>	

**Fuente:** Investigación de campo. 2 014.

### Referencias:

T= Tratamiento

### Tratamientos:

T<sub>0</sub>= Testigo

T<sub>1</sub>= Remojo en agua a una T° de 50° – 70°C durante 5 minutos.

T<sub>2</sub>= Tratamiento mecánico

T<sub>3</sub>= Tratamiento mecánico combinado con remojo en agua durante 24 horas.

**CUADRO 10**  
**Boleta usada para la recolección de datos**

<b>Fecha:</b>				<b>Tratamiento:</b>				<b>Repetición:</b>				
<b>Observaciones:</b>												
	<b>T1</b>	<b>T1</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T2</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T3</b>	<b>T3</b>	<b>To</b>	<b>To</b>	<b>To</b>
	<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>r3</b>	<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>r3</b>	<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>r3</b>	<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>r3</b>
<b>Días transcurridos</b>												
<b>Altura de plántulas</b>												
<b>Cantidad de plántulas</b>												

Fuente: Investigación de campo. 2 014.

**Referencias:**

T = Tratamientos

T1r = Tratamiento 1 repetición

T2r = Tratamiento 2 repetición

T3r = Tratamiento 3 repetición

**CUADRO 11**  
**Costos durante la investigación.**

<b>Cantidad</b>	<b>Insumo</b>	<b>Costo por unidad (Quetzales)</b>	<b>Costo total (Quetzales)</b>
12	Bandejas	15	180
25 lb.	Lombricompost	25	25
4 toneles	Agua	5	20
2 lb.	Semillas de pacaya	15	30
16m <sup>2</sup>	Área de trabajo	120	120
8m <sup>2</sup>	Sarán	150	150
4	Horcones	5	20
2	Jornalero	50	100
1	Libreta de campo	5	5
1	Folidol	55	55
1	Regadera	15	15
			<b>Q 720.00</b>

Fuente: Investigación de campo. 2 014.

**CUADRO 12**  
**Monitoreo de temperatura.**

Número de medición	Temperatura (°C)
1	12
2	14
3	12
4	13
5	12
6	12
7	13
8	13
9	14
10	14
11	12

**Fuente:** Investigación de campo. 2 014.



**CUNOR** | **CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE**  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**IMPRIMASE**

Cobán, Alta Verapaz 23 de febrero de 2016.

Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales  
DIRECTOR

