

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN EN
SEMILLAS DE PACAÍNA (*Chamaedorea* sp); CHIMALTENANGO
TESIS DE GRADO

JUAN FRANCISCO CHARUC CHIP
CARNET 21275-09

QUETZALTENANGO, MARZO DE 2016
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN EN
SEMILLAS DE PACAÍNA (*Chamaedorea sp*); CHIMALTENANGO
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
JUAN FRANCISCO CHARUC CHIP

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

QUETZALTENANGO, MARZO DE 2016
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

DR. WILLIAM ERIK DE LEÓN CIFUENTES

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. GUILLERMO JAVIER HERNÁNDEZ DE LEÓN
ING. LEONEL ABRAHAM ESTEBAN MONTERROSO
ING. MARCO ANTONIO ABAC YAX

AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO

DIRECTOR DE CAMPUS: P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.

SUBDIRECTOR DE INTEGRACIÓN
UNIVERSITARIA: P. JOSÉ MARÍA FERRERO MUÑIZ, S.J.

SUBDIRECTOR ACADÉMICO: ING. JORGE DERIK LIMA PAR

SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ

SUBDIRECTOR DE GESTIÓN
GENERAL: MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ

Guatemala 02 de abril de 2016

Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante JUAN FRANCISCO CHARUC CHIP, carné 21275-09, titulada: "Evaluación de métodos de escarificación en semillas de pacaína (*Chamaedorea* sp); Chimaltenango".

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Dr. Willian Erik De León Cifuentes.

Colegiado no. 1729

Cod. JRL 21227



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06436-2016

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante JUAN FRANCISCO CHARUC CHIP, Carnet 21275-09 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 0619-2016 de fecha 26 de febrero de 2016, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN EN
SEMILLAS DE PACAÍNA (*Chamaedorea sp*); CHIMALTENANGO

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 29 días del mes de marzo del año 2016.


ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



Agradecimientos

- A Dios:** Por brindarme la sabiduría e inteligencia para realizar este proyecto de tesis.
- A mi Familia:** Por brindarme su apoyo y acompañamiento incondicional.
- A mi Esposa:** Candelaria Marisela Silvestre Hernández por su valiosa ayuda y acompañamiento.
- A mi Asesor:** Dr. Willian Erik de León Cifuentes por sus valiosos aportes a este proyecto de tesis.
- A mis Catedráticos:** Ing. Agr. Marco Antonio Abac y Alejandro Solórzano; por el constante seguimiento y apoyo brindado desde el inicio del proyecto de tesis.
- A la Universidad:** Rafael Landívar Campus de Quetzaltenango, por brindarme su apoyo mediante la utilización de los laboratorios de química donde se realizó la escarificación química.
- Amigos:** Agr. Jorge Antonio Mansilla Manrique y Francisco Bartolomé Castro García por brindarme su apoyo en esta etapa universitaria.

Dedicatoria

- A Dios:** Por todas las bendiciones recibidas en esta etapa de mi vida.
- A mis Padres:** María Elena Chip González y Francisco Charuc Bac; por darme el don de la vida y ser mi guía en todo momento.
- A mis Hermanos:** Walter Everardo, Ingrid Manuela, Boris Bladimir, Karen Elizabeth, Allan Edilberto y Randall Alejandro Charuc Chip, por su apoyo incondicional.
- A mi Esposa:** Candelaria Marisela Silvestre Hernández, por su ayuda y acompañamiento en esta etapa de mi vida.
- A mis Amigos:** Guillermo Quex, Aaron Cutzal, Henry Chumil, Carlos Luis Zavala y Josué Gonzáles, por haber formado parte de esta etapa universitaria y por su valiosa amistad.

Índice

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	2
2.1. MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN.....	2
2.1.1. Escarificación mecánica.....	3
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	10
IV. OBJETIVOS.....	11
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
V. HIPÓTESIS.....	12
VI. METODOLOGÍA.....	13
6.1. LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO.....	13
6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	14
6.2.1 Semillas de pacaina.....	14
6.3. FACTOR A ESTUDIAR.....	14
6.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	14
6.4.1. Escarificación química.....	14
6.4.2. Escarificación física.....	14
6.4.3. Escarificación mecánica.....	15
6.4.4. Testigo relativo.....	15
6.4.5. Testigo absoluto.....	15
6.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	15
6.6. MODELO ESTADÍSTICO.....	16
6.7. UNIDAD EXPERIMENTAL.....	16
6.8. CROQUIS DE CAMPO.....	17
6.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	18

6.9.1.	Recolección de las semillas.....	18
6.9.2.	Preparación del terreno.....	18
6.9.3.	Preparación de las unidades experimentales.....	18
6.9.4.	Escarificación con ácido.....	19
6.9.5.	Escarificación con agua caliente.....	19
6.9.6.	Escarificación con agua fría.....	19
6.9.7.	Escarificación mecánica.....	19
6.9.8.	Siembra.....	19
6.9.9.	Riego.....	20
6.9.10.	Registro de datos.....	20
6.10.	VARIABLES DE RESPUESTA.....	20
6.10.1.	Germinación de las semillas de pacaina.....	20
6.10.2.	Tiempo de germinación.....	21
6.10.3.	Altura de la planta.....	21
6.10.4.	Longitud de la raíz.....	21
6.10.5.	Biomasa.....	21
6.11.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	21
6.11.1.	Análisis estadístico.....	21
6.11.2.	Análisis económico.....	22
VII	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
VIII.	CONCLUSIONES.....	42
IX.	RECOMEDACIONES.....	44
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
XI.	ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Número	Contenido	Página
Cuadro 1	Tratamientos de escarificación evaluados en semillas de pacaina (<i>Chamaedorea</i> sp), en San Pedro Yepocapa, Chimaltenango.....	15
Cuadro 2	Resumen del número de semillas de pacaina germinadas y el porcentaje de germinación por tratamiento, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	24
Cuadro 3	Resumen del número de semillas de pacaina germinadas por tratamiento, datos transformados mediante la ecuación \sqrt{x} , San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	25
Cuadro 4	Análisis de varianza del número de semillas de pacaina germinadas por tratamiento, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	25
Cuadro 5	Prueba múltiple de medias Tukey al 5% del número de semillas de pacaina germinadas por tratamiento, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	26
Cuadro 6	Resumen del tiempo transcurrido de la siembra al primer registro de germinación por tratamiento, expresando en semanas, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	27
Cuadro 7	Análisis de varianza del tiempo transcurrido de la siembra al primer registro de germinación, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	28

Cuadro 8	Prueba múltiple de medias Tukey al 5% del tiempo transcurrido de la siembra al primer registro de germinación por tratamiento, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.	29
Cuadro 9	Datos obtenidos en la medición de la altura de las plántulas de pacaina a los 35 días después de germinadas, expresadas en metros, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	30
Cuadro 10	Promedio de las alturas de las plántulas por tratamiento, expresado en metros, datos transformados mediante la ecuación \sqrt{x} , San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	31
Cuadro 11	Análisis de varianza para la variable alturas de las plántulas, con datos transformados mediante la ecuación \sqrt{x} , San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	32
Cuadro 12	Prueba múltiple de medias Tukey al 5% de alturas de las plántulas por tratamiento, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	32
Cuadro 13	Datos obtenidos en la medición del largo de la raíz de las plántulas de pacaina a los 35 días después de germinadas, expresadas en metros, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	34
Cuadro 14	Análisis de varianza para la variable largo de raíz de las plántulas de pacaina, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	35
Cuadro 15	Prueba múltiple de medias Tukey al 5% para el largo de raíz de las plántulas de pacaina por tratamiento, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	35

Cuadro 16	Datos obtenidos en la medición de la biomasa de las plántulas de pacaina a los 35 días después de germinadas, expresadas en gramos, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	36
Cuadro 17	Promedio de la biomasa de las plántulas de pacaina por tratamiento, expresado en gramos, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	37
Cuadro 18	Promedio de la biomasa de las plántulas de pacaina por tratamiento; datos transformados mediante la ecuación \sqrt{x} , Chimaltenango, 2014.....	38
Cuadro 19	Análisis de varianza para la variable biomasa de las plantas de pacaina; 35 días después de su germinación, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	39
Cuadro 20	Prueba múltiple de medias Tukey al 5% para la variable biomasa de las plántulas de pacaina por tratamiento, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	40
Cuadro 21	Resumen de medias de las variables evaluadas, de los diferentes métodos de escarificación en semillas de pacaina, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	40
Cuadro 22	Resumen del costo por tratamiento de los diferentes métodos de escarificación en semillas de pacaina, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango.....	41
Cuadro 23	Registro del seguimiento semanal de la germinación de semillas de pacaina del 23/03/2014 al 03/08/2014 de la repetición I, II y III, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	52

Cuadro 24	Registro del seguimiento semanal de la germinación de semillas de pacaina del 10/08/2014 al 04/01/2015 de la repetición I, II y III, Chimaltenango, 2014.....	53
Cuadro 25	Registro del seguimiento semanal de la germinación de semillas de pacaina del 23/03/2014 al 03/08/2014 de la repetición IV, V y VI, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	54
Cuadro 26	Registro del seguimiento semanal de la germinación de semillas de pacaina del 10/08/2014 al 04/01/2015 de la repetición IV, V y VI, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	55
Cuadro 27	Costo total de la escarificación química (T1: escarificación de semillas de pacaina con ácido sulfúrico al 5% y T2: escarificación de semillas de pacaina con ácido sulfúrico al 10%), San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	56
Cuadro 28	Costo total de la escarificación física (T3: sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 5 días, T4: sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 15 días, T5: sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 20 días, T8: sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 10 días), San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	57
Cuadro 29	Costo total de la escarificación mecánica (T7: escarificación por golpe con martillo), San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	58

Cuadro 30	Costo total del testigo absoluto (T9), San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.....	59
-----------	--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Número	Contenido	Página
Figura 1	Distribución de las semillas de pacaina en las bolsas de polietileno utilizadas en la evaluación de métodos de escarificación en semillas de pacaina, en San Pedro Yepocapa, Chimaltenango.....	16
Figura 2	Unidad experimental conformada por 100 semillas de pacaina (parcela neta 100 semillas, parcela bruta 52 semillas); distribuidas en 4 bolsas de polietileno, evaluación de escarificación en San Pedro Yepocapa, Chimaltenango.....	17
Figura 3	Distribución de los tratamientos y repeticiones en el área experimental de los métodos de escarificado en semillas de pacaina, en San Pedro Yepocapa, Chimaltenango.....	17
Figura 4	Ubicación del área donde se realizó la investigación, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango.....	49
Figura 5	Frutos de pacaina de donde se obtuvieron las semillas utilizadas en la evaluación de métodos de escarificación.....	50
Figura 6	Plantación de pacaina en San Pedro Yepocapa, Chimaltenango.....	51

Resumen

El objeto del presente trabajo fue la identificación del efecto de los métodos de escarificación en el proceso de germinación en las semillas de pacaina. Se evaluaron los métodos de escarificación física, química y mecánica. La escarificación física consistió en sumergir las semillas en agua fría durante 5, 10, 15 y 20 días y en agua caliente durante un minuto. La escarificación química consistió en sumergir las semillas en ácido sulfúrico al 5% y 10% durante un minuto. La escarificación mecánica consistió en golpear las semillas con un martillo tratando de romper la testa. Se utilizó un diseño experimental al irrestricto azar con nueve tratamientos y seis repeticiones. Los resultados obtenidos en los registros de germinación indican que el porcentaje mayor es de 77.83% que corresponde al tratamiento con agua fría durante 15 días, seguido del tratamiento con escarificación mecánica por golpe con martillo con un 77.17% comparado con el testigo absoluto que obtuvo un 5.67% de germinación. Estos resultados serán de utilidad para incrementar el porcentaje de germinación de las semillas de pacaina. Por lo que se concluyó que los mejores resultados para incrementar la cantidad de semillas germinadas se obtuvieron con el tratamiento que consistió en sumergir las semillas en agua fría durante 15 días y el tratamiento que consistió en la escarificación por golpe con martillo. El tratamiento que consistió en sumergir las semillas en agua fría durante 20 días es el mejor método de escarificación para disminuir el tiempo de germinación. El método de escarificación que tuvo mejor efecto en la altura y largo de raíz de las plantas germinadas fue el tratamiento que consistió en sumergir las semillas de pacaina en ácido sulfúrico al 10% durante un minuto.

I. INTRODUCCIÓN

Los bosques de Guatemala poseen una gran riqueza en cuanto a la diversidad de plantas no maderables, muchas de estas especies fueron seleccionadas y explotadas por los antiguos mayas hace más de un milenio, en la actualidad se están sobre explotando estas especies; lo cual está generando un desequilibrio en el bosque; dejando en peligro de extinción a muchas especies de flora y fauna silvestre. Los bosques son de vital importancia para el mantenimiento de la vida debido a que transforman la luz solar en energía disponible para el resto de formas de vida, evitan la erosión del suelo, generan oxígeno, sirve como hábitat para una gran diversidad de flora y fauna silvestre, juegan un papel importante en el ciclo del agua y generan muchos subproductos útiles a los seres humanos; tales como: alimentos, medicinas, madera (Villena, 2003).

En la lista de especies en peligro de extinción del Consejo Nacional de Área Protegidas (CONAP), se encuentra el género *Chamaedorea*, dentro de éste se encuentra la pacaina, siendo una de las especies cultivadas en el municipio de San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, con un área de 30 hectáreas aproximadamente. En la actualidad se extrae la palma de pacaina de plantaciones establecidas, con un costo de Q 50.00 por cada jornal de trabajo. Dicha actividad ha tomado auge por ser una alternativa para obtener ingresos económicos familiares, mitigando la crisis que está afectando la caficultura del municipio (Chioc, 2014).

Uno de los obstáculos que se enfrenta en la actualidad en la propagación de la pacaina es una posible latencia de las semillas, lo cual incrementa el tiempo de germinación a 10 meses y se obtienen porcentajes de germinación menores al 10%; atrasando todo el proceso de almácigo y trasplante a campo definitivo. A raíz de estos obstáculos se propuso realizar esta evaluación de métodos de escarificación en semillas de pacaina, para determinar que método incrementaría el porcentaje de germinación y reduciría los días de germinación en las semillas, logrando mejorar los resultados de la propagación sexual de dicho cultivo (Chioc, 2014).

II. MARCO TEÓRICO

2.1. MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN

Muchas semillas al alcanzar su punto máximo de madurez inician un período de latencia producido por factores internos y externos; que normalmente se interrumpe cuando se presentan las condiciones naturales adecuadas para la germinación o cuando se utilizan tratamientos que ayudan a propiciar las condiciones idóneas para la germinación de las semillas y aumentar los porcentajes de germinación (Rodríguez, 2000).

Los métodos de escarificación comprenden tratamientos físicos, mecánicos y biológicos como el calor seco, la ruptura de la testa, el remojo en agua y soluciones químicas que propician la germinación de las semillas. Todo tratamiento que destruye o reduce la impermeabilidad de la cubierta se denomina escarificación, por eso en algunos casos solo basta con destruir un solo punto de la cubierta para que se produzca la imbibición e intercambio de gases y así se inicie la germinación (Padilla, 1995).

Muchas semillas de especies forestales no germinan fácilmente aunque existan las condiciones de humedad adecuadas, lo que se puede considerar como una estrategia de sobrevivencia al mantener su poder germinativo por más tiempo (González, 1993).

Jiménez (2004), Revista Tecnológica menciona sobre el estudio el efecto de distintos métodos de escarificación química, física y mecánica, así como la combinación de ellos, con diferentes tratamientos para lograr la germinación de semillas de tagua (*Phytelphas aecuatorialis*), utilizando 10 semillas por tratamiento puestas en semilleros de germinación, con un diseño completamente al azar. Se demostró que el método de escarificación química utilizando ácidos y bases no causa escarificación alguna sobre las semillas y no logra estimular el proceso de germinación con porcentajes representativos. Resultados poco significativos se obtuvieron con la aplicación de sistemas de escarificación física y mecánica tratados individualmente, ambos emplean periodos de tiempo largos (entre 150 - 253 días) para germinar. Las combinaciones

entre sistemas de escarificación física y mecánica produjeron resultados superiores a los observados con el uso de un sistema en forma individual y reducen significativamente el periodo de germinación. El tratamiento de escarificación física logra resultados significativos (70%) pero en tiempos muy largos (259 días). La combinación de tratamientos físicos con mecánicos logra germinaciones significativas, tanto en porcentajes como en tiempos. Las mejores germinaciones (70 %) se lograron en el tratamiento de escarificación que corresponde a limpieza con aguja del arilo de la semilla (mecánica) y posteriormente sumergirla por un mes en agua (física).

2.1.1. Escarificación mecánica

Pérez (2008), menciona que la escarificación mecánica consiste en causar daño en la testa de la semilla sin dañar el embrión; mediante el contacto con superficies abrasivas, evitando la impermeabilidad al agua, temperatura y oxígeno o bien consiste en eliminar la testa de las semillas de forma manual.

Araoz y Del Longo (2006), mencionan sobre la selección de tratamientos pregerminativos para superar la dormancia física impuesta por el endocarpo, los endocarpos se trataron con escarificación física (remoción completa y desgaste del tejido de la zona basal externa), ácida y húmeda. Las drupas se maceraron en agua durante 8 horas y se despulparon, obteniéndose endocarpos limpios, los que contenían en sus lóculos una o dos semillas viables. Los resultados mostraron que la remoción completa de endocarpos, el desgaste manual de la zona basal, así como la escarificación con ácido sulfúrico durante seis a ocho horas, son métodos adecuados para romper la dormancia, incrementando tanto el porcentaje como la velocidad de germinación, mientras que la escarificación húmeda no produjo efectos sobre la germinación.

2.1.2. Escarificación con agua caliente

Pérez (2008), menciona que la escarificación con agua caliente consiste en sumergir las semillas en agua caliente a una temperatura promedio de 80 °C durante tres

minutos, el volumen de agua a utilizar es cuatro o cinco veces mayor al volumen total de las semillas.

Peña (2005), menciona en su tesis los efectos sobre la capacidad y la dinámica germinativa de las inmersiones en agua caliente, agua hirviendo y ácido sulfúrico, así como la escarificación con fuego como tratamientos previos a la siembra bajo 25, 30 y 35 °C. Empleando semillas frescas de baracoa, guantánamo. Se comprobó que para cualquier temperatura de siembra, las escarificaciones con ácido sulfúrico y con fuego son francamente negativas. La inmersión durante 10 minutos en agua llevada a 100 °C y retirada de la fuente de calor, es un tratamiento pregerminativo más eficiente que el agua hirviendo durante 30 segundos. La habilidad germinativa de la especie se eleva significativamente con su almacenamiento bajo cinco \pm dos °C durante por lo menos 15 meses, sin que se pierda el efecto positivo del tratamiento pregerminativo y de las condiciones de siembra mencionadas.

Sánchez y Ramírez (2001), mencionan la evaluación del efecto de tratamientos pregerminativos en la germinación y las características morfológicas de ambas especies. En *Leucaena*, las semillas se trataron por 10 minutos en agua caliente (80 °C), dos horas de remojo en agua (25 °C), escarificación con lija número 80 por 20 y 40 minutos y un testigo. En *cují*, se sembraron semillas con o sin el artejo. Obteniendo los resultados, los tratamientos pregerminativos incrementaron la germinación de semillas de *leucaena* y *cují*, cuando las semillas de *leucaena* se sumergieron durante 10 minutos en agua caliente a 80 °C (91.50%) y al sembrar las semillas de *cují* frescas con el artejo (29%). La exposición de las semillas de *leucaena* durante 10 minutos en agua caliente a 80 °C mejoró considerablemente la germinación y el desarrollo de las plantas. Los tratamientos pre germinativos en *cují*, no afectaron la altura de la plántula y la longitud de la raíz.

2.1.3. Escarificación con agua a temperatura ambiente

Pérez (2008), menciona que la escarificación con agua a temperatura ambiente consiste en dejar sumergidas las semillas en agua a temperatura ambiente por

determinado tiempo; pudiendo tardar horas o días dependiendo de la dureza de la testa.

D'Aubeterre y García (2002), en la revista científica mencionan el efecto de diferentes métodos de escarificación sobre la germinación de tres especies del género *Prosopis*. Los tratamientos evaluados fueron: ácido sulfúrico al 98% por cinco y 10 minutos, ácido clorhídrico al 98% por cinco y 10 minutos, hidróxido de sodio al 98% por cinco y 10 minutos, agua caliente a 80 °C por cinco y 10 minutos, agua a temperatura ambiente por 24 y 48 horas. Después de la fase de campo se concluyó que no se observaron diferencias significativas con los tratamientos aplicados para el *Prosopis juliflora*, mientras que para el *Prosopis tamarugo* los tratamientos más efectivos fueron HCl por cinco y 10 minutos, agua a temperatura ambiente por 24 y 48 horas, y ácido sulfúrico por 10 minutos, observándose para el *Prosopis laevigata* mayor efectividad con el ácido sulfúrico por cinco y 10 minutos e hidróxido de sodio por cinco y 10 minutos respectivamente.

2.1.4 Escarificación con ácidos

La sustancia química que más se utiliza para romper la latencia de las semillas es el ácido sulfúrico, sumergiendo las semillas por un tiempo determinado, sin embargo, se debe tener el cuidado con la concentración y tiempo de exposición de las semillas al ácido, ya que éste puede penetrar hasta el embrión y provocar la muerte de la semilla, en algunas especies es más eficaz el tratamiento con agua caliente (Padilla, 1995).

Pérez (2008), menciona el propósito de disminuir el tiempo de germinación de las semillas e incrementar el porcentaje de germinación de en las especies de chonte (*Zanthoxylum aguilarii*) y canojo (*Ocotea guatemalensis*), los tratamientos utilizados fueron: ácido sulfúrico al dos, cinco y 10%, ácido nítrico al dos, cinco y 10%, ácido fosfórico al dos, cinco y 10%, agua caliente, agua fría y un testigo. En este estudio se concluyó que el mejor tratamiento de escarificado para la especie de chonte es el ácido nítrico al 5% en cual presentó un porcentaje de germinación del 4% iniciando la germinación a la novena semana después de la siembra y para la especie canojo

también fue el ácido nítrico al 5% con un porcentaje de germinación del 4% iniciando la germinación a la décima semana después de la siembra.

2.2. SEMILLAS DE PACAINA

La semilla es el primordio seminal fecundado y maduro que tiene dos cubiertas que son el tegumento y la testa, que constituye el epispermo. Además, son el medio que utilizan las plantas para dispersarse, reproducirse y perpetuarse en su medio. Todas las semillas necesitan agua, oxígeno, humedad y una temperatura adecuada para germinar, algunas semillas también requieren luz apropiada, algunas germinan mejor con luz total mientras que otras requieren oscuridad total. Sembrar semillas demasiado profundas puede causar que la planta utilice toda su energía almacenada antes de alcanzar la superficie del suelo. Por lo que la vida de la semilla es una serie de eventos biológicos que comienza con la floración de los árboles y termina con la germinación de la semilla madura, la cual está formada por un embrión y una provisión almacenada de alimento, rodeados por cubiertas protectoras (Villena, 2003).

2.2.1. Madurez de la semilla

Las condiciones ambientales pueden afectar la cantidad y calidad de la semilla en desarrollo con respecto a los valores nutricionales o al contenido de ciertos elementos como aceites y grasas, las variaciones en la precipitación durante el periodo de maduración de las semillas produce variaciones en su peso. El efecto de la temperatura es más controversial y afecta principalmente la tasa de crecimiento pero también el contenido de aceites en algunas especies (Jara, 1996a).

Cuando la cama de germinación es rica en nutrientes no se producen efectos por el contenido de nutrientes en la semilla, cualquier condición que afecte la acumulación de reservas nutritivas en las semillas puede afectar el vigor en la siguiente generación de plantas. El estado de madurez de la semilla al momento de la recolección tiene un marcado efecto en su viabilidad. Además se pueden mejorar las deficiencias en la madurez de las semillas mediante una manipulación y almacenamiento apropiados (Jara, 1996a).

2.2.2. Germinación

Es la emergencia y desarrollo de las plántulas en una fase donde sus estructuras esenciales señalan si es capaz de desarrollarse en una planta satisfactoria bajo condiciones favorables del suelo. Mientras tanto las semillas pueden estar aletargadas durante largo tiempo dependiendo el tipo de especie que se trate, en algunas especies esta debe producirse en un periodo relativamente corto de tiempo o la semilla se pudre, en otros casos la germinación puede esperar cientos de años (Poulsen, 2000).

La germinación de la semilla es un fenómeno biológico, que puede interpretarse como la continuación del crecimiento del embrión, el cual ha sido temporalmente interrumpido durante la formación de la semilla (Jara, 1996b).

2.2.3. Porcentaje de germinación

Díaz (2000), define que el porcentaje de germinación representa la proporción de la semilla pura que germina siendo la semilla pura aquella que predomina en las pruebas hechas en un lote de semillas. La germinación se mide en dos parámetros; el porcentaje y la velocidad de germinación. En los casos de germinación lenta; la indicación del porcentaje de germinación debe incluir una consideración del elemento tiempo, indicando el número de plantas producidas en un periodo de tiempo determinado. La velocidad de germinación puede medirse determinando el número de días requerido para lograr un porcentaje de germinación específico.

2.2.4. Tipos de latencia en semillas

Pérez (2008), menciona que la mayoría de las semillas germinan tan pronto están dadas las condiciones favorables; pero si las semillas no germinan se dice que poseen latencia.

La latencia de las semillas evolucionó como un mecanismo de supervivencia para determinadas condiciones climáticas y tiene algunas desventajas debido a que se necesitan periodos largos para que un lote de semilla lo supere, la germinación se distribuye en el tiempo, contribuye a la longevidad de las plantas invasoras, interfiere

con programas de siembra y representa problemas para evaluar la calidad de las semillas (Willan, 1991).

La intensidad de la latencia en la semilla varía no solo entre especies, dándose entre árboles de la misma especie, algunas veces es causada por las condiciones ambientales prevaletientes durante el desarrollo de la semilla. Ciertas especies tienen semillas que germinan después de estar totalmente desarrolladas y maduras, sin embargo, entran en latencia al desarrollar una cubierta dura que evita la entrada de agua y por ende la germinación (Willan, 1991).

a. Latencia por la cubierta de las semillas o exógena

La latencia exógena está comprendida por tres tipos: la latencia física, mecánica y química. La latencia exógena física es característica para un gran número de especies de plantas, en las cuales la testa o secciones endurecidas de otras cubiertas de las semillas son impermeables. El embrión está quiescente, pero se encuentra encerrado dentro de una cubierta impermeable que puede preservar las semillas con bajo contenido de humedad durante varios años, aun con temperaturas elevadas (Willan, 1991).

La latencia exógena puede ser física o mecánica en la cual el tegumento presenta cubierta impermeable y/o dura. La latencia exógena química corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en los frutos o en las cubiertas de las semillas (De Luca 2010).

b. Latencia morfológica ó endógena

Se presenta en aquellas semillas de plantas en las cuales de manera característica no se ha desarrollado por completo el embrión en la época de maduración. Como regla general el crecimiento del embrión es favorecido por temperaturas cálidas, pero la respuesta puede ser complicada por la presencia de otros mecanismos de letargo. Dentro de esta categoría se contemplan dos grupos: embriones rudimentarios y embriones no desarrollados (Willan, 1991).

Se caracteriza por que el embrión no se ha desarrollado por completo en la época de maduración. Como regla general, el crecimiento del embrión es favorecido por temperaturas cálidas (De Luca, 2010).

c. Latencia interna

En muchas especies la latencia es controlada en el interior de los tejidos, en el control interno de la germinación están implicados dos fenómenos separados. El primero es el control ejercido por la semipermeabilidad de las cubiertas de las semillas y el segundo es un letargo presente en el embrión que se supera con exposición a enfriamiento en húmedo (Willan, 1991).

La latencia interna fisiológica corresponde aquella en que la germinación es impedida por un mecanismo fisiológico inhibitor, la latencia interna intermedia es inducida principalmente por las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundante, este es característico de las coníferas. La latencia interna del embrión se caracteriza principalmente porque para llegar a la germinación se requiere de un periodo de enfriamiento en húmedo y por la incapacidad del embrión separado de germinar con normalidad (Willan, 1991).

La latencia de las semillas termina cuando existe algún estímulo ambiental que anuncie que las condiciones son favorables para el desarrollo de la planta (De Luca, 2010).

d. Latencia combinada morfofisiológica

Consiste en la combinación del subdesarrollo del embrión con mecanismos inhibidores fuertes (Willan, 1991).

e. Latencia combinada exógena-endógena

Se denomina así a las diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpio con latencia fisiológica endógena (Willan, 1991).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

En San Pedro Yepocapa, Chimaltenango existen aproximadamente 50 productores que se dedican al cultivo de pacaina, la propagación del cultivo se realiza de forma sexual, utilizando las semillas que se recolectan de plantas madres. Las semillas presentan una testa dura que prolonga el tiempo de germinación por diez meses y se obtienen porcentajes de germinación menor al 10%, siendo el principal problema que enfrentan los productores en la fase de semillero y almácigo.

La economía del municipio de Yepocapa, Chimaltenango, está basada principalmente en el cultivo de café (*Coffea arabica*) Debido a los cambios de precio y el constante ataque de plagas y enfermedades como la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk y Br); se planteó la iniciativa de establecer otro cultivo que ayudara a mejorar los ingresos económicos de las familias y generar nuevas fuentes de empleo; de ahí surgió la idea para la explotación del cultivo de pacaina (*Chamaedorea* sp), la cual se adapta muy bien a las condiciones que se han creado al explotar el cultivo de café, principalmente por la sombra.

La pacaina es una especie de planta silvestre que está considerada por el Consejo Nacional de Áreas protegidas (CONAP) como planta protegida, debido a que se encuentra en peligro de extinción por la extracción desenfrenada de la palma del género *Chamaedorea*. Al propagar y establecer plantaciones de pacaina se está evitando la extinción y deterioro de dicha especie, la cual no solo posee valor económico por su palma; también por pertenecer a la flora silvestre de los bosques de Guatemala facilitando su conservación.

IV. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de métodos físicos, químicos y mecánicos de escarificación en semillas de pacaina (*Chamaedorea* sp), en San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, Guatemala.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Cuantificar el efecto de los tratamientos sobre la cantidad de semillas germinadas de pacaina.

Determinar el tiempo de germinación de semillas de pacaina al utilizar diferentes métodos de escarificación.

Medir el efecto de los tratamientos sobre la altura de la planta y largo de la raíz de las plantas de pacaina.

Establecer el efecto de los tratamientos sobre la biomasa de las plantas de pacaina.

Determinar el costo de los tratamientos de escarificación en las semillas de pacaina.

V. HIPÓTESIS

En al menos uno de los tratamientos de escarificación de semillas de pacaina incrementará la germinación de las mismas.

En al menos uno de los tratamientos de escarificación de semillas de pacaina las semillas germinarán en menor tiempo.

En al menos uno de los tratamientos de escarificación se obtendrán plántulas de mayor altura y largo de la raíces.

En al menos en uno de los tratamientos a evaluar se obtendrá una mayor biomasa en las plántulas.

VI. METODOLOGÍA

6.1. LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

La investigación se realizó en caserío El Paraíso, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango. El municipio está ubicado a una altitud de 1,400 metros sobre el nivel del mar, en las coordenadas latitud 14° 30' 07.96"N y longitud 90° 57' 10.07" W, posee una extensión geográfica de 217 kilómetros cuadrados, está ubicado a 88 km de la capital. Los accesos principales al municipio son dos; de Chimaltenango vía Parramos existe una distancia de 40 km, de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, existe una distancia de 21 km.

Según el INE (2002), en su proyección del crecimiento poblacional del municipio de Yepocapa; para el año 2012 poseía 32,085 habitantes, un 80% de la población se dedica a la producción de café, un 5% a la hoja de pacaina y un 15% al comercio. El clima es templado, con un rango de temperatura de 15-26 °C, con una media de 23 °C. Yepocapa se encuentra en una caja térmica tropical-húmeda, a lo que se conoce como boca costa.

Según Simmons, Tárano y Pinto (1959), estos suelos pertenecen a la clasificación III-C, perteneciente al declive del pacífico desarrollados sobre material volcánico. La topografía es accidentada; con un 25% de pendiente con alta susceptibilidad a la erosión, predomina la textura arenosa con buen drenaje, muchos terrenos poseen arenas volcánicas procedentes del volcán de Fuego.

Existe gran diversidad de flora y fauna silvestre, debido a las grandes extensiones de bosque existentes en las faldas del volcán de Fuego, debido a las condiciones en las que se explota el cultivo de café (*Coffea arabica*) se han creado bosques artificiales que son útiles para albergar gran diversidad de especies de flora y fauna, dentro de los bosques artificiales predominan las especies del género Inga, utilizadas para sombra de café y la pacaina.

6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

6.2.1 Semillas de pacaina

Para la evaluación se utilizó semillas de la planta de pacaina. Previo a someter las semillas a los distintos tratamientos se realizó un lavado con agua a temperatura ambiente para extraerlas de los frutos. Un kilogramo tiene en promedio 3,212 semillas, se utilizó en esta investigación 1.70 kg de semillas promedio. Las semillas que se utilizaron procedieron de plantaciones ya establecidas, se eligieron plantas vigorosas, libres de plagas y enfermedades con punto óptimo de madurez de los fruto.

6.3. FACTOR A ESTUDIAR

Se estudiaron métodos de escarificación (físico, mecánico y químico) para estimular la germinación y acortar el tiempo de la misma en las semillas de pacaina.

6.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Al implementar los métodos de escarificación se tuvo el cuidado de no dañar el embrión de las semillas, se buscó afectar solo la testa o cubierta que protege el embrión.

6.4.1. Escarificación química

Como método de escarificación química se utilizó el ácido sulfúrico a una concentración del 5% y 10%, se sumergieron las semillas durante un minuto; posteriormente se realizó un enjuague con agua para después realizar la siembra.

6.4.2. Escarificación física

La escarificación física utilizada consistió en dejar las semillas en remojo durante cinco, 15 y 20 días en agua a temperatura ambiente; cumplido el tiempo se procedió a realizar la siembra. El método de escarificación físico también contempló sumergir las semillas en agua caliente (80 °C) durante un minuto.

6.4.3. Escarificación mecánica

Para la escarificación mecánica por golpe, se procedió a realizar la eliminación de parte de la testa de la semilla de forma manual, previo a efectuar golpes con martillo.

6.4.4. Testigo relativo

Se contempló un tratamiento como testigo relativo, el cual consistió en dejar en remojo las semillas durante 10 días; siendo este el método que utilizan los agricultores del área.

6.4.5. Testigo absoluto

Tratamiento que no se le aplicó ningún método de escarificación.

Cuadro 1. Tratamientos de escarificación evaluados en semillas de pacaina (*Chamaedorea* sp), en San Pedro Yepocapa, Chimaltenango.

Número de tratamiento	Descripción
T1	Ácido sulfúrico al 5%
T2	Ácido sulfúrico al 10%
T3	Agua fría durante 5 días
T4	Agua fría durante 15 días
T5	Agua fría durante 20 días
T6	Agua caliente
T7	Escarificación mecánica por golpe con martillo.
T8	Testigo relativo (agua fría durante 10 días)
T9	Testigo absoluto

6.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño irrestrictamente al azar, debido a las condiciones controladas en el área experimental; eliminando las gradientes de variabilidad. La distribución de los tratamientos se realizó de forma aleatoria en las unidades experimentales, la evaluación estuvo compuesta por nueve tratamientos y seis repeticiones; haciendo un total de 54 unidades experimentales.

6.6. MODELO ESTADÍSTICO

Sitún (2005), El modelo estadístico para el diseño irrestrictamente al azar es el siguiente: $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$.

En donde:

Y_{ij}	=	Variable de respuesta
μ	=	La media general
T_i	=	Efectos de los tratamientos
E_{ij}	=	Error experimental asociado a las 54 unidades experimentales

6.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

Una unidad experimental estuvo compuesta por 100 semillas; siendo esta la parcela bruta, la parcela neta estuvo compuesta por 52 semillas. Se utilizaron bolsas de polietileno de 17.18 x 30.48 centímetros, en cada bolsa se colocaron 25 semillas; por lo que una unidad experimental estuvo compuesta por cuatro bolsas, se utilizó una distancia de 20 centímetros y 40 centímetros entre cada unidad experimental, utilizando 56 metros cuadrados como área experimental.

Las semillas se ubicaron de manera homogénea en el diámetro total de las bolsas para brindarles las mismas condiciones. El sustrato utilizado fue una mezcla de tierra y arena en una proporción de 30:70 respectivamente.

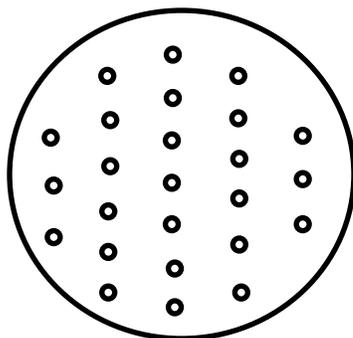


Figura 1. Distribución de las semillas de pacaina en las bolsas de polietileno; evaluación de métodos de escarificación en semillas de pacaina en San Pedro Yepocapa, Chimaltenango.

Realizada la siembra de las semillas se cubrieron con una capa de dos a tres centímetros del mismo sustrato. Los riegos se realizaron frecuentemente para proporcionar a las semillas la humedad adecuada para la germinación.

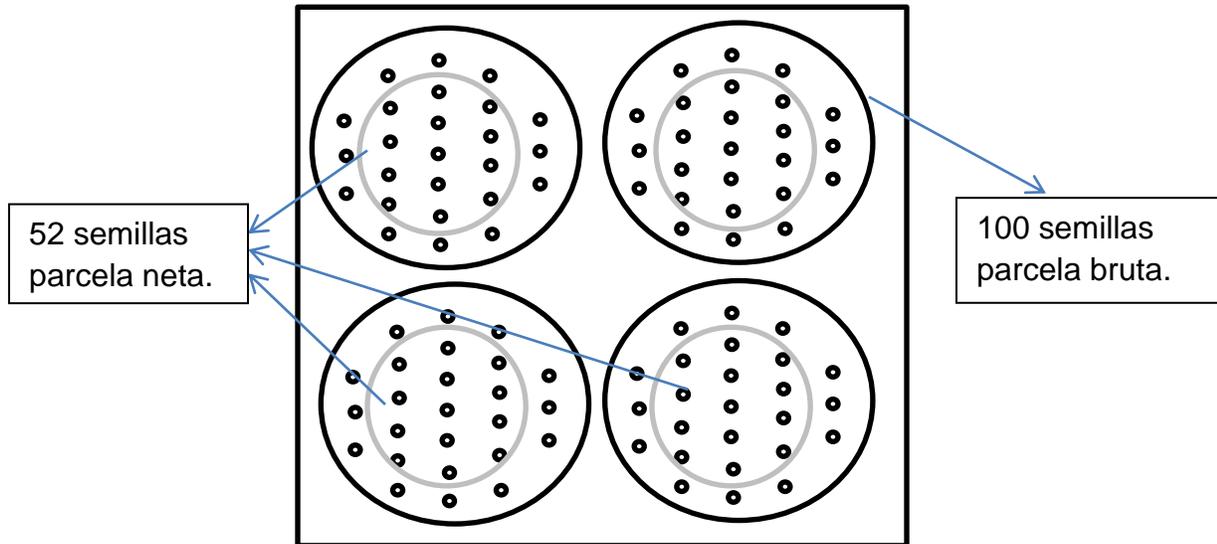


Figura 2. Unidad experimental formada por 100 semillas de pacaina (parcela bruta 100 semillas, parcela neta 52 semillas); distribuidas en 4 bolsas de polietileno, utilizada en la evaluación de métodos de escarificación, en San Pedro Yepocapa, Chimaltenango.

6.8. CROQUIS DE CAMPO

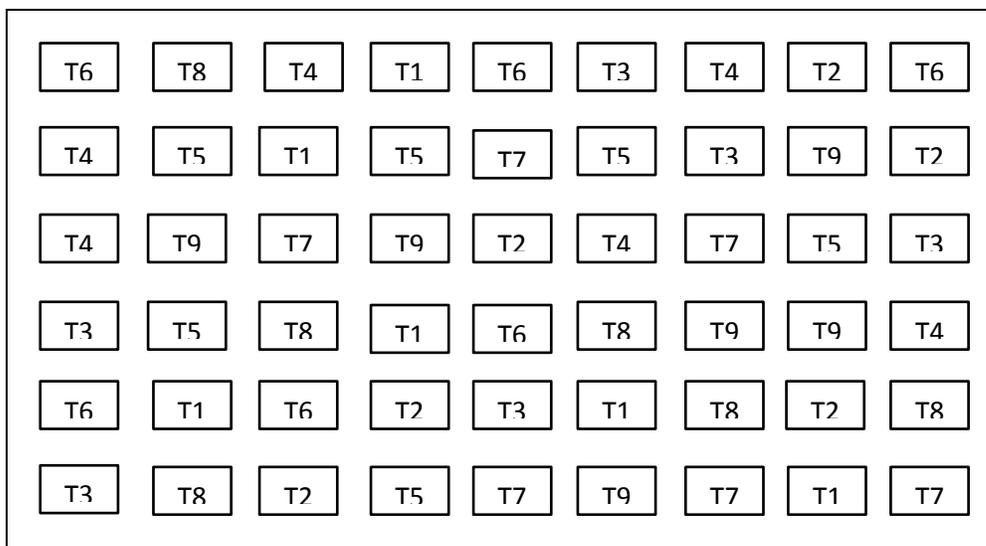


Figura 3. Distribución de los tratamientos y repeticiones en el área experimental.

6.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.9.1. Recolección de las semillas

La recolección de las semillas de pacaina se realizó en el mes de diciembre de 2013, en plantaciones establecidas en el municipio de San Pedro Yepocapa, se realizó un caminamiento en la plantación seleccionando las plantas madres con excelentes características como, buen desarrollo y amacollamiento, libre de plagas y enfermedades, punto óptimo de maduración de los frutos, buen tamaño de los frutos, entre otros. La colecta de los frutos se realizó de forma manual. Cada fruto posee una semilla en su interior, los frutos fueron sometidos a un proceso de lavado con agua a temperatura ambiente para extraerles las semillas, posteriormente se realizó un proceso de secado de las semillas bajo la sombra.

6.9.2. Preparación del terreno

Se procedió a realizar una limpieza del área experimental, eliminando cualquier obstáculo como piedras, ramas, troncos, basura y malezas, creando condiciones favorables para el desarrollo de la investigación. Se realizó un trazado para alinear las bolsas de polietileno a utilizar en cada tratamiento y las respectivas repeticiones.

6.9.3. Preparación de las unidades experimentales

Las bolsas de polietileno que conformaron las unidades experimentales se llenaron con una mezcla de tierra y arena en una relación de 30:70 respectivamente; el llenado de las bolsas se realizó en el área experimental. Cuatro bolsas de polietileno conformaron una unidad experimental.

La desinfección del sustrato se realizó cuando las bolsas ya estaban llenas, 15 días antes de la siembra, se utilizó una mezcla de dos fungicidas (propamocarb 1.56 cc/1000cc de agua, carbendazim 1.56 cc/1000cc agua) y un insecticida (thiametoxan a razón de 0.80 g/1000cc de agua), se aplicó 75 cc de la mezcla por bolsa de polietileno. Este tratamiento se realizó con la finalidad de prevenir ataques de plagas y enfermedades que pudieran estar presentes en el sustrato.

6.9.4. Escarificación con ácido

El ácido sulfúrico se utilizó al 5% y 10% de concentración, este método se llevó a cabo en el laboratorio de la Universidad Rafael Landívar, Campus de Quetzaltenango, se utilizaron 300 cc de cada concentración, se sumergieron las semillas durante un minuto y posteriormente se les realizó un lavado con agua a temperatura ambiente, las semillas se sembraron el mismo día que se les aplicó el ácido.

6.9.5. Escarificación con agua caliente

Este método de escarificación se realizó en el área experimental, el día que se aplicó el método se realizó la siembra de las semillas. Se sumergieron las semillas durante un minuto en el agua a una temperatura promedio de 80 °C, la temperatura se monitoreó con un termómetro.

6.9.6. Escarificación con agua fría

Este método se aplicó conforme a los distintos tratamientos a evaluar; los cuales consistieron en dejar las semillas en remojo en agua a temperatura ambiente durante cinco, 10, 15 y 20 días. Se inició a aplicar este método de escarificado conforme la fecha de siembra. El volumen de agua utilizado fué dos veces mayor al volumen total de las semillas a escarificar.

6.9.7. Escarificación mecánica

Las semillas sometidas a este método; se golpearon con un martillo, haciendo una grieta en la testa, el día de la siembra se empleó este método en el área experimental.

6.9.8. Siembra

La siembra de las semillas se realizó el mismo día para todos los tratamientos evaluados. Las semillas se enterraron dos veces más en comparación a su tamaño, durante la siembra se distribuyó homogéneamente las semillas en todo el diámetro de la bolsa. Al finalizar la siembra se colocó sobre las bolsas de polietileno pasto seco como cobertor.

6.9.9. Riego

El riego en las unidades experimentales dio inicio a partir de la siembra; propiciando condiciones de humedad favorables a la germinación, evitando secamiento o encharcamiento, se realizaron a cada dos días aplicando una lámina de seis milímetros. Exceso de riego favorece la pudrición de raíces y el desarrollo de enfermedades (Sotomayor y Duicela, 1993).

6.9.10. Registro de datos

El registro de datos inició al momento de la siembra, se realizó semanalmente llevando la secuencia del registro de las plantas que germinaban y el tiempo que tardaron para germinar. Para las variables altura de planta, longitud de la raíz y biomasa se estuvo tomando los datos 35 días después de que se hizo el registro de datos de germinación y tiempo de germinación. El registro de datos finalizó nueve meses después de la siembra; siendo este el tiempo en que estuvieron germinando las semillas.

6.10. VARIABLES DE RESPUESTA

6.10.1. Germinación de las semillas de pacaina

La variable germinación de las semillas se realizó mediante el porcentaje de germinación (inicio y fin). El porcentaje de germinación se estuvo registrando semanalmente después de la siembra; realizando un conteo de las semillas que hayan producido plántulas normales, el porcentaje de germinación se obtuvo para cada tratamiento mediante la siguiente relación porcentual:

Total semillas germinadas

Porcentaje de germinación = ----- X 100

Total semillas sembradas

6.10.2. Tiempo de germinación

El tiempo de inicio de la germinación se estuvo registrando semanalmente, desde la siembra hasta la finalización de la germinación; siendo el tiempo que tardaron las semillas en iniciar a germinar en cada unidad experimental. Cada semilla que germinaba se identificaba con una bandera; la cual contenía la fecha de registro de germinación, esto con la finalidad de ubicar las plántulas a los 35 días después y realizarles las mediciones correspondientes.

6.10.3. Altura de la planta

Se estuvo midiendo con una cinta métrica, se extraían de las bolsas y se medían desde la base hasta el ápice de la plántula. La medición se realizó 35 días después de haber registrado la planta como germinada, ubicándolas con la fecha registrada en las banderas colocadas al momento del registro de germinación.

6.10.4. Longitud de la raíz

Se midió con una cinta métrica, la medida se realizó de extremo a extremo de la radícula. La medición se realizó 35 días después de haber registrado la planta como germinada, ubicándolas con la fecha registrada en las banderas colocadas al momento del registro de germinación.

6.10.5. Biomasa

Se realizó el pesaje de la parte aérea y el sistema radicular, éste se realizó con una balanza analítica. La medición se hizo 35 días después de haber registrado la planta como germinada, ubicándolas con la fecha registrada en las banderas colocadas al momento del registro de germinación.

6.11. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.11.1. Análisis estadístico

Debido a una alta variabilidad entre tratamientos y los porcentajes de germinación muy bajos, los datos se transformaron por medio de la ecuación \sqrt{x} para ajustarlos a la

normalidad y disminuir la variabilidad existente (Reyes, 1978). La respuesta de las semillas de pacaina a los métodos de escarificación fue distinta en cada tratamiento, generando una alta variabilidad en los resultados.

La transformación mediante la raíz cuadrada es utilizada frecuentemente cuando la variable observada no posee una distribución normal por la alta variabilidad (López, E. y González, B. 2005).

Para determinar la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos; se desarrolló el análisis de varianza (ANDEVA) correspondiente al modelo estadístico completamente al azar. Para las diferencias estadísticas significativas se desarrolló la prueba de medias Tukey al 5%, para determinar cuál de los tratamientos presentó el mejor resultado; según la variable que se estaba analizando (Reyes, 1978).

6.11.2. Análisis económico

Se realizó un análisis de costos de producción en los tratamientos como criterios de decisión, tomando en cuenta el costo de la semilla, mano de obra, labranza de la tierra, aplicación de insecticidas y fungicidas, entre otros factores que alteren el proceso a lo largo de la investigación (Vidal, 2004).

VII RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la evaluación se analizaron bajo el diseño experimental irrestrictamente al azar. Debido a la pérdida de una unidad experimental en la repetición dos del T8 que consistió en sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 10 días se procedió a utilizar la metodología de la parcela perdida. La pérdida de la unidad experimental corresponde a rupturas ocasionadas a las bolsas de polietileno.

El efecto de los métodos de escarificación sobre el porcentaje de germinación de las semillas de pacaina se evaluó mediante el conteo del número de semillas germinadas por tratamiento. Según los datos descritos en el cuadro dos se puede observar que el T4 que consistió en sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 15 días es el que presenta mayor porcentaje de germinación con 77.83%, seguido del T7 con un 77.17% que consistió en escarificar las semillas por golpe con martillo, seguido del T5 con 75% que consistió en sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 20 días, los cuales fueron los mejores tres tratamientos evaluados. El T6 consistió en sumergir las semillas de pacaina en agua caliente (80°C) durante un minuto fue el tratamiento con un efecto negativo debido a que presentó un 0% de germinación, por tal motivo este tratamiento no fue utilizado para los análisis estadístico y económico.

Al realizar una comparación con el testigo absoluto con un 5.67% de germinación, se puede notar una mejora en el porcentaje de germinación con relación a los tres tratamientos con mayor porcentaje de germinación; lo cual indica que los métodos de escarificación si tuvieron un efecto positivo en la cantidad de semillas germinadas y por ende en el porcentaje de germinación. Este efecto positivo implica un incremento de semillas germinadas en los semilleros de pacaina; logrando optimizar este proceso.

Cuadro 2. Resumen del número de semillas de pacaina germinadas y el porcentaje de germinación por tratamiento, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

NÚMERO TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	TOTAL	PORCENTAJE
T1	22	34	28	44	35	37	200	33.33
T2	49	57	58	55	58	50	327	54.50
T3	68	74	79	75	69	69	434	72.33
T4	76	76	78	84	77	76	467	77.83
T5	79	72	75	71	76	77	450	75.00
T7	84	75	78	73	71	82	463	77.17
T8	67		72	79	78	83	379	63.17
T9	13	2	7	5	3	4	34	5.67

Se utilizó la metodología de una unidad experimental perdida para determinarse el dato de la parcela perdida es 74.80 correspondiente al T8 en la repetición dos. Para disminuir la variabilidad existente entre los datos, se procedió a transformar los datos con la ecuación \sqrt{x} , los resultados obtenidos son descritos en el cuadro tres.

Según los datos que se observan en el cuadro tres, el tratamiento con mayor porcentaje de germinación sigue siendo el T4 con un valor de 52.93, seguidamente del T7 con un valor de 52.69, seguidamente del T5 con un valor de 51.96. También se observa el valor del testigo absoluto que corresponde a 13.64, comparado con los valores de T4, T7 y T5 se observa una mejora significativa en el número de semillas germinadas a causa de un ablandamiento de la testa de las semillas causadas por el sumergimiento en agua fría por 15 días, facilitándole la germinación al embrión.

Cuadro 3. Resumen del número de semillas de pacaina germinadas por tratamiento, datos transformados mediante la ecuación \sqrt{x} , San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

NÚMERO TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	TOTAL	MEDIA
T1	4.69	5.83	5.29	6.63	5.92	6.08	34.44	5.74
T2	7.00	7.55	7.62	7.42	7.62	7.07	44.28	7.38
T3	8.25	8.60	8.89	8.66	8.31	8.31	51.02	8.50
T4	8.72	8.72	8.83	9.17	8.77	8.72	52.93	8.82
T5	8.89	8.49	8.66	8.43	8.72	8.77	51.96	8.66
T7	9.17	8.66	8.83	8.54	8.43	9.06	52.69	8.78
T8	8.19	8.65	8.49	8.89	8.83	9.11	52.16	8.69
T9	3.61	1.41	2.65	2.24	1.73	2.00	13.64	2.27

En base a los datos obtenidos en el cuadro tres, se realizó el análisis de varianza para determinar si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Cuadro 4. Análisis de varianza del número de semillas de pacaina germinadas por tratamiento, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

FV	GL	SC	CM	FC	F Tabulada	
					0.05	0.01
Tratamiento	7	224.59	32.08	178.22 **	2.25	3.12
Error	40	7.26	0.18			
Total	57	231.85				

Coefficiente de variación= 5.76%.

** Diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos.

En base a los datos obtenidos en el cuadro cuatro, se acepta la hipótesis alterna; se observa que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Se obtuvo un coeficiente de variación de 5.76% adecuado por ser menor al 20% permisible. Debido a las diferencias altamente significativas entre los tratamientos; se

procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para determinar que tratamiento es el mejor para incrementar el porcentaje de germinación.

Cuadro 5. Prueba múltiple de medias Tukey al 5% del número de semillas de pacaina germinadas por tratamiento, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

TRATAMIENTO	MEDIA	LITERAL
T4	8.82	a
T7	8.78	a
T8	8.70	a
T3	8.50	a
T5	8.00	a
T2	7.38	b
T1	5.74	c
T9	2.27	d

Comparador Tukey 5%= 0.777

Se formaron cuatro grupos estadísticos; siendo el primero “a” en él están los tratamientos T4, T7, T8, T3 y T5 que representan los tratamientos con las medias de mayor valor. Seguidamente nos muestra al T2, T1, T9 y T6 que tienen una literal distinta, lo cual indica que entre estos tratamientos existe diferencias y son los tratamientos con un menor porcentaje de semillas germinadas y por lo consiguiente una media más baja.

La segunda variable evaluada fue el tiempo de germinación, la cual representa el período de tiempo desde la siembra hasta el primer registro de germinación, esta variable se midió semanalmente en cada unidad experimental, la cual consistió en revisar cada unidad experimental para determinar la germinación de las semillas. Los datos obtenidos se describen en el cuadro seis.

Cuadro. 6. Resumen del tiempo transcurrido de la siembra al primer registro de germinación por tratamiento, expresado en semanas, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

NÚMERO TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	TOTAL	MEDIA
T1	11	10	8	10	10	9	58	9.67
T2	9	11	10	9	8	10	57	9.50
T3	10	9	7	7	8	8	49	8.17
T4	9	10	9	9	9	10	56	9.33
T5	9	7	7	7	8	7	45	7.50
T7	9	10	10	8	10	11	58	9.67
T8	10		10	10	9	9	48	9.60
T9	10	11	9	14	15	14	73	12.17

Según los datos descritos en el cuadro seis se puede observar que el T5 que consistió en sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 20 días es el tratamiento con menor tiempo de germinación, le sigue el T3 que consistió en sumergir las semillas en agua fría durante cinco días, le sigue el T4 que consistió en sumergir las semillas en agua fría durante 15 días, siendo estos los tres tratamientos con menor tiempo de germinación respectivamente.

Se utilizó la metodología de una unidad experimental perdida para determinar el dato de la parcela perdida, el valor que se obtuvo es de 9.94 correspondiente al T8 en la repetición dos.

Al realizar una comparación con el T9 (testigo absoluto) se puede notar una disminución del tiempo de germinación de las semillas; lo cual indica que los métodos de escarificación si tuvieron un efecto positivo para disminuir el tiempo de inicio de germinación de las semillas de pacaina. Esta disminución del tiempo de germinación puede corresponder a que los métodos de escarificación ablandaron la testa de las semillas de pacaina, lo cual ayudó a que el embrión germinará en un menor tiempo

comparado a las semillas del testigo absoluto. Esta disminución del tiempo de inicio de germinación implica que las plantas estarán más tiempo en los propagadores logrando un mayor crecimiento y desarrollo y por ende una mejor adaptabilidad en el campo definitivo.

En base a los datos obtenidos en el cuadro seis, se realizó el análisis de varianza para determinar si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Cuadro 7. Análisis de varianza del tiempo transcurrido de la siembra al primer registro de germinación, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

FV	GL	SC	CM	FC	F Tabulada	
					0.05	0.01
Tratamiento	7	76.76	10.97	7.31**	2.25	3.12
Error	40	59.96	1.50			
Total	47	136.72				

Coefficiente de variación= 12.95%.

** Diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos.

En base a los datos obtenidos en el cuadro siete, se rechaza la hipótesis nula. Se observa que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Se obtuvo un coeficiente de variación de 12.95%, adecuado por ser menor al 20% permisible. Debido a las diferencias altamente significativas entre los tratamientos; se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para determinar que tratamiento es el mejor para incrementar el porcentaje de germinación.

Cuadro 8. Prueba múltiple de medias Tukey al 5% del tiempo transcurrido de la siembra al primer registro de germinación por tratamiento, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

TRATAMIENTO	MEDIAS	LITERAL
T9	12.1667	a
T7	9.6667	b
T1	9.6667	b
T8	9.6000	b
T2	9.5000	b
T4	9.3333	b
T3	8.1667	b
T5	7.5000	b

Comparador Tukey 5%= 2.197

El base a los datos descritos en el cuadro ocho, se puede observar que se formaron dos grupos estadísticos, el grupo “b” conformado por el T5, T3, T4, T2, T8, T1 y T7 estadísticamente son iguales y los mejores tratamientos por tener el menor tiempo de germinación, lo cual ayudará a que las plantas pasen un mayor tiempo en los propagadores, logrando llevar plantas de mayor calidad al campo definitivo. Seguido del T9 que ocupa la segunda posición.

La tercera variable evaluada fue la altura de las plántulas, la cual se estuvo midiendo con una cinta métrica de la base del tallo al ápice de la planta. Esta variable se midió semanalmente en cada unidad experimental 35 días después de registrada la plántula como germinada, se midieron 12 plántulas por cada unidad experimental.

Según los datos descritos en el cuadro nueve se puede observar que el T2 que consistió en sumergir las semillas en ácido sulfúrico al 10% posee una mayor altura, le sigue el T3 que consistió en sumergir las semillas en agua fría durante 5 días, le sigue el T7 que consistió en escarificar las semillas por golpe con martillo, el T3 y T7 poseen

la misma media de altura, siendo estos los tres tratamientos con mayor altura respectivamente.

Cuadro 9. Datos obtenidos en la medición de la altura de las plántulas de pacaina a los 35 días después de germinadas, expresadas en metros, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

NÚMERO TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	TOTAL	MEDIA
T1	0.078	0.05	0.09	0.06	0.05	0.06	0.681	0.057
	0.054	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05		
T2	0.047	0.06	0.09	0.06	0.08	0.05	0.784	0.065
	0.05	0.09	0.07	0.08	0.06	0.05		
T3	0.067	0.06	0.06	0.08	0.04	0.08	0.694	0.058
	0.086	0.05	0.03	0.03	0.06	0.05		
T4	0.047	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.494	0.041
	0.02	0.03	0.04	0.06	0.05	0.09		
T5	0.09	0.06	0.06	0.04	0.03	0.09	0.669	0.056
	0.034	0.07	0.07	0.04	0.04	0.04		
T7	0.055	0.04	0.06	0.06	0.05	0.1	0.69	0.058
	0.054	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06		
T8	0.065		0.05	0.06	0.04	0.03	0.502	0.042
	0.029		0.06	0.06	0.04	0.06		
T9	0.043	0.03	0.04	0.03	0.04	0.06	0.514	0.043
	0.058	0.05	0.05	0.03	0.03	0.05		

Al realizar una comparación con el T9 (testigo absoluto) se puede notar un incremento en la altura de plántulas con respecto al T2, T3 y T7; lo cual indica que los métodos de escarificación si tuvieron un efecto positivo para incrementar la altura de las plántulas de pacaina a los 35 días después de germinadas. Este incremento en la altura de las plántulas implica una mejora considerable en la calidad de plantas llevadas a los propagadores y por ende un mejor crecimiento, desarrollo y adaptabilidad en el campo

definitivo. Se utilizó la metodología de una unidad experimental perdida para determinar el dato de la parcela perdida es 0.2153 correspondiente al T8 en la repetición dos, el cual ya se incorpora en el cuadro para el cálculo del análisis de varianza.

Para disminuir la variabilidad existente entre los datos; se procedió a transformar los datos con la ecuación \sqrt{x} obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 10. Promedio de las alturas de las plántulas por tratamiento, expresado en metros, datos transformados mediante la ecuación \sqrt{x} , San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

NÚMERO TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	TOTAL	MEDIA
T1	0.257	0.207	0.262	0.226	0.239	0.235	1.425	0.238
T2	0.220	0.280	0.282	0.265	0.258	0.221	1.526	0.254
T3	0.277	0.233	0.218	0.224	0.232	0.254	1.438	0.240
T4	0.183	0.169	0.180	0.218	0.187	0.265	1.202	0.200
T5	0.249	0.257	0.254	0.202	0.192	0.253	1.408	0.235
T7	0.233	0.210	0.237	0.244	0.237	0.274	1.434	0.239
T8	0.217	0.000	0.240	0.238	0.205	0.219	1.118	0.224
T9	0.225	0.206	0.211	0.170	0.184	0.238	1.234	0.206

Según los datos descritos en el cuadro 10 se puede observar que el T2 que consistió en sumergir las semillas en ácido sulfúrico al 10% obtuvo la media de mayor valor, le sigue el T3 que consistió en sumergir las semillas en agua fría durante 5 días, le sigue el T7 que consistió en escarificar las semillas por golpe con martillo, teniendo la misma media en altura el T3 y T7, siendo estos los tres tratamientos con las medias de mayor valor respectivamente. En base a los datos obtenidos en el cuadro 10 se realizó el análisis de varianza para determinar si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable alturas de las plántulas, con datos transformados mediante la ecuación \sqrt{x} , San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

FV	GL	SC	CM	FC	F Tabulada	
					0.05	0.01
Tratamiento	7	0.0154	0.0022	3.52**	2.25	3.12
Error	40	0.025	0.000625			
Total	47	0.0404				

Coeficiente de variación= 10.91%.

** Diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos.

En base a los datos obtenidos en el cuadro 11 se acepta la hipótesis alterna, se observa que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Se obtuvo un coeficiente de variación de 10.91%, adecuado por ser menor al 20% permisible. Debido a las diferencias altamente significativas entre los tratamientos; se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para determinar que tratamiento es el mejor para obtener una mayor altura de planta a los 35 días después de germinada.

Cuadro 12. Prueba múltiple de medias Tukey al 5% de alturas de las plántulas por tratamiento, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

TRATAMIENTO	MEDIA	LITERAL
T2	0.254	a
T3	0.239	a b
T7	0.239	a b
T1	0.237	a b
T5	0.234	a b
T8	0.223	a b
T9	0.205	b
T4	0.200	b

Valor Tukey 5%= 0.0448

El cuadro 12 muestra que para obtener plántulas de pacaina con mayor altura a los 35 días después de germinada se debe emplear el T2 que consistió en sumergir las semillas durante un minuto en ácido sulfúrico al 10%, seguido de los tratamientos T3, T7, T1, T5 y T8 con la misma literal indicando que son iguales por no existir diferencias entre estos cinco tratamientos.

La cuarta variable evaluada fue la longitud de la raíz de las plántulas, la cual se midió con una cinta métrica de la base del tallo hasta la cofia de la raíz. Esta variable se midió semanalmente en cada unidad experimental 35 días después de registrada la plántula como germinada, se midieron 12 plántulas por cada unidad experimental. Se utilizó la metodología de una unidad experimental perdida, el valor que se obtuvo fue 0.08 correspondiente al T8 en la repetición dos. Los promedios de las alturas por tratamiento se describen el en cuadro siguiente.

Según los datos descritos en el cuadro 13 se puede observar que el T2 que consistió en sumergir las semillas en ácido sulfúrico al 10% posee la mayor media de largo de raíz, le sigue el T7 que consistió en escarificar las semillas por golpe con martillo, le sigue el T5 que consistió en sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 20 días, siendo estos los tres tratamientos con mayor largo de raíz respectivamente.

Al realizar una comparación con el T9 (testigo absoluto) con una media de 0.0504 metros; se puede notar una mejora en el largo de raíz de las plántulas con respecto al T2, T7 y T5 que poseen una media de 0.1090, 0.0952 y 0.0915 respectivamente, lo cual indica que los métodos de escarificación si tuvieron un efecto positivo para incrementar el largo de raíz de las plántulas de pacaina a los 35 días después de germinadas.

Cuadro 13. Datos obtenidos en la medición del largo de la raíz de las plántulas de pacaina a los 35 días después de germinadas, expresadas en metros, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

NÚMERO TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	TOTAL	MEDIA
T1	0.092	0.07	0.115	0.099	0.06	0.073	1.003	0.084
	0.075	0.078	0.064	0.053	0.121	0.103		
T2	0.097	0.092	0.121	0.116	0.152	0.085	1.308	0.109
	0.105	0.135	0.119	0.103	0.082	0.101		
T3	0.091	0.056	0.094	0.087	0.064	0.098	0.978	0.082
	0.082	0.105	0.061	0.066	0.115	0.059		
T4	0.076	0.025	0.053	0.038	0.033	0.105	0.809	0.067
	0.066	0.063	0.093	0.09	0.083	0.084		
T5	0.115	0.095	0.054	0.076	0.063	0.1	1.098	0.092
	0.09	0.116	0.117	0.095	0.098	0.079		
T7	0.06	0.102	0.105	0.095	0.117	0.055	1.142	0.095
	0.095	0.109	0.07	0.105	0.112	0.117		
T8	0.08	0.080	0.061	0.087	0.094	0.052	0.985	0.082
	0.055	0.080	0.097	0.157	0.07	0.073		
T9	0.072	0.02	0.058	0.015	0.041	0.085	0.605	0.050
	0.055	0.056	0.056	0.039	0.068	0.04		

Este incremento en el largo de raíz de las plántulas implica una mejora considerable en la calidad de plantas llevadas a los propagadores y por ende un mejor crecimiento, desarrollo y adaptabilidad en el campo definitivo.

En base a los datos obtenidos en el cuadro 13 se realizó el análisis de varianza para determinar si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable largo de raíz de las plántulas de pacaina, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

FV	GL	SC	CM	FC	F Tabulada	
					0.05	0.01
Tratamiento	7	0.0132	0.001886	10.6253 **	2.25	3.12
Error	40	0.0071	0.0001775			
Total	47	0.0203				

Coefficiente de variación= 16.13%.

** Diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos.

En base a los datos obtenidos en el cuadro 14 se acepta la hipótesis alterna, se observa que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Se obtuvo un coeficiente de variación de 16.13%, adecuado por ser menor al 20% permisible. Debido a las diferencias altamente significativas entre los tratamientos; se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para determinar que tratamiento es el mejor para obtener un mayor largo de raíz de las plantas de pacaina a los 35 días después de germinada.

Cuadro 15. Prueba múltiple de medias Tukey al 5% para el largo de raíz de las plántulas de pacaina por tratamiento, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

TRATAMIENTO	MEDIA	LITERAL
T2	0.109	a
T7	0.0952	ab
T5	0.0915	ab
T1	0.0836	bc
T8	0.0826	bc
T3	0.0815	bc
T4	0.0674	cd
T9	0.0504	d

Valor Tukey 5%= 0.0232.

Se formaron cinco grupos estadísticos, el primero está formado por el T2 con una mayor media, el segundo grupo está formado por el T7 y el T5, el tercer grupo estadístico está formado por el T1, T8 y T3, el cuarto grupo está formado por el T4, el quinto grupo está formado por el T9.

La quinta variable evaluada fue la biomasa de las plántulas, la cual consistió en pesar con una balanza la planta completa 35 días después de haberse registrado como germinada. Esta variable se midió semanalmente en cada unidad experimental, se midieron 12 plántulas por cada unidad experimental. Los promedios de la biomasa de las plántulas por tratamiento se describen en el cuadro siguiente.

Cuadro 16. Datos obtenidos en la medición de la biomasa de las plántulas de pacaina a los 35 días después de germinadas, expresadas en gramos, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

NÚMERO TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	TOTAL	MEDIA
T1	1.01 0.8	1.25 1	0.71 0.8	0.73 0.72	0.84 0.58	0.98 0.72	10.14	0.845
T2	0.99 1.11	1.05 1.25	1.11 0.72	1.07 1.35	0.77 1.35	0.91 1.11	12.79	1.066
T3	0.75 0.75	1.31 0.74	0.61 0.96	0.89 0.76	0.6 0.61	0.78 0.82	9.58	0.798
T4	0.56 0.76	0.5 0.48	0.46 1.19	0.48 0.58	0.83 0.94	0.97 1.09	8.84	0.737
T5	1.45 0.98	0.86 0.87	0.48 1.29	0.64 1.15	1.29 1.07	0.85 0.71	11.64	0.970
T7	0.91 1.03	1.39 1.43	1.09 1	0.91 0.84	0.72 1.01	1.15 1.07	12.55	1.046
T8	1.23 0.83		0.88 0.57	0.68 0.57	1.17 0.92	0.68 0.85	8.38	0.838
T9	0.8 0.59	0.62 0.38	0.3 0.8	0.65 0.5	0.58 0.36	0.56 0.44	6.58	0.548

Se utilizó la metodología de una unidad experimental perdida para determinar el dato de la parcela perdida, la cual es 0.9331 correspondiente al T8 en la repetición dos. Según los datos descritos en el cuadro 19 se puede observar que el T2 que consistió en sumergir las semillas en ácido sulfúrico al 10% durante un minuto es el tratamiento con la media mayor de 1.0658 gramos por planta, seguido del T7 que consistió en escarificar las semillas por golpe con martillo con una media de 1.0458 gramos por planta, seguido del T5 que consistió en sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 20 días con una media de 0.97, siendo los mejores tres tratamientos de escarificación con las medias en biomasa más altas.

Cuadro 17. Promedio de la biomasa de las plántulas de pacaina por tratamiento, expresado en gramos, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

NÚMERO TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	TOTAL	MEDIA
T1	0.905	1.125	0.755	0.725	0.710	0.850	5.0700	0.8450
T2	1.050	1.150	0.915	1.210	1.060	1.010	6.3950	1.0658
T3	0.750	1.025	0.785	0.825	0.605	0.800	4.7900	0.7983
T4	0.660	0.490	0.825	0.530	0.885	1.030	4.4200	0.7367
T5	1.215	0.865	0.885	0.895	1.180	0.780	5.8200	0.9700
T7	0.970	1.410	1.045	0.875	0.865	1.110	6.2750	1.0458
T8	1.030	0.933	0.725	0.625	1.045	0.765	5.1231	1.0246
T9	0.695	0.500	0.550	0.575	0.470	0.500	3.2900	0.5483

Según los datos descritos en el cuadro 19 se puede observar que el T2 que consistió en sumergir las semillas en ácido sulfúrico al 10% durante un minuto es el tratamiento con la mayor media de 1.0658 gramos por planta, seguido del T7 que consistió en escarificar las semillas por golpe con martillo con una media de 1.0458 gramos por planta, seguido del T8 que consistió en sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 15 días con una media de 1.0246, son los mejores tres tratamientos de escarificación con las medias en biomasa más altas.

Al realizar comparación con el T9 (testigo absoluto) que posee una media de 0.5483 gramos por planta; se puede notar una mejora en la altura de plántulas con respecto a los tres tratamientos que poseen las medias de mayor valor; lo cual indica que los métodos de escarificación si tuvieron un efecto positivo para incrementar la biomasa de las plántulas de pacaina a los 35 días después de germinadas. Este incremento en la biomasa de las plántulas implica una mejora considerable en la calidad de plantas llevadas a los propagadores y por ende un mejor crecimiento, desarrollo y adaptabilidad en el campo definitivo. Para disminuir la variabilidad existente entre los datos; se procedió a transformar los datos con la ecuación \sqrt{x} , se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 18. Promedio de la biomasa de las plántulas de pacaina por tratamiento; datos transformados mediante la ecuación \sqrt{x} , San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

NÚMERO TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	TOTAL	MEDIAS
T1	0.951	1.061	0.869	0.851	0.843	0.922	5.4969	0.9162
T2	1.025	1.072	0.957	1.100	1.030	1.005	6.1882	1.0314
T3	0.866	1.012	0.886	0.908	0.778	0.894	5.3450	0.8908
T4	0.812	0.700	0.908	0.728	0.941	1.015	5.1043	0.8507
T5	1.102	0.930	0.941	0.946	1.086	0.883	5.8886	0.9814
T7	0.985	1.187	1.022	0.935	0.930	1.054	6.1136	1.0189
T8	1.015	0.966	0.851	0.791	1.022	0.875	5.5198	1.1040
T9	0.834	0.707	0.742	0.758	0.686	0.707	4.4334	0.7389

Según los datos que se observan en el cuadro 18, el mejor tratamiento es el T2 que consistió en sumergir las semillas de pacaina en ácido sulfúrico al 10% durante un minuto el cual posee un valor de 1.0314, seguidamente del T7 que consistió en escarificar las semillas de pacaina por golpe con martillo el cual posee un valor de 1.0189, seguidamente del T8 que consistió en sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 15 días el cual poseen un valor de 1.1040, siendo estos los tres mejores tratamientos de escarificación de semillas de pacaina para obtener una mayor biomasa

en las plántulas 35 días después de su germinación. Esto se debe a que los tratamientos de escarificación tuvieron un efecto sobre la testa de las semillas; lo cual facilitó la ruptura de la testa y por ende un mejor desarrollo de las plantas.

En base a los datos obtenidos en el cuadro 18 se realizó el análisis de varianza para determinar si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable biomasa de las plantas de pacaina; 35 días después de su germinación, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

FV	GL	SC	CM	FC	F Tabulada	
					0.05	0.01
Tratamiento	7	0.3865	0.0552	7.3945**	2.25	3.12
Error	40	0.2986	0.00746			
Total	47	0.6851				

Coeficiente de variación= 9.41%.

** Diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos.

En base a los datos obtenidos en el cuadro 19 se acepta la hipótesis alterna, se observa que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Se obtuvo un coeficiente de variación de 9.41%, adecuado por ser menor al 20% permisible. Debido a las diferencias altamente significativas entre los tratamientos; se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para determinar que tratamiento es el mejor para incrementar la biomasa de las plantas de pacaina 35 días después de la germinación.

El cuadro 20 muestra que el tratamiento útil para obtener plántulas de pacaina con mayor biomasa a los 35 días después de germinada es el T2 que consistió en sumergir las semillas durante un minuto en ácido sulfúrico al 10% con valor de 1.0314, seguido del tratamiento T7 consistió en escarificar las semillas por golpe con martillo con un valor de 1.0189, seguido del T5, T1 y T8 que poseen la misma literal siendo iguales los

tratamientos, seguido del T3 con un valor del 0.8908, seguido del T4 con un valor de 0.8507, seguido del T9 con un valor de 0.7389.

Cuadro 20. Prueba múltiple de medias Tukey al 5% para la variable biomasa de las plántulas de pacaina por tratamiento, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

TRATAMIENTO	MEDIA	LITERAL
T2	1.0314	A
T7	1.0189	A
T5	0.9814	a b
T1	0.9162	a b
T8	0.9108	a b
T3	0.8908	a b c
T4	0.8507	b c
T9	0.7389	C

Comparador Tukey 5%= 0.1545

Cuadro 21. Resumen de medias de las variables evaluadas, de los diferentes métodos de escarificación en semillas de pacaina, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

TRATAMIENTO	NÚMERO DE SEMILLAS GERMINADAS	INICIO DE GERMINACIÓN	ALTURA DE PLANTA	LARGO DE RAIZ	BIOMASA
T1	33.33	9.67	0.057	0.084	0.845
T2	54.50	9.50	0.065	0.109	1.066
T3	72.33	8.17	0.058	0.082	0.798
T4	77.83	9.33	0.041	0.067	0.737
T5	75.00	7.50	0.056	0.092	0.970
T6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T7	77.17	9.67	0.058	0.095	1.046
T8	63.17	9.60	0.042	0.082	1.025
T9	5.67	12.17	0.043	0.061	0.548

En el cuadro 21 se puede observar que para la variable número de semillas germinadas la mayor media lo posee el T4 con 77.83% de germinación. El tratamiento que presentó la menor media en toda la evaluación fue el T6, esto se pudo haber dado por algún daño que causó el agua caliente en el embrión de las semillas causándole la muerte. Para la variable inicio a germinación el T5 presentó una media de 7.5 semanas, por lo cual fue el tratamiento que menor tiempo requirió para la germinación de las semillas. Para la variable altura de planta la mayor media es de 0.065 metros correspondiente al T2. Para la variable largo de raíz la mayor media es de 0.109 metros correspondiente al T2 y para la variable biomasa la mayor media es de 1.066 gramos correspondiente al T2. Las medias son parámetros matemáticos que se pueden utilizar para determinar que tratamiento es el adecuado.

Cuadro 22. Resumen del costo por tratamiento de los diferentes métodos de escarificación en semillas de pacaina, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO	COSTO
T1	Ácido sulfúrico al 5%	Q 252.48
T2	Ácido sulfúrico al 10%	Q 252.48
T3	Agua fría durante 5 días	Q 185.31
T4	Agua fría durante 15 días	Q 185.31
T5	Agua fría durante 20 días	Q 185.31
T7	Escarificación mecánica por golpe con martillo.	Q 234.01
T8	Testigo relativo (agua fría durante 10 días)	Q 185.31
T9	Testigo absoluto	Q 185.19

La escarificación química representa el costo más elevado con Q 252.48 por tratamiento, esto se debe al costo del ácido sulfúrico. La escarificación física posee un costo promedio de Q 185.31 por tratamiento, teniendo una similitud con el costo del testigo absoluto (Q 185.19). La escarificación mecánica posee un costo promedio de Q 234.01 el cual obtuvo un mayor impacto en las semillas de pacaina por haber registrado un mayor porcentaje de germinación.

VIII. CONCLUSIONES

El mayor efecto de los tratamientos de escarificación sobre la cantidad de las semillas germinadas de pacaina, se obtuvo con el T4 que consistió en sumergir las semillas en agua fría durante 15 días con un porcentaje de germinación del 77.83%. El T6 que consistió en sumergir las semillas de pacaina en agua caliente (80°C) durante un minuto fue el peor tratamiento por no haber registrado ninguna semilla germinada, lo cual no permitió evaluar las otras variables. En base al análisis estadístico se acepta la hipótesis alterna, debido a que se obtuvo una mayor germinación de las semillas de pacaina con el T4.

El mayor efecto de los tratamiento de escarificación sobre en tiempo de germinación de las semillas de pacaina se obtuvo con el T5 que consistió en sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 20 días con una media de 7.5 semanas transcurridas desde la siembra al primer registro de germinación. En base al análisis estadístico se acepta la hipótesis alterna, debido a que se obtuvo un menor tiempo de germinación con el T5.

El tratamiento de escarificación que presentó el mayor efecto sobre la altura de planta y largo de la raíz fue el T2 que consistió en sumergir las semillas de pacaina en ácido sulfúrico al 10% durante un minuto con una media en altura de 0.065 metros y una media en altura de 0.109 metros por planta. En base al análisis estadístico se acepta la hipótesis alterna, debido a que se obtuvo una mayor altura y largo de raíz en las plantas de pacaina con el T2.

El tratamiento de escarificación que presentó el mayor efecto sobre la biomasa de las plantas de pacaina fue el T2 que consistió en sumergir las semillas de pacaina en ácido sulfúrico al 10% durante un minuto con una media de 1.066 gramos de biomasa por planta. En base al análisis estadístico se acepta la hipótesis alterna, debido a que se obtuvo una mayor biomasa en las plantas de pacaina con el T2.

Los tratamientos que presentaron el mayor costo de escarificación en semillas de pacaina fueron los tratados con ácido sulfúrico al cinco y 10% con un costo total de Q 252.48 por tratamiento. El menor costo de escarificación fue de Q 185.19 que se obtuvo con el T9 el cual fue el testigo absoluto. La escarificación por golpe con martillo tuvo un costo total de Q 234.01 debido a la mano de obra que se utiliza para realizar la escarificación, en un jornal de ocho horas se escarificaron 4,800 semillas.

IX. RECOMEDACIONES

Para incrementar el número de semillas de pacaina germinadas se recomienda utilizar el método que consistió en sumergir las semillas en agua fría durante 15 días.

Para disminuir el tiempo de germinación de las semillas de pacaina se recomienda utilizar el método que consistió en sumergir las semillas en agua fría durante 20 días.

Para obtener una mayor altura y largo de raíz en las plantas de pacaina se recomienda utilizar el método que consistió en sumergir las semillas de pacaina en ácido sulfúrico al 10% durante un minuto.

Para obtener una mayor biomasa en las plantas de pacaina se recomienda utilizar el T4 que consistió en sumergir las semillas en ácido sulfúrico al 10% durante un minuto.

Se recomienda utilizar los métodos de escarificación física por tener un menor costo y ser accesibles para los productores de pacaina.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araoz S. D. y Del Longo O.T. (2006). Tratamientos pregerminativos para romper la dormancia física impuesta por el endocarpo en *Ziziphus mistol* Grisebach. Laboratorio de Semillas. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Córdoba. Quebracho No. 13 (56-65).
- Chioc, A. (2014). Cultivo de pacaina (entrevista). San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, Guatemala. Asociación Nacional del Café.
- D'Aubeterre R., Principal J., y García J. (2002). Efecto de diferentes métodos de escarificación sobre la germinación de tres especies del género *Prosopis*, revista científica Vol. XII – suplemento 2, octubre. 575 – 577.
- De Luca, N. (2010). Técnicas y tratamientos pregerminativos (en línea). Consultado 10 sep. 2014. Disponible en <https://cursoreforestacion.files.wordpress.com/2010/05/tecnicas-y-tratamientos-pregerminativos.pdf>.
- Díaz, H. J. (2000). Evaluación del efecto de cinco productos químicos, utilizados como estimuladores de la germinación, en la semilla de café *Coffe arabica* L. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- González, J.M. (1993). Documento Tecnología de semillas. Universidad Rafael Landivar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas.
- INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). (2002). Proyección del crecimiento poblacional del municipio de San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, Guatemala.

- Jara, (1996a). Selección y manejo de fuentes semilleros en América central y República Dominicana. Turrialba, Costa Rica, Catie. Proyecto de Semillas Forestales. 85p.
- Jara. L. F. (1996b). Biología de semillas forestales. Catie. Turrialba, Costa Rica.
- Jiménez E. (2004). Sistema de Escarificación de Semillas de Tagua (*Phytelephas aecuatorialis*) para mejorar la germinación. Revista Tecnológica. Vol. 17 No 1. Páginas. 46-54. Disponible en: www.rte.espol.edu.ec.
- López, E. y González, B. (2013). Diseño y análisis de experimentos. Segunda. Edición. Editorial Universitaria, Facultad de agronomía USAC. Guatemala.
- Olivares, E. (1989). Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 1.4. Facultad de agronomía UANL. Marín, Nuevo León, México.
- Padilla, M. (1995). Tratamientos pregerminativos para semillas forestales. In Curso Nacional de Recolección y procesamiento de Semillas Forestales (I., 1995, Guatemala). Memoria. Guatemala. CATIE.
- Peña, A. y Sordo L. (2005). Semillas de *Ochroma pyramidalis* (Cav In Lamb) Urb (Balsa). Características, tratamiento pregerminativo y condiciones de germinación. [En línea]. Cuba. 2005. ISBN 59-250-156-4. Disponible en: www.dama.gov.co.
- Pérez, A. (2008). Evaluación de doce métodos de escarificado en semillas de Chonte (*Zanthoxylum aguilarii*) y Canoj (*Ocotea guatemalensis*) en el Asintal, Retalhuleu. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, URL 126 p.
- Poulsen, K. M. (2000). Técnicas para la escarificación de semillas forestales. Catie. Turrialba, Costa Rica.

Reyes, P. (1978). Diseño de experimentos aplicados. Tercera. Edición. Editorial Trillas. México.

Rodríguez, L. (2000). Tratamientos pregerminativos para algunas especies forestales nativas de la Región Huerta Norte de Costa Rica. In Simposio avances en la producción de semillas forestales en América Latina. (2000, Managua Nic.). Memoria. Ed. Rodolfo Salazar, Managua, Nicaragua.

Sánchez Y. y Ramírez M. (2001). Tratamientos pregerminativos en semillas de *Leucaena leucophala* (Lam) de Wit. Y *Prosopis juliflora* (sw) DC. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Maracaibo Venezuela.

Simmons, Ch. S., Tárano T., J.M., Pinto Z., J.H. (1959). Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Instituto Agropecuario Nacional. Ministerio de Agricultura. Guatemala. Editorial, José de Pineda Ibarra 995 – p.

Sitún, M. (2005). Investigación agrícola. Segunda. Edición. Editorial ENCA. Bárcena, Villa Nueva, Guatemala.

Sotomayor, I. y Duicela, L. (1993). Manual del Cultivo de café. Botánica In. INIAP Quevedo – Ecuador. Páginas 19-27.

Vidal, S. (2004). Análisis Económico-financiero, supuestos prácticos. Editorial Universidad Politécnica, Valencia.

Villena, E. (2003). Técnico en forestación y conservación del medio ambiente. Editorial Cultural. Madrid España.

Willan, R.L. (1991). Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos. FAO Montes 20/2. 502 p.

XI. ANEXOS



Figura 5. Frutos de pacaina de donde se obtuvieron las semillas utilizadas en la evaluación de métodos de escarificación.



Figura 6. Plantación de pacaina en San Pedro Yepocapa, Chimaltenango.

FECHA	R1									R2									R3								
	T 6	T 8	T 4	T 1	T 6	T 3	T 4	T 2	T 6	T 4	T 5	T 1	T 5	T 7	T 5	T 3	T 9	T 2	T 4	T 9	T 7	T 9	T 2	T 4	T 7	T 5	T3
23/03/2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30/03/2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06/04/2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13/04/2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20/04/2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27/04/2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04/05/2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11/05/2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
18/05/2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
25/05/2014	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	1	0	5	1	0	1	0	1	1	0	0	2	0	2	0	1	1
01/06/2014	0	1	1	0	0	2	4	0	0	7	4	2	4	0	3	4	1	1	7	0	1	0	2	0	3	2	1
08/06/2014	0	0	5	1	0	4	3	3	0	4	2	1	4	0	9	3	1	4	7	1	1	0	3	5	0	9	3
15/06/2014	0	1	0	0	0	0	6	1	0	3	6	0	2	2	5	3	0	4	8	3	4	0	6	5	4	5	7
22/06/2014	0	4	2	2	0	2	0	2	0	2	2	1	5	2	3	2	0	6	2	0	2	0	5	1	3	2	6
29/06/2014	0	5	4	1	0	5	2	4	0	7	5	4	0	2	2	3	0	6	6	1	5	0	3	7	3	5	1 0
06/07/2014	0	3	6	0	0	3	8	2	0	3	3	0	3	4	4	6	0	3	3	1	9	2	7	7	6	7	7
13/07/2014	0	7	9	1	0	4	3	1	0	1	4	4	8	0	3	3	0	5	6	0	7	0	4	4	2	2	4
20/07/2014	0	5	4	2	0	1	2	3	0	5	4	0	4	3	1	5	0	4	4	0	6	1	1	5	6	2	5
27/07/2014	0	5	2	1	0	2	3	2	0	3	2	2	0	5	1	3	0	1	2	0	4	0	1	4	4	2	0
03/08/2014	0	8	4	1	0	1	3	1	0	4	4	1	2	1	1	2	0	3	4	1	4	0	3	2	6	4	8

Cuadro 23. Registro del seguimiento semanal de la germinación de semillas de pacaina del 23/03/2014 al 03/08/2014 de la repetición I, II y III, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

FECHA	R1									R2								R3									
	T 6	T 8	T 4	T 1	T 6	T 3	T 4	T 2	T 6	T ⁴	T 5	T 1	T 5	T 7	T 5	T 3	T 9	T 2	T 4	T 9	T 7	T 9	T 2	T 4	T 7	T 5	T 3
10/08/2014	0	1	0	1	0	3	1	4	0	2	0	0	1	4	0	2	0	3	0	2	2	3	0	3	3	0	4
17/08/2014	0	2	3	2	0	1	6	0	0	2	2	0	1	1	3	2	0	1	0	0	3	0	1	3	5	3	3
24/08/2014	0	2	4	0	0	5	5	3	0	2	0	0	1	2	3	3	0	2	2	0	6	0	4	3	4	2	0
31/08/2014	0	1	2	3	0	5	5	2	0	6	4	2	1	5	3	3	0	5	5	0	4	1	3	4	5	4	6
07/09/2014	0	7	8	1	0	5	7	4	0	1 1	6	3	1	3	5	7	0	1	2	0	4	0	4	1	6	0	3
14/09/2014	0	2	5	0	0	5	3	3	0	1	0	0	2	6	3	4	0	1	2	0	5	0	3	3	5	3	0
21/09/2014	0	1	0	2	0	2	3	1	0	3	4	2	4	6	3	6	0	3	9	0	6	1	3	2	5	0	3
28/09/2014	0	0	2	1	0	3	1	1	0	1	6	1	1	6	5	2	0	0	2	0	6	1	1	0	0	5	0
05/10/2014	0	1	3	0	0	5	2	3	0	1	4	0	2	8	5	2	0	2	0	0	2	0	0	3	2	3	1
12/10/2014	0	0	3	0	0	2	1	1	0	1	1	0	1	3	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	3	1
19/10/2014	0	0	0	1	0	1	2	2	0	1	2	3	0	2	2	0	0	0	1	0	0	0	2	3	1	1	1
26/10/2014	0	3	2	0	0	2	0	2	0	0	3	3	4	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0
02/11/2014	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0
09/11/2014	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	5	3	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
16/11/2014	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
23/11/2014	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	2	0	4	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2
30/11/2014	0	3	2	1	0	2	1	1	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	1	1
07/12/2014	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0
14/12/2014	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	5	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
21/12/2014	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
28/12/2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/01/2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 24. Registro del seguimiento semanal de la germinación de semillas de pacaina del 10/08/2014 al 04/01/2015 de la repetición I, II y III, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

FECHA	R4									R5								R6										
	T 3	T 5	T 8	T 1	T 6	T 8	T 9	T 9	T 4	T 6	T 1	T 6	T 2	T 3	T 1	T 8	T 2	T 8	T 3	T 8	T 2	T 5	T 7	T 9	T 7	T 1	T 7	
23/03/20 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30/03/20 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06/04/20 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/04/20 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20/04/20 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/04/20 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/05/20 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/05/20 14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
18/05/20 14	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
25/05/20 14	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2	0	2	0	3	0	0	0	1	0	0
01/06/20 14	1	6	0	0	0	1	0	0	3	0	1	0	2	1	1	1	2	6	2	1	2	9	1	0	1	0	0	0
08/06/20 14	5	2	0	1	0	1	0	0	3	0	1	0	2	3	2	4	1	5	4	3	3	5	3	0	0	0	0	2
15/06/20 14	4	7	0	3	0	1	0	0	1 0	0	2	0	7	7	5	5	1	3	5	4	5	1 3	1	0	6	6	6	6
22/06/20 14	3	2	0	2	0	3	0	0	4	0	0	0	6	8	1	3	2	5	5	9	7	4	2	0	6	2	7	7
29/06/20 14	4	4	0	3	0	1 1	1	0	1 0	0	1	0	6	7	3	7	7	1 0	7	6	1 2	6	8	2	1 2	5	8	8
06/07/20 14	3	0	0	1	0	7	0	1	6	0	4	0	5	6	2	6	1	5	6	5	2	3	2	0	7	3	1 0	0
13/07/20 14	9	3	0	3	0	9	0	0	3	0	3	0	5	5	2	9	2	5	1	3	2	3	3	0	4	2	1	1
20/07/20 14	3	1	0	1	0	4	0	1	2	0	2	0	0	3	3	7	2	2	3	2	1	2	3	1	4	1	2	2
27/07/20 14	3	1	0	0	0	6	0	0	1	0	1	0	3	2	1	5	1	3	4	6	2	1	5	0	3	1	3	3
03/08/20 14	8	6	0	3	0	4	0	1	3	0	2	0	5	3	3	3	6	5	3	4	2	1	5	0	3	4	8	8

Cuadro 25. Registro del seguimiento semanal de la germinación de semillas de pacaina del 23/03/2014 al 03/08/2014 de la repetición IV, V y VI, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

FECHA	R4									R5								R6									
	T 3	T 5	T 8	T 1	T 6	T 8	T 9	T 9	T 4	T 6	T 1	T 6	T 2	T 3	T 1	T 8	T 2	T 8	T 3	T 8	T 2	T 5	T 7	T 9	T 7	T 1	T 7
10/08/20 14	5	4	0	2	0	1	1	2	4	0	2	0	2	2	2	3	2	3	2	2	3	1	5	1	2	1	2
17/08/20 14	1	1	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	2	1	1	1	5	2	0	1	1	1	0	1	0	1
24/08/20 14	7	3	0	3	0	6	0	0	1 2	0	0	0	1	3	1	6	2	3	7	7	2	2	6	0	0	2	6
31/08/20 14	4	0	0	0	0	3	0	0	3	0	1	0	1	2	1	1	6	5	0	1 1	1	4	5	0	3	3	6
07/09/20 14	5	3	0	2	0	8	0	0	3	0	2	0	2	0	0	4	4	5	6	5	1	2	8	0	5	1	6
14/09/20 14	3	1	0	3	0	5	0	0	8	0	2	0	2	5	1	0	3	1	5	2	1	0	3	0	4	2	2
21/09/20 14	2	5	0	3	0	4	0	0	2	0	3	0	1	2	0	0	1	4	0	2	0	2	3	0	2	0	7
28/09/20 14	0	1	0	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	1	1	1	0	2	5	0	3	0	0	1	1	1
05/10/20 14	0	2	0	3	0	2	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	3	1	1	2	1	0	2	0	1	0	1
12/10/20 14	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1
19/10/20 14	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	2	1	0	1	0	1	1
26/10/20 14	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	1	2	0	0	1	1
02/11/20 14	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09/11/20 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	3	0	0
16/11/20 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
23/11/20 14	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0
30/11/20 14	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
07/12/20 14	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
14/12/20 14	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
21/12/20 14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
28/12/20 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/01/20 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 26. Registro del seguimiento semanal de la germinación de semillas de pacaina del 10/08/2014 al 04/01/2015 de la repetición IV, V y VI, San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

	Costos directos	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Total Q
A	Mano de obra				
1	Preparación del terreno	Horas	0.5	9.25	4.63
2	Limpieza del terreno	Horas	1	9.25	9.25
3	Trazo del área experimental	Horas	1	9.25	9.25
4	Preparación del sustrato de bolsas	Horas	1	9.25	9.25
5	Llenado de bolsas (24)	Horas	1.5	9.25	13.88
6	Colocación de bolsas según diseño	Horas	0.5	9.25	4.63
7	Desinfección del sustrato	Horas	0.5	9.25	4.63
8	Siembra	Horas	1	9.25	9.25
9	Control de malezas	Horas	2	9.25	18.50
10	Riego	Horas	2	9.25	18.50
11	Colocación de sombra	Horas	1.5	9.25	13.88
12	Aplicación del ácido a las semillas	Horas	1	9.25	9.25
13	Toma de datos	Horas	8	9.25	74.00
					198.88
B	Terreno				
	Renta	Metros cuadrados	12.5	5	62.5
					62.5
C	Insumos y productos				
	Sustrato	Metros cúbicos	0.06	40	2.4
	Semillas	Kilogramo	0.4	44	17.6
	Fungicida propamocarb	Litro	0.01	260	2.6
	Fungicida carbendazim	Litro	0.01	95	0.95
	Insecticida thiametoxam	Gramos	1.45	3.85	5.58
	Bolsa de polietileno	Unidad	48	0.05	2.4
	Recipiente de plástico	Unidad	1	3	3
	Recipiente de metal	Unidad	1	5	5
	Ácido sulfúrico 10%	Litro	0.1	1000	100
	Ácido sulfúrico 5%	Litro	0.1	800	80
					219.53
	Sub total				480.91
D	Costos indirectos				
	Imprevistos (5%CD)				24.05
E	Costos totales				504.96

Cuadro 27. Costo total de la escarificación química (T1: escarificación de semillas de pacaina con ácido sulfúrico al 5% y T2: escarificación de semillas de pacaina con ácido sulfúrico al 10%), San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

	Costos directos	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Total Q
A	Mano de obra				
1	Preparación del terreno	Horas	1	9.25	9.25
2	Limpieza del terreno	Horas	2	9.25	18.50
3	Trazo del área experimental	Horas	2	9.25	18.50
4	Preparación del sustrato de bolsas	Horas	2	9.25	18.50
5	Llenado de bolsas (24)	Horas	3	9.25	27.75
6	Colocación de bolsas según diseño	Horas	1	9.25	9.25
7	Desinfección del sustrato	Horas	1	9.25	9.25
8	Siembra	Horas	2	9.25	18.50
9	Control de malezas	Horas	4	9.25	37.00
10	Riego	Horas	4	9.25	37.00
11	Colocación de sombra	Horas	2	9.25	18.50
12	Toma de datos	Horas	32	9.25	296.00
					518.00
B	Terreno				
	Renta	Metros cuadrados	24.88	5	124.4
					124.4
C	Insumos y productos				
1	Sustrato	Metros cúbicos	0.12	40	4.8
2	Semillas	Kilogramo	0.8	44	35.2
3	Fungicida propamocarb	Litro	0.01	260	2.6
4	Fungicida carbendazim	Litro	0.01	95	0.95
5	Insecticida thiametoxam	Gramos	1.45	3.85	5.5825
6	Bolsa de polietileno	Unidad	48	0.05	2.4
7	Recipiente de plástico	Unidad	4	3	12
8	Recipiente de metal	Unidad	0	5	0
					63.53
	Sub total				705.93
D	Costos indirectos				
	Imprevistos (5%CD)				35.3
E	Costos totales				741.23

Cuadro 28. Costo total de la escarificación física (T3: sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 5 días, T4: sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 15 días, T5: sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 20 días, T8: sumergir las semillas de pacaina en agua fría durante 10 días), San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

	Costos directos	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Total Q
A	Mano de obra				
1	Preparación del terreno	Horas	0.25	9.25	2.31
2	Limpieza del terreno	Horas	0.5	9.25	4.63
3	Trazo del área experimental	Horas	0.5	9.25	4.63
4	Preparación del sustrato de bolsas	Horas	0.5	9.25	4.63
5	Llenado de bolsas (24)	Horas	0.75	9.25	6.94
6	Colocación de bolsas según diseño	Horas	0.25	9.25	2.31
7	Desinfección del sustrato	Horas	0.25	9.25	2.31
8	Siembra	Horas	0.5	9.25	4.63
9	Control de malezas	Horas	1	9.25	9.25
10	Riego	Horas	1	9.25	9.25
11	Colocación de sombra	Horas	0.5	9.25	4.63
12	Toma de datos	Horas	8	9.25	74.00
13	Ruptura de la testa con martillo	Horas	2	9.25	18.50
					148.00
B	Terreno				
	Renta	Metros cuadrados	3.11	5	31.1
					31.1
C	Insumos y productos				
1	Sustrato	Metros cúbicos	0.03	40	1.20
2	Semillas	Kilogramo	0.2	44	8.80
3	Fungicida propamocarb	Litro	0.005	260	1.30
4	Fungicida carbendazim	Litro	0.005	95	0.48
5	Insecticida thiametoxam	Gramos	0.725	3.85	2.79
6	Bolsa de polietileno	Unidad	24	0.05	1.20
7	Recipiente de plástico	Unidad	1	3	3.00
8	Recipiente de metal	Unidad	0	5	0.00
9	Martillo	Unidad	1	25	25.00
					43.77
	Sub total				222.87
D	Costos indirectos				
	Imprevistos (5%CD)				11.14
E	Costos totales				234.01

Cuadro 29. Costo total de la escarificación mecánica (T7: escarificación por golpe con martillo), San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.

	Costos directos	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Total Q
A	Mano de obra				
1	Preparación del terreno	Horas	0.25	9.25	2.31
2	Limpieza del terreno	Horas	0.5	9.25	4.63
3	Trazo del área experimental	Horas	0.5	9.25	4.63
4	Preparación del sustrato de bolsas	Horas	0.5	9.25	4.63
5	Llenado de bolsas (24)	Horas	0.75	9.25	6.94
6	Colocación de bolsas según diseño	Horas	0.25	9.25	2.31
7	Desinfección del sustrato	Horas	0.25	9.25	2.31
8	Siembra	Horas	0.5	9.25	4.63
9	Control de malezas	Horas	1	9.25	9.25
10	Riego	Horas	1	9.25	9.25
11	Colocación de sombra	Horas	0.5	9.25	4.63
12	Toma de datos	Horas	8	9.25	74.00
					129.50
B	Terreno				
	Renta	Metros cuadrados	6.22	5	31.1
					31.1
C	Insumos y productos				
1	Sustrato	Metros cúbicos	0.03	40	1.20
2	Semillas	Kilogramo	0.2	44	8.80
3	Fungicida propamocarb	Litro	0.005	260	1.30
4	Fungicida carbendazim	Litro	0.005	95	0.48
5	Insecticida thiametoxam	Gramos	0.725	3.85	2.79
6	Bolsa de polietileno	Unidad	24	0.05	1.20
					15.77
	Sub total				176.37
D	Costos indirectos				
	Imprevistos (5%CD)				8.82
E	Costos totales				185.19

Cuadro 30. Costo total del testigo absoluto (T9), San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2014.