

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**



**“EVALUACION DE CINCO SUSTRATOS Y TRES MÉTODOS DE  
ESCARIFICACIÓN EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE CUATRO  
ESPECIES FORESTALES”**

**POR:**

**PORFIDIO ANTONIO BELLOSO OSORIO**

**LOUSSYANA BETSABÉ MAZARIEGO ELIAS**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**SAN SALVADOR, DICIEMBRE 2013**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

**ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

**SECRETARIA GENERAL**

**DRA. ANA LETICIA ZAVALETA DE AMAYA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO:**

**ING. AGR. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA**

**SECRETARIO:**

**ING. AGR. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA:**

**ING. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA**

**DOCENTE DIRECTOR**

**ING. AGR. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

**ING. AGR. MARIO ANTONIO BERMÚDEZ MÁRQUEZ**

## RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Desarrollo Forestal (CEDEFOR), Municipio de San Juan Opico, Departamento de la Libertad; en el periodo comprendido entre el 20 de agosto al 20 de diciembre de 2011.

El estudio consistió en evaluar cinco sustratos y tres métodos de escarificación, en el proceso de germinación de semillas en cuatro especies forestales: Flor de fuego (*Delonix regia*), Mangium (*Acacia mangium*), Memble (*Poeppigia procera*), Conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*).

Para realizar el ensayo se utilizaron los siguientes materiales: 9 cajas de madera, tamices, arena, tierra negra, materia orgánica, bambú y 1650 semillas por cada especie. Los factores de estudio lo constituyeron los Sustratos (S) y Métodos de escarificación (M) y para el análisis de los datos se aplicó, el arreglo de parcelas divididas, bajo un diseño simple de bloques completamente al azar 3X5, con tres repeticiones; quedando los tratamientos de la siguiente manera: T1= s1m1, s1m2, s1m3, s1m4; T2 = s2m1, s2m2, s2m3, s2m4; T3= s3m1, s3m2, s3m3, s3m4; T4= s4m1, s4m2, s4m3, s4m4 y T5= s5m1, s5m2, s5m3, s5m4, s5m5 (ej. método físico); midiéndose en ellas únicamente la variable respuesta: porcentaje de Germinación. Todas las semillas iniciaron su germinación de tres a cuatro días después de la siembra. Cuando el análisis de varianza mostró diferencia significativa, se aplicó la prueba estadística Diferencia Mínima Significativa (DMS); con un nivel de confianza de 5% de probabilidad. Para la especie flor de fuego, el método mecánico, presentó mejor efecto sobre la variable, con un 100% de germinación. En los sustratos, la arena al 100%, produjo mejor efecto en las especies memble y conacastes; con medias iguales a 36.33% y 54.00 % respectivamente, y en la especie mangium la combinación que obtuvo mejor resultado fue el método físico, con la técnica agua a 80°C/30 segundos con un 51.4% de germinación.

Palabras claves: Sustrato, Escarificación, Germinación, Semillas Forestales.

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS:**

Por darme la vida y haberme dado la oportunidad de crecer académicamente, por haber escrito en mi vida el estudiar en esta facultad, también por haberme dado sabiduría para seguir adelante, todo se lo debo a Dios, por su amor y su misericordia.

### **A MIS PADRES: MAMI ROSITA, PAPI RICARDO**

Por haberme dado la vida, por formarme en buenos valores, por darme la mano cuando lo necesitaba, por no dejarme sola nunca y por el apoyo incondicional y su amor.

### **A MIS HERMANOS: LIDIA Y RICARDO**

Por el hecho de estar ahí al pie del cañón con migo, en cada etapa de mi vida, por hacerme reír en momentos de estrés y por su apoyo en toda mi formación.

### **MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS: PORFIDIO, ERNESTINA Y MÁS**

Por el apoyo, compañía, comprensión brindados todos estos años que pasamos juntos, estudiando y trabajando, para alcanzar esta meta.

### **ING. JUAN ROSA**

Por haber tenido tanta paciencia, por dedicar su tiempo a las asesorías y por ser nuestro asesor.

### **CATEDRÁTICOS:**

A cada uno de ellos, desde el primer año, hasta el último que me enseñaron a ser una buena agrónoma con principios y poniendo primero los deseos de los productores.

### **PERSONAL DE BANCO DE SEMILLAS (CEDEFOR)**

En especial al Dasónomo Alex Alfredo Zelada y el Sr. Valentín Alvarado, por haber confiado en el trabajo y su apoyo incondicional en todo el proceso de la investigación.

**Br. Loussyana Betsabé Mazariego Elias**

**A DIOS.**

Por habernos dado la vida, los conocimientos y la capacidad necesaria para culminar nuestra carrera profesional.

**A MI FAMILIA**

Por darnos todo su amor y apoyo moral y económico.

**A JOVESOLIDES**

Que me impulso y me brindó los medios para culminar mis estudios

**NUESTRO ASESOR.**

Ing. Agr. Msc. Juan Rosa Quintanilla por brindarnos su tiempo y apoyo logístico en este trabajo.

**AL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA.**

Al Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra por su colaboración, por haber compartido con nosotros sus valiosos conocimientos logísticos de los trámites y permitido realizar esta investigación en este departamento al Ing. Mario Bermúdez por habernos brindado su apoyo en el análisis de los datos.

**A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR Y A LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS.**

Por toda enseñanza recibida y por forjarnos durante un periodo como nuevos profesionales del nuevo siglo.

**CENTRO DE DESARROLLO FORESTAL.**

Por habernos brindado su apoyo durante la realización de nuestra investigación y habernos dejado realizar esta investigación en sus instalaciones.

**Br. Porfidio Antonio Belloso Osorio**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS:**

Por no soltar mi mano en cada momento de mi vida, por darme la oportunidad de culminar mi carrera y por sobre todo, por darme la dicha de vivir para y por él.

### **A MIS PADRES:**

#### **MAMI:**

Por darme su apoyo, su comprensión, su abrazo y su amor en cada momento de mi vida, por haberme dado la oportunidad de ser lo que soy.

#### **PAPI**

Por darme su apoyo, compañía y amor en los momentos que más lo necesite.

### **A MIS HERMANOS**

Por los momentos que tuvieron que escuchar mis aventuras en la universidad, por escuchar mis quejas y por darme sus consejos importantes y sobre todo por la compañía y apoyo en mi carrera.

### **MI COMPAÑERO, AMIGO Y HERMANO: PORFIDIO**

Por ayudarme y brindarme su amistad sincera en momentos que los necesitaba y darme esa fuerza en circunstancias extremas, desde el día en que nos hicimos amigos.

### **CATEDRÁTICOS EN ESPECIAL: ING. BERMUDEZ E ING. RIGOBERTO QUINTANILLA**

A todos los profesores que me ensañaron todo lo que sabemos, por derramar de cada uno de ellos una gota de su conocimiento y enseñarnos hacer buenos profesionales.

### **ING. JUAN ROSA**

Por aceptar ser nuestro asesor, por su gran paciencia y comprensión y sobre todo por su gran labor como catedrático y demostrarnos lo importante que es el área forestal.

### **PERSONAL DE BANCO DE SEMILLAS (CEDEFOR)**

Por dejarnos montar y construir todo lo necesario para la investigación, se le agradece mucho a Alex Alfredo Zelada, por su paciencia y disposición para el desarrollo de la misma.

**Br. Loussyana Betsabé Mazariego Elias**

## **A DIOS TODO PODEROSO.**

Por haberme dado sabiduría y mantenerme con vida para lograr todo lo obtenido hasta la fecha.

## **A MIS PADRES.**

Manuel Belloso que desde el cielo me dio fortaleza para seguir adelante, mi madre paz Osorio, que siempre me apoyo a pesar de las dificultades y que con mucho esfuerzo y sacrificio me ha permitido obtener este triunfo.

## **A MIS HERMANOS**

Que me apoyaron durante todo el proceso y me dieron ánimos para salir adelante

## **AL GRUPO BAJO LEMPA**

Que confió en mí y me dio la oportunidad de aplicar a una beca para iniciar mis estudios superiores

## **A LA RESIDENCIA UNIVERSITARIA JOVESOLIDES**

Por haberme seleccionado y dado la oportunidad en un espacio de formación colectiva con la aplicación de valores y principios.

## **A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE LA RESIDENCIA UNIVERSITARIA**

Que compartieron durante todo este tiempo sus conocimientos y me animaron para salir adelante

## **A MI COMPAÑERA DE TESIS**

Loussyana Betsabé Mazariego Elias: porque ha demostrado ser una gran compañera, amiga, hermana que siempre estuvo en las buenas y en las malas y que me enseñó a salir adelante a pesar de los obstáculos.

## **A LOS DOCENTES**

Por su orientación, enseñanzas y que han sido los mejores guías para salir adelante y obtener este logro.

## **A TODOS MIS AMIGOS(AS) Y COMPAÑEROS(AS) DE LA FACULTAD**

Que de una u otra forma han unido esfuerzos y han brindado su ayuda para la finalización de este trabajo.

**Br. Porfidio Antonio Belloso Osorio**

## INDICE

1. Introducción .....	10
2. Revisión de literatura.....	11
2.1 Sustratos y métodos de escarificación para la germinación de semillas de especies forestales .....	11
2.2 Demanda de semilla forestal.....	12
2.3 Camas de Germinación .....	13
2.4 Sustratos.....	13
2.5 Tipos de sustratos.....	15
2.6 Semillas Forestales.....	15
2.6.1 Principales factores que influyen en el proceso de germinación.....	16
2.6.1.1 La temperatura: .....	16
2.6.1.2 La humedad.....	16
2.6.1. 3 El oxígeno.....	16
2.6.2 Tipos de Semillas Forestales.....	16
2.6.2.1 Semillas Ortodoxas.....	16
2.6.2.2 Semillas ortodoxas testa blanda.....	17
2.6.2.2 Semillas ortodoxas de testa dura .....	17
2.6.3 Semillas Recalcitrantes.....	18
2.7 Procesos pre- germinativos .....	18
2.7.1 Métodos de Escarificación .....	19
2.7.1.1 Métodos Químicos.....	19
2.7.1.1.1 Tratamientos con soluciones hormonales previa escarificación química.....	20
2.7.2 Métodos Físicos.....	20
2.7.2.1 Escarificación en frío.....	20

2.7.3. Métodos Mecánicos.....	20
2.7.3.1 Tratamiento con soluciones hormonales previa escarificación mecánica .....	20
2.7.3.2 Corte y rotura.....	20
2.7.3.3 Remoción total de la testa .....	21
2.7.3.4 Escarificación con tierra y arena.....	21
2.8 Generalidades de Especies Forestales en Estudio.....	21
2.8.1 Flor de fuego ( <i>Delonix regia</i> ) .....	21
2.8.2 Mangium ( <i>Acacia mangium</i> ) .....	22
2.8.3 Memble ( <i>Poeppigia procera</i> ).....	23
2.8.4 Conacaste negro ( <i>Enterolobium cyclocarpum</i> ) .....	24
3. Materiales y Métodos .....	26
3.1 Localización del experimento .....	26
3.2 Metodología de Campo.....	26
3.2.1 Selección de semillas .....	26
3.2.2 Elaboración de cajas.....	28
3.2.2 Preparación de los sustratos .....	29
3.2.3 Preparación de sustrato para semillero .....	31
3.4 Instalación del experimento .....	32
3.4.1 Siembra .....	32
3.4.2 Riego .....	33
3.5 Metodología Estadística.....	33
3.5.1 Descripción de las variables a medir .....	34
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1 ESPECIE: FLOR DE FUEGO ( <i>Delonix regia</i> ) .....	35

4.2 ESPECIE: MANGUIM ( <i>Acacia mangium</i> ) .....	39
4.3 ESPECIE: MEMBLE ( <i>Poeppigia procera</i> ).....	43
4.4 ESPECIE: CONACASTE ( <i>Enterolobium cyclocarpum</i> ).....	50
5. Conclusiones.....	54
5.1 Recomendaciones.....	55
6. Bibliografía .....	56
7. Anexos .....	62

### INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Especies de mayor demanda en El Salvador durante los años 2005 - 2010 .....	13
Cuadro 2. Tipos de Sustratos y Métodos de escarificación Físico y sus respectivas combinaciones de tratamientos.....	33
Cuadro 3. Tipos de Sustratos y Métodos de Escarificación Mecánico y sus respectivas combinaciones de tratamientos.....	34
Cuadro 4. Tipos de Sustratos y Métodos de Escarificación Químico y sus respectivas combinaciones de tratamientos. Ejemplo: Semilla de Conacaste .....	34

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1: Resultados obtenidos a los 15 días después de la siembra, flor de fuego (Delonix regia).....	36
TABLA 2: Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación a los 15 días después de la siembra, de la semilla flor de fuego (Delonix regia). (A 2) .....	36
TABLA 3: Resultados obtenidos a los 15 días después de la siembra, mangium. 40 (Acacia Mangium) .....	40
TABLA 4: Análisis de Varianza para la variable porcentaje de germinación de la especie mangium (Acacia mangium) .....	40
TABLA 5: Resultados obtenidos a los 15 días después de la siembra, membre... 44	44
TABLA 6: Análisis de Varianza para la variable porcentaje de germinación para la especie membre (Poeppigia procera).....	44
TABLA 7. Sustratos y Métodos de Escarificación con sus respectivas medias ....	45
TABLA 8: Resultados obtenidos a los 15 días después de la siembra, conacaste	51
TABLA 9: Análisis de Varianza para la variable porcentaje de germinación de la especie conacaste (Enterolobium cyclocarpum) .....	51

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento de Métodos de Escarificación con Técnicas más representativas.....	37
Figura 2. Comportamiento del testigo, dentro del método físico. ....	38
Figura 3. Comportamiento de los datos según sus media evaluando los métodos de escarificación para la especie <i>Acacia mangium</i> . ....	41
Figura 4. Comparación de medias de las Técnicas utilizadas dentro del Método de Escarificación Físico ( <i>Acacia mangium</i> ). ....	42
Figura 5. Medías de los sustratos con el método de escarificación con mejores porcentajes de germinación ( <i>Poeppigia procera</i> ). ....	45
Figura 6. Medías de Métodos de Escarificación y Técnicas de Escarificación con mejores porcentajes de germinación ( <i>Poeppigia procera</i> ). ....	46
Figura 7. Comparación de Técnicas de Escarificación Física y su % de germinación para la especie <i>Poeppigia procera</i> . ....	46
Figura 8. Comparación de Técnicas de Escarificación, sus % de germinación, para la especie <i>Poeppigia procera</i> . ....	47
Figura 9. Interacción entre Sustratos y Métodos de Escarificación para la <i>Poeppigia procera</i> . ....	48
Figura 10. Interacción de los Métodos de Escarificación y sus Técnicas con sus respectivos % de germinación. <i>Poeppigia procera</i> . ....	49
Figura 11. Sustratos y sus porcentajes de germinación para la especie <i>Enterolobium cyclocarpum</i> . ....	52
Figura 12. Métodos de Escarificación y sus porcentajes de germinación para la especie <i>Enterolobium cyclocarpum</i> . ....	53
Figura 13. Comparación de las Técnicas de Escarificación para la especie <i>Enterolobium cyclocarpum</i> . ....	53
FIGURA 12. Plano de campo para un Diseño de Parcela Divididas .....	62

Sustratos vrs. Métodos de Escarificación FÍSICA	
FIGURA 13. Plano de campo para un Diseño de Parcela Divididas .....	63
Sustratos vrs. Métodos de Escarificación MECÁNICA	
FIGURA 14. Plano de campo para un Diseño de Parcela Divididas .....	64
Sustratos vrs. Métodos de Escarificación QUÍMICA	

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mapas de campo .....	62
Anexo 2. Archivo de datos de entrada, Sistema SAS. 9.1. Para la especie <i>Delonix regia</i> . .....	65
Anexo 3: Archivo de datos de entrada, Sistema SAS. 9.1. Para la especie <i>Acacia mangium</i> . .....	66
Anexo 4: Archivo de datos de entrada, Sistema SAS. 9.1. Para la especie <i>Poeppigia procera</i> . .....	67
Anexo 5: Archivo de datos de entrada, Sistema SAS. 9.1. Para la especie <i>Enterolobium cyclocarpum</i> . .....	68
Anexo 6: Presupuesto de la investigación .....	69

## 1. Introducción

La combinación de sustratos y tratamientos pre germinativos, ayudan a homogenizar el proceso germinativo de las semillas, que tienen una prolongación en la germinación; debido a la estructura o barrera física que presentan las semillas de *Delonix regia*, *Acacia mangium*, *Poecypigia procera* y *Enterolobium cyclocarpum*. La selección y el determinar el tratamiento germinativo, debe de garantizar la aceleración el proceso de germinación de las semillas de las especies forestales.

En el área forestal, las investigaciones se han limitado a estudiar algunos métodos de escarificación y sustratos por separado; para la germinación de las semillas de especies forestales, que por su naturaleza y estructura tardan mucho tiempo en germinar, y la heterogeneidad que presentan, no es beneficiosa para los productores forestales. Es por ello que los tratamientos pre germinativos son prácticas que disminuyen el tiempo de germinación, y aumentan el porcentaje de germinación; por tal razón se hace necesario conocer métodos y técnicas que contribuyan a mejorar dicho proceso.

Al combinar sustratos con métodos de escarificación, se pueden acelerar los procesos de germinación de las semillas de especies forestales; que por su naturaleza y estructura, tardan mucho tiempo en germinar, y cuando lo hacen, la heterogeneidad que presentan, no es beneficiosa para los productores que desean establecer sus plantaciones.

La investigación se llevó a cabo, en las instalaciones del Centro de Desarrollo Forestal (CEDEFOR), Municipio de San Juan Opico, Departamento de la Libertad. Se determinó, el efecto de las combinaciones de sustratos y tratamientos pre germinativos; y como estos a su vez, contribuyen en acelerar y homogenizar el proceso de germinación de semillas, de las especies forestales.

## 2. Revisión de literatura

### 2.1 Sustratos y métodos de escarificación para la germinación de semillas de especies forestales

El término sustrato se aplica a todo material líquido y sólido distinto del suelo, cuyo origen puede ser natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical, desempeñando un papel de soporte para la planta.

Son el medio de soporte de las plantas y suministran a las raíces el agua y los nutrientes requeridos para el crecimiento vegetal.

Su importancia radica en que gran parte de las especies ornamentales, forestales frutales y plantines hortícolas se producen en contenedores. (Gallardo. s.f.) Según Amaya *et al* (1995) en una investigación realizada con semillas de especies forestales, determinaron que la combinación de aserrín, bagazo de caña de azúcar, pulpa de café y fibra de coco en proporción del 25% para la especie *Acacia mangium*, se obtuvo un porcentaje de germinación mayor en comparación con otras combinaciones, emergiendo a los 18 días después de la siembra.

Clavero (1998), menciona en su investigación que las semillas de mangium son duras y necesitan de tratamiento pre-germinativo. Sumergir las semillas en agua caliente por 30 segundos incrementa la germinación, manteniendo las bolsas en sombra durante las primeras dos semanas; el suelo o sustrato debe de poseer pH bajos bien drenados.

Del mismo modo la semilla de Conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), puede tener un alto porcentaje de germinación al someterse a un método de escarificación química, con un tratamiento de Ácido Sulfúrico a una concentración del 95%: sumergiendo a la semilla durante 30 minutos, se obtiene porcentaje de germinación del 96% a los 8 días de siembra (Alberto y Jerónimo 1989).

Según Martínez (1996) determinó la germinación de semillas de flor de fuego (*Delonix regia*) con cuatro tratamientos pregerminativos. Los resultados mostraron que la inmersión de las semillas en agua en ebullición durante cinco minutos promueve y homogeniza su germinación, alcanzando un porcentaje de

germinación de 54.33%, la inmersión en agua a 70 °C durante cinco minutos promovió el 3.67% de germinación; la inmersión en agua a 70° C durante cinco minutos complementada con la inmersión en ácido giberélico a 250 ppm durante un periodo de 24 horas originó el 3% de germinación y el tratamiento que obtuvo el porcentaje más bajo de germinación fue el de inmersión en agua en ebullición complementada con la inmersión en ácido giberélico a 250 ppm durante un periodo de 24 horas.

En esta investigación Martínez (1996) se realizó en La Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM) donde se obtuvieron resultados correspondientes a los tratamientos pre germinativos en las semillas de *Delonix regia* con el fin de encontrar el que aumente el porcentaje y velocidad de germinación, para lo cual utilizo los siguientes:

- Escarificación mecánica
- Escarificación química
- Inmersión en agua caliente
- Remojo en agua a temperatura ambiente.
- Escarificación mecánica + remojo en agua a temperatura ambiente.

Entre estos cinco tratamientos el mejor resultado fue de inmersión en agua en ebullición durante cinco minutos, obteniéndose un porcentaje de germinación del 80%.

## **2.2 Demanda de semilla forestal**

Las organizaciones no gubernamentales que ejecutan todos los años proyectos de reforestación con financiamiento externo a través del Fondo Ambiental para El Salvador (FONAES), el Fondo de Iniciativas de las Américas para El Salvador (FIAES) y el Banco Multisectorial de Inversiones (BMI), demandan en su mayoría 15 especies forestales (FAO 2003).

El 80% de las semillas utilizadas a nivel nacional, son ofertadas por el Centro de Desarrollo Forestal/Banco de Semillas Forestales (CEDEFOR).

**Cuadro 1. Especies de mayor demanda en El Salvador durante los años 2005 -2010**

N°	Especie	Año						Total	Plantas Totales
		2005 (Kg)	2006 (Kg)	2007 (Kg)	2008 (Kg)	2009 (Kg)	2010 (Kg)		
1	Flor de fuego	5.58	4.15	5.3	11.4	7.41	14.84	48.68	67,181
2	Mangium	1.76	1.19	0.2	0.76	0.32	0.78	5	285,171
3	Memble	0.48	0.95	0.45	0.25	1.78	0.72	4.63	72,259
4	Conacaste negro	11.67	13.4	3.35	10.1	29.66	12.57	80.75	53,293
5	Copinol	37.1	36.15	1.5	40	10.25	33.05	158.04	18,016
6	Chaquiro	9.66	10.01	5.55	1.32	5.79	2.73	35.06	911,508
7	Flor amarilla	9.73	14.75	6.75	7.75	14.68	4.08	57.73	1228,430
8	Leucaena	20.66	34.26	9.26	5.48	50.57	102.82	223.04	1338,246
9	Carreto	6.07	6.49	7.65	6.95	8.13	7.93	43.22	142,622
10	Teca	7	33.6	11	45	70.04	4	170.64	92,147

Fuente: CEDEFOR (Centro de Desarrollo Forestal) 2011

### **2.3 Camas de Germinación**

Las camas de germinación son pequeñas parcelas de terreno, cajas de madera, macetas, entre otras destinadas a la siembra y crecimiento inicial de las plántulas. Allí permanecen por el periodo de 3 a 4 meses dependiendo de la especie (Solórzano 2005).

También puede definirse como cualquier espacio o estructura especialmente destinada a la germinación de semillas de árboles u otras plantas menores. Una cama de germinación puede ser tan simple como una caja de madera con arena, granza de arroz o cualquier sustrato esterilizado en donde las semillas pueden germinar libremente (Vísquez 2002).

### **2.4 Sustratos**

El sustrato que utilizan en la mayoría de investigaciones y viveros, es tierra común para semilleros o almacigueras y deben de cumplir con el requisito de permeabilidad, es decir una buena porosidad; Según el Servicio de Conservación de Suelos, Departamento de Agricultura de Estados Unidos, citado por Amaya *et al* (1995), para tener una buena aireación es importante que el sustrato sea

poroso, de tal forma que el aire circule con facilidad, las raíces deben respirar perfectamente para lograr un adecuado desarrollo. La pulpa de café y otros subproductos vegetales puede ser utilizado como sustrato en mezcla, que brinde cantidades de potasio y fosforo que son nutrientes importantes para el desarrollo de la plántula.

En los ensayos se busca encontrar una combinación de sustratos, en el cual se obtengan porcentaje de germinación en menor tiempo posible (Centeno 1990), por lo tanto el sustrato empleado, tiene un efecto directo en el desarrollo inicial de la plántula (Altamirano y Aparicio 2002).

Vísquez (2002), lo define como cualquier compuesto natural o artificial en donde una planta nace, se desarrolla y vive temporal o permanentemente. Dependiendo de las necesidades particulares de cada planta, un sustrato puede estar formado por mezclas de tierra, arena, materia orgánica, arcilla, grava, cascarilla de arroz, carbón, corteza de árbol, fibra de coco, entre otras, en mayores o menores proporciones; según el semillero.net, un sustrato debe facilitar la penetración de la raíz y el desarrollo de la plántula.

Para elegir el sustrato de deben de tomar en cuenta las necesidades de las plántulas, lo limitado del espacio para efectuar procedimientos y el manejo. Debe proveer apropiadamente las siguientes condiciones:

**Agua:**

Vital para los procesos fisiológicos. El sustrato debe poseer una capacidad de retención de humedad para proveer a la semilla la humedad necesaria.

**Aire:**

Esencial para la respiración del sistema radicular, el sustrato debe permitir un aporte constante de oxígeno y la liberación de CO<sub>2</sub>. Las plántulas cultivadas en medios orgánicos necesitan más oxígeno que las cultivadas en medios minerales, debido a que los microorganismos también son demandante de oxígeno. El sustrato debe ser suficientemente poroso como para permitir un libre intercambio gaseoso.

## **Estructura:**

Según ASOCAM (s.f.) el sustrato debe contener una buena relación en la composición de arena, tierra vegetal y tierra del lugar, variando de acuerdo a las especies y al lugar. Otros componentes que aportan en a la estructura de sustrato están: el limo. La cascarilla de arroz, cortezas de árboles, turba, tierra negra, entre otros.

La utilización de materiales locales, es una opción para no incrementar los costos, además de elaborar una buena composición que se requiera y sea más factible para el tipo de semilla que se va a utilizar (Esemillero.net s.f.).

## **2.5 Tipos de sustratos**

Es necesario que el sustrato posea un equilibrio entre las fases sólidas, líquida y gaseosa haciendo eficaz el uso de un espacio reducido. En germinación no se requieren sustratos fértiles dado que la semilla depende de sí misma en su primera etapa de desarrollo. En algunos lugares es posible usar sustratos propios de la región, generalmente originados en procesos industriales como aserrín, carboncillo, escoria, entre otros (Esemillero.net s.f.)

La calidad de una plantación forestal está relacionada con la calidad del plantín. En el vivero, para obtener un plantín de calidad no sólo es necesario contar con buen material genético, también es indispensable la incorporación de la tecnología adecuada en el proceso de producción. En tal sentido, el sustrato en el que la planta desarrollará sus primeros estadios de vida, es un elemento fundamental para la obtención de plantas de calidad (Altamirano y Aparicio 2002).

En general, un sustrato adecuado sería aquel que garantice altos porcentajes en la producción de plantas, y a la vez, presente menos pérdidas de éstas por factores adversos durante el proceso germinativo (Renteria, *et al* 1999).

## **2.6 Semillas Forestales**

Todos los árboles, se originan de una semilla, sin embargo, se observan árboles torcidos, con muchas ramas en la parte baja, enfermos y el cual es un árbol no deseable; lo contrario es encontrar árboles bien conformados, con fuste recto, sin

ramificaciones en la parte baja, hojas sanas, al cual consideramos un árbol deseable (árbol semillero).

Una semilla de buena calidad es la que tiene viabilidad, poder germinativo y pureza. (PNUMA s.f.)

## **2.6.1 Principales factores que influyen en el proceso de germinación**

### **2.6.1.1 La temperatura:**

Según INFORMACION BASICA... (2011), la mayoría de las semillas de las zonas tropicales y subtropicales necesitan temperaturas entre 20-25°C para germinar satisfactoriamente.

En general, la germinación se beneficia de temperaturas cambiantes entre el día y la noche, siempre que estas variaciones se mantengan constantes (Botanical online 2011).

### **2.6.1.2 La humedad**

Las semillas se hidratan con la humedad del suelo, y además están expuestas a temperaturas y oxigenación adecuadas, provoca y posibilita un alto porcentaje de germinación (Botanical online 2011).

### **2.6.1.3 El oxígeno**

Activa una serie de enzimas necesarias para transformar el almidón de la semilla en productos aprovechables para el crecimiento de la futura planta. La absorción de oxígeno está en relación con la temperatura y la humedad. A mayor temperatura el oxígeno es menos soluble en agua y la semilla lo absorbe con mayor dificultad. El aumento de humedad disminuye la absorción de oxígeno, cuando la humedad es excesiva la semilla no puede germinar y desarrollo muchas enfermedades (Botanical online 2011).

## **2.6.2 Tipos de Semillas Forestales**

### **2.6.2.1 Semillas Ortodoxas**

Las semillas ortodoxas son aquellas cuyo contenido de humedad es de 5 a 10 %, guardadas a temperaturas bajo cero sin ocasionar daño, es posible conservarla por períodos largos manteniendo su capacidad germinativa, las semillas pierden humedad cuando son colectadas del árbol o cuando permanecen en él, y su

conteniendo de humedad es bajo debido a su proceso natural de desecación. (Muñoz 1993)

#### **2.6.2.2 Semillas ortodoxas testa blanda**

Pertenecen a este grupo muchas especies de importantes géneros de árboles forestales, como por ejemplo *Pinus*, *Picea* o *Eucalyptus*. Muchas de ellas pierden la viabilidad en unas pocas semanas si se mantienen en las condiciones naturales o se almacenan con la temperatura y la humedad del ambiente, pero pueden almacenarse durante meses o años si se mantienen a un nivel bajo la temperatura y el contenido de humedad.

Estas semillas deben de ser conservadas de forma especial, brindándoles un manejo que asegure su conservación, por lo menos lo necesario para su uso en un vivero forestal, una de las desventajas es que estas semillas no superan tiempos de 1 a 2 años. (Willan 1991).

#### **2.6.2.2 Semillas ortodoxas de testa dura**

La dureza de la cubierta es por lo tanto un importante factor positivo para prolongar la vida de la semilla en todas las condiciones de almacenamiento, aunque constituye una ventaja decisiva cuando no se dispone más que de medios de almacenamiento limitados y durante el período, potencialmente peligroso, que transcurre entre la recolección y el comienzo del almacenamiento de largo plazo.

En muchas de las especies, se ha comprobado que mantienen la viabilidad de sus semillas durante decenios, tienen la cubierta seminal dura. Ejemplo diversas especies de leguminosas tropicales.

La ventaja que existe en las semillas ortodoxas es que se pueden conservar por períodos de tiempos largos sin un manejo de conservación, (Willan 1991)

### **2.6.3 Semillas Recalcitrantes**

Estas se caracterizan por su sensibilidad a la deshidratación y una rápida pérdida de viabilidad posterior a la diseminación, lo que implica limitaciones graves para el almacenamiento de la semilla con fines de propagación de árboles tropicales. (Magnitskiy y Plaza 2007).

La mayoría de las semillas recalcitrantes son grandes, con un peso de mil semillas que frecuentemente sobrepasan los 500 g. Un ejemplo extremo en este sentido es la nuez de coco. En muchos casos, las semillas están envueltas por un endocarpo grueso y la unidad de propagación no es la semilla, sino el fruto.

En general las semillas recalcitrantes tienen un contenido de humedad alto entre 30% y 70% (en base del peso fresco). Además, el contenido de humedad puede variar mucho entre semillas individuales, según CHIN citado por Müller (1995) estas características tienen importantes aplicaciones para el análisis de las semillas, para las pruebas de germinación no es factible usar una cantidad considerable de semilla por su disponibilidad, además de requerir espacio físico para las pruebas Bonner&Vozzo, Citado por Müller (1995), menciona la característica más importante de las semillas recalcitrantes es su sensibilidad respecto al secado. El grado de sensibilidad varía entre especies y el contenido de humedad crítico para cada especie siendo del 12% al 31% y se determina mediante ensayos de secado con pruebas de germinación a diferentes contenidos de humedad.

### **2.7 Procesos pre- germinativos**

Los métodos de escarificación cumplen un papel importante en la búsqueda de soluciones para las semillas de especies forestales que requieran la intervención de un tratamiento para “despertar” y así obtener homogeneidad en la germinación. En muchas especies forestales existen obstáculos físicos y hormonales en la semilla (latencia), que dificultan obtener porcentajes de germinación y uniformidad en el menor tiempo posible, por lo cual se justifica la investigación de métodos que

superen los problemas de latencia de la semilla por poseer testa dura (Montes y Argueta 1999).

Algunos de los métodos de escarificación más utilizados por productores es el remojo de la semilla en agua tibia, dejándola enfriar y sacándolas a las 8 o 12 horas y el lijado (pasada rápida sobre un papel de lija medio). Todos estos tratamientos permiten la entrada de agua en la semilla, para que se hinche y germine. Por lo consiguiente se determinara por lo menos un método de escarificación (físico, químico o mecánico), que mejor responda a la necesidad expuesta (INTA. s.f.)

Las semillas de muchas especies forestales germinan fácilmente en condiciones favorables (CATIE 2000). En ciertas especies deben ocurrir algunos cambios en la estructura física o bioquímica de la semilla, antes del inicio de la germinación. Sin embargo, es importante vencer estos mecanismos para obtener una germinación rápida y homogénea, que permita utilizar las plantas en el tiempo planificado para la plantación (Mesén *et al* 1996).

### **2.7.1 Métodos de Escarificación**

La escarificación de las semillas es método que tiene como finalidad abrir o debilitar la testa o estructura externa de las semillas para que la radícula pueda abrirse paso entre ella y pueda producir la germinación adecuadamente (Botánico online 2011).

Según Payeras (2008) algunas semillas poseen una testa dura que protege al embrión de las inclemencias, estas semillas se deberán escarificar para erosionar está cubierta con el fin de que el agua penetre y de inicio el proceso germinativo.

#### **2.7.1.1 Métodos Químicos**

Este tipo de escarificación que utiliza productos químicos para debilitar la capa externa de la semilla y liberarla de posibles plagas o impurezas que podrían estar pegadas en las mismas. Entre los productos que se utilizan se encuentran el Ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y Ácido Clorhídrico (CLH) (Botánico online 2011).

#### **2.7.1.1.1 Tratamientos con soluciones hormonales previa escarificación química.**

Esta consiste en sumergir la semilla en ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) al 95% de concentración durante 120 minutos, luego lavarlas con abundante agua, inmediatamente introducirla en una solución de 100 ppm de ácido indol acético durante una hora (INDERENA s.f.).

#### **2.7.2 Métodos Físicos**

La finalidad es ablandar, perforar, rasgar o abrir la cubierta responsable del letargo de las semillas utilizando elementos físicos como: agua, temperaturas (altas o bajas) entre otras. (Araoz y Longo, 2006)

##### **2.7.2.1 Escarificación en frío.**

Consiste en remojar las semillas con agua fría por 12 a 24 horas, colocando las semillas en una bolsa de polietileno herméticamente cerrada en el refrigerador (1 y 4 °C). Se las deja por algunas semanas antes de sembrar, es necesario sacar cada semana la bolsa con semillas para voltear y airear. Esto se puede aplicar en el caso de los eucaliptos (*Eucalyptus spp*) y los pinos (*Pinus sp*) (INDERENA S.f.)

##### **2.7.3. Métodos Mecánicos**

Consiste en utilizar cualquier material áspero, de manera que cuando exista el rozamiento de las semillas con este material (lija), disminuya el espesor de la capa protectora de la semilla (Solórzano 2005). El impacto mecánico ocasiona pequeñas fisuras invisibles en las capas exteriores de la testa de la semilla (Poulsen y Stubsgaard 2000).

##### **2.7.3.1 Tratamiento con soluciones hormonales previa escarificación mecánica**

En este tratamiento se lija la semilla hasta que pierde el brillo natural y su aspecto sea completamente poroso; luego se sumerge en una solución de 100 ppm de ácido indol acético durante tiempo variable (INDERENA s.f.)

##### **2.7.3.2 Corte y rotura.**

Consiste en cortar una esquina de la cubierta, sin dañar el embrión, esto permite que el agua penetre. Otra forma de permitir el ingreso del agua es golpeando la

semilla suavemente sin dañar el embrión, ejemplo el nogal (*Juglans nigra*). (Solórzano 2005)

#### **2.7.3.3 Remoción total de la testa**

Para esto se utiliza un martillo y se golpea no muy fuerte de manera que no dañe el embrión (Solórzano 2005).

#### **2.7.3.4 Escarificación con tierra y arena**

Se puede usar una caja cuya superficie tenga orificios, por donde pueda salir el agua y consiste en colocar una pequeña capa de tierra o arena, luego se coloca las semillas, posteriormente otra capa de tierra o arena, luego se deja la caja en un lugar con sombra, manteniendo la humedad. Las semillas se retiran al ver la aparición del embrión saliendo, o sea la raíz principal. Esto puede suceder luego de varias semanas o meses según la especie (Solórzano 2005).

## **2.8 Generalidades de Especies Forestales en Estudio**

### **2.8.1 Flor de fuego (*Delonix regia*)**

Los *Delonix regia* de la Familia de las Caesalpiniaceae (Leguminosas), alcanzan una altura media de unos 8 metros, aunque pueden llegar hasta los 12 m se desarrolla bien en clima templado entre los 10 y los 2000 msnm.

Su follaje es denso y muy extendido, en zonas con temporadas secas muy marcadas pierde las hojas, sin embargo, en condiciones menos rigurosas es perennifolio. Las flores son grandes, con cuatro pétalos de hasta 8 cm de longitud y un quinto pétalo llamado el estándar, que es más largo y manchado de amarillo y blanco; una variedad natural de *Delonix regia* llamada *flavida* tiene las flores amarillas. La floración se extiende desde primavera hasta fines de otoño. Al ser un árbol de origen tropical, es sensible al frío. Se adapta a todo tipo de suelos. Necesita luz solar plena para su desarrollo. Las vainas maduras de esta especie son leñosas, de color castaño oscuro, de 60 cm de longitud y 5 cm de ancho. Las semillas son pequeñas y pesan alrededor de 0,4 g. Requiere climas cálidos para una abundante floración ya que es sensible al frío. Las semillas tienen una cubierta dura como una piedra, y es casi imposible que germinen sin un adecuado

tratamiento ya que es tan dura, compacta e impermeable que evita que el embrión interno se pueda desarrollar y producir un nuevo árbol. Para lograr que las semillas del árbol de fuego germinen al sembrarlas, se colocan en un recipiente, se cubren con agua hirviendo, y se dejan así sumergidas y enfriando durante unas 24 horas. De esta forma la cáscara se suaviza, los tejidos internos se hinchan y la semilla revienta para liberar a la nueva plántula. Las hojas miden de 30 a 50 cm de largo, cada una tiene de 20 a 40 pares de folíolos primarios compuestos, también llamados pinnados y cada uno de éstos está dividido a su vez en 10 a 20 pares de folíolos secundarios. Es un árbol que se recupera mal de las podas, no cicatrizando los cortes, por lo que habrá que sellarlos con una pasta cicatrizante, hay que evitar las podas en las zonas más viejas y las podas drásticas (Wikipedia 2010)

### **2.8.2 Mangium (*Acacia mangium*)**

Es una especie nativa del noreste de Australia, Papúa Nueva Guinea y las islas Molucas al este de Indonesia; es una leguminosa de la familia Mimosaceae. Es un árbol de rápido crecimiento y puede alcanzar hasta los 30 metros en su relativamente corta vida (30 – 50 años) y diámetros que raramente exceden los 50 cm. El fuste es generalmente recto; la copa es redonda.

Un rasgo sobresaliente del mangium es su follaje. Su corteza es rugosa y estriada de color gris o pardo. Las hojas en sus primeras etapas de desarrollo son compuestas pero rápidamente son reemplazadas por filodios cuya apariencia es la de una hoja entera de gran tamaño (10 X 25 cm), con cuatro nervaduras longitudinales.

Las inflorescencias aparecen en espigas de hasta 10 cm de largo; sus flores son pequeñas, bisexuales color blanco o crema.

Los frutos son vainas finas de 7 a 8 cm de longitud retorcidas y agrupadas en masas irregulares; Las semillas son negras, elípticas pequeñas, con un funículo amarillo o naranja.

El número de semillas por kilo es de 66.000 a 120.000. Las semillas deben tratarse con agua hirviendo por 30 segundos, y después dejarse en remojo en

agua fría. Las semillas tratadas se siembran al voleo en germinadores de arena para posterior repique, o directamente en bolsas de polietileno. La germinación empieza a los 3 días y se completa en 8-10 días. Las plántulas crecen rápidamente siempre y cuando estén provistas de suficiente humedad.

No es una especie tolerante a la sombra; crece mejor en sitios fértiles con buen drenaje pero puede tolerar suelos de baja fertilidad y poco drenaje. Los árboles jóvenes son susceptibles al fuego. Presenta buenas características como materia prima para la industria del papel (pulpa); se usa también como combustible (leña), para la construcción y como madera para mueblería; es una especie con buenas características para usarla en el control de erosión. Tiene un buen potencial para ser usada en postes. Se puede plantar como cortinas rompe vientos en sistemas agroforestales. (*Acacia mangium* s.f)

### **2.8.3 Memble (*Poeppigia procera*)**

De la familia Caesalpiniaceae, arbusto o árbol que alcanza una altura de 25 m y un diámetro a la altura del pecho (dap) de 70 cm, de copa amplia, redondeada e irregular con ramificación alta en el tallo. Ramitas delgadas con líneas verrugosas blancas y grietas finas longitudinales.

Hojas alternas, paripinnadas con 5 - 37 pares de hojuelas lampiñas, oblongas, de 6 - 20 mm de largo y 3 - 5 mm de ancho, de ápice redondeado y base obtusa y desigual, flores amarillas de unos 12 mm de largo, en panícula densas, laterales y terminales, ramificadas, de 2 - 3 cm de largo, los frutos son vainas delgadas, oblongas o elípticas de 4.5 - 7 cm de largo, 1 cm de ancho, ápice de punta fina y base angosta, de color café claro al madura, no abren. Contiene 1 - 2 semillas aplanadas, de 5 mm de largo.

Su distribución es frecuentemente en colinas o sitios con buen drenaje, en elevaciones de 0-400 msnm y precipitaciones de 800-2000 mm, con 4 - 6 meses secos.

La propagación por semilla. Se recomienda un tratamiento mecánico mediante el raspado de la testa con papel de lija, con el que se puede conseguir porcentaje de

germinación en torno de 5 al 8%. La germinación puede comenzar a los 5 días y se completa al cabo de tres semanas (Barrence *et al* 2003).

La propagación es sexual la, como tratamiento pre germinativo se le realiza, un tratamiento mecánico mediante la técnica del raspado de la testa con papel de lija, con el que se pueden conseguir porcentajes de germinación igual a 85%. La germinación puede comenzar a los 5 días y se completarse al cabo de unas 3 semanas. (Barrence *et al*, 2003).

#### **2.8.4 Conacaste negro (*Enterolobium cyclocarpum*)**

Es el árbol nacional de Costa Rica, perteneciente a la familia de las Fabaceae (Mimosaceae), es una especie nativa tradicionalmente apreciada por los campesinos por tener múltiples usos, así como importante potencial forrajero y maderero. Es un árbol de buen porte, de apreciable belleza y aspecto majestuoso: es sembrado en parques, calles y avenidas.

Árbol de 30 a 50 m de altura y de 2 a 3 de diámetros. Los arboles maduros en pastos son también una fuente valiosa de madera para aserrío usada en construcción, chapas y acabados interiores, carpintería, muebles. En ocasiones, es utilizada como sombra para café, pero su gran tamaño y copa extendida hacen difícil el manejo de la sombra.

Los arboles comienzan habitualmente a producir semillas a los 15 a 20 años de edad, un árbol adulto puede producir 2000 vainas con 10 - 16 semillas, las vainas son duras y no se abren por si solas, por lo que las semillas se extraen manualmente machacándolos y cribándolas.

Las semillas son grandes y posee de 800 - 2000 semillas por Kilogramo y muy duras, son semillas ortodoxas por lo que se pueden almacenar bajo condiciones convencionales (<10% de humedad y < 4° C en envases herméticos) pero requieren tratamiento pre germinativo, la cubierta de la semilla se debe romper mediante un método mecánico, agua caliente o ácido sulfúrico, el mejor método es la escarificación manual, pero por su trabajo solo se utiliza para lotes pequeños, y para lotes mayores se sumerge la semilla por 30 segundos en agua a punto de hervir, seguido por 24 horas en agua a temperatura ambiente.

Su floración en El Salvador ocurre de febrero a marzo y los frutos maduran de abril a mayo (Molina *et al* s.f.). Las flores son pequeñas, blancas, dispuestas en inflorescencias de 1.0 - 1.5 cm de diámetro cuando están completamente abiertas, las vainas en forma de oreja son el rasgo más distintivo de esta especie. Miden 3-4 cm de ancho, curvadas formando casi un círculo completo, de color marrón oscuro lustroso.

### 3. Materiales y Métodos

#### 3.1 Localización del experimento

La investigación se realizó en las instalaciones de la Dirección General de Ordenamiento Forestal Cuencas y Riego (DGFCR) donde se ubican las oficinas del Centro de Desarrollo (fotografía 1).



Fotografía 1. Oficinas del Centro de Desarrollo Forestal. San Andrés, La Libertad

Forestal (CEDEFOR), localizado

geográficamente a  $14^{\circ} 02'$  y  $13^{\circ} 38'$  - latitud Norte y  $89^{\circ} 38'$  y  $89^{\circ} 13'$  longitud Oeste, a una altura a 460 msnm, las temperaturas máximas son de  $34^{\circ}\text{C}$  y mínimas de  $31^{\circ}\text{C}$ , con precipitaciones anuales de 1600 a 1700 mm, y humedad relativa de 70 a 85% (SNET 2009).

#### 3.2 Metodología de Campo

##### 3.2.1 Selección de semillas

La incidencia de los factores en estudio (Sustratos y Métodos de Escarificación) son evaluados con el fin de acelerar el proceso germinativo en semillas de las especies forestales, seleccionando junto con técnicos del área forestal; la testa endurecida, disponibilidad, y demanda, fueron características fundamentales para determinar las siguientes especies:

Flor de fuego (*Delonix regia*)



Mangium (*Acacia mangium*)



Memble (*Poeppigia procera*)



Conacaste Negro (*Enterolobium cyclocarpum*)

Especies proporcionadas por el Banco de Semillas/ Centro de Desarrollo Forestal, pertenecientes al mismo lote



### 3.2.2 Elaboración de cajas

Con material disponible en las bodegas de CEDEFOR, se construyeron cajas de madera (fotografía 2) para simular las camas de germinación que fueron colocados en dos tabancos fabricados con bambú y tabla, uno de ellos media 27 m y el segundo de 12 m, estos tabancos se encontraban ubicados dentro de una estructura de invernadero (fotografía 3), se retiró la malla perimetral, dejando únicamente el plástico UV, esto con el propósito de evitar que la semilla sufra daños por las lluvias.

Las cajas fueron distribuidas en cinco grades partes, correspondientes a los cinco sustratos (arena, tierra negra, materia orgánica y las combinaciones de materia orgánica y tierra negra con arena); cuando las cajas eran divididas en

las 5 partes estas se sub-divididos en cuatro, tres y dos partes que correspondían a los tres métodos de escarificación físico (b1= Agua a 100°C/ 20 seg b2= agua a 100°C/ 40 seg b3= agua a 100°C/ 60 seg b4= agua a 80°C/ 90 seg y bt= agua a 80° C/ 120 seg) mecánico (b1= Quema con cautín, b2= Corte con tijera, b3= lijado) y químico (b1= H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Ácido Sulfúrico) al 10% de concentración b2= HCL (Ácido Clorhídrico) al 75% de concentración) respectivamente.



Fotografía 2 Elaboración de cajas (camas de germinación)



Fotografía 3 Elaboración de tabancos

Para la observancia del comportamiento de las semillas testigos, se montaron cajas aparte con sustrato de arena las anotaciones del porcentaje de germinación fueron recolectadas por el personal del Banco de Semillas y posteriormente analizadas.

### 3.2.2 Preparación de los sustratos

El aprovechamiento de los recursos disponibles en el lugar, fue un factor importante para la investigación, permitiendo la recolección de la materia prima (arena, tierra negra y materia orgánica) que posteriormente fueron utilizados para los respectivos sustratos: (fotografía 4)



**Fotografía 4** Sustratos ubicados en las cajas, sobre los tabancos

1. Arena (sustrato testigo)
2. Arena 50%, Tierra Negra 50%
3. Tierra Negra (100%)
4. Arena 50 %, Materia Orgánica 50%
5. Materia Orgánica

Las materias primas fueron trasladadas al área de trabajo para realizar su posterior combinación.

#### 1. Arena

La arena es uno de los medios de propagación más utilizados por viveristas, esto por la porosidad que le brinda permeabilidad y soltura, además de poseer otras características que se vuelven muy importantes en su manejo. El tamaño de sus

partículas permite la cohesión entre la misma, permitiendo una infiltración rápida y un drenaje excelente; Por tener esta característica es difícil que guarde humedad, debido a la forma de sus partículas y tamaño no se endurece al tener contacto con el agua, pero ayuda a la emergencia de las semillas y desarrollo de la plántula. Por lo que requiere riego todos los días. Debido a su naturaleza este tipo de sustrato es de fácil obtención y de bajo costo.

## **2. Tierra Negra 50% y Arena 50%**

Este tipo de sustrato es muy común en el medio viveristas, pero en algunos casos se mezclan con tierra común y arena; en este caso se mezcló tierra negra para poder obtener los beneficios que ofrece este tipo de tierra; mantiene una estructura física que permite la circulación del agua y la aireación de forma permanente, debido a esto el sustrato dificulta la penetración de las raíces y por las partículas que se forman que obstaculiza el brote de las plántulas, de esta forma se aumenta las dificultades para la germinación de las semillas.

## **3. Tierra Negra**

Este tipo de sustrato es uno de los mejores sustratos para obtener el desarrollo óptimo de la plántula, pero por la estructura que se forma después del riego se hace un poco más difícil la emergencia de las semillas. Una de las características de este tipo de sustrato es que retiene una buena cantidad de agua, son excelentes para el cultivo y además de poseer una buena cantidad de materia orgánica, en calidad de humus, es por ello que contiene macro y micro nutrientes, por lo tanto optimiza el desarrollo de las plántulas; pero por lo pesados de las partículas del suelo y lo compacto que queda que se le dificulta la emergencia, haciendo un poco más lento este proceso.

#### **4. Arena 50% y Materia Orgánica 50%**

Es un sustrato liviano combinado con materia orgánica y arena en una proporción de 50% de materia orgánica y 50% de arena. La materia orgánica se tamizó con un tamiz de 3/8 de pulgada de diámetro y la arena con un tamiz de 5 mm, esta combinación forma una textura bastante suelta que permite la fácil penetración y adherencia de las raíces, esto le brinda una ventilación y aireación interna al sustrato; además de aportar nutrientes básicos para el desarrollo de las plántulas, por poseer minerales que se encuentran en los desechos orgánicos salientes de los procesos de obtención de semillas de las instalaciones de CEDEFOR; este sustrato mantiene una buena humedad y la textura suelta la brinda la arena.

#### **5. Materia Orgánica**

La materia orgánica, es un sustrato idóneo para la emergencia de las semillas y el desarrollo de las plántulas, que a medida que se va descomponiendo forma una textura suave y liviana que permite la fácil penetración de las raíces; de este mismo modo la estructura que este posee (desordenada), le brinda a este sustrato una buena aireación potencializando de esta forma la salida de los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plántulas que se formarán. Por la disposición de las partículas, este sustrato absorbe fácilmente agua, por lo tanto tiene un alto grado de humedad, que facilita la obtención de agua por parte de la semilla, permitiendo que estas germinen y posteriormente emerjan, para desarrollarse satisfactoriamente como una plántula.

#### **3.2.3 Preparación de sustrato para semillero**

En la preparación de los sustratos: tierra negra, arena y materia orgánica se utilizaron tamices de 0.5 mm y de 3/8 de pulgadas (materia orgánica), para la preparación de los sustratos se utilizaron recipientes (baldes) que tenían la medida adecuada para mezclar y así formar los sustratos. Para esta la preparación de los

sustratos mezclados se depositaban 1 balde y la mitad de otro. Este proceso se realizó con el objetivo de retirar piedras u otra partícula de gran tamaño que pudiese bloquear la emergencia de las plántulas.

Todos los sustratos fueron tratados con la aplicación de Imidacloprid al 30.20 % y de Sulfato de Cobre Pentahidratado, esto, para evitar el error en los resultados.

Para depositar los sustratos puros como la arena, tierra negra y materia orgánica, se agregaron 3 baldes de modo cada sustrato fue distribuido uniformemente. Para el caso de los sustratos combinados se agregaron 1 ½ de balde de arena y 1 ½ de materia orgánica.

### **3.4 Instalación del experimento**

#### **3.4.1 Siembra**

En este paso, se humedeció el sustrato un día antes de la siembra, luego fueron sumergidas durante 24 a 18 horas en agua a temperatura ambiente después de realizar las técnicas de escarificación. Una vez que las semillas se encontraban secas después de haberlas sacado del agua, se procedió a la ubicación de las 50 semillas por celdas, la disposición de las cajas fueron distribuidas al azar, con 3 repeticiones, las semillas fueron colocadas de forma horizontal, a una profundidad de 1.5 cm y una separación de entre semillas de dos veces su tamaño. Todas las especies fueron manejadas de la misma manera.

A las semilla que se les realizo técnicas de escarificación químicas y físicas, no se les hizo ninguna desinfección ya que el agua a 100 y a 90 ° C, y los ácidos clorhídrico y sulfúrico, contribuyeron a la destrucción total o parcial de ciertos patógenos e insectos que podían alterar los resultados; no así para las semillas manejadas bajo las técnicas de escarificación mecánica, las cuales solo se les aplico Imidacloprid, Thiodicarb.

### 3.4.2 Riego

Los riegos fueron programados todos los días o según el comportamiento de humedad de los sustratos, evitando sobresaturar las partículas de los sustratos, y así propagar alguna contaminación de hongos.

### 3.5 Metodología Estadística

El diseño utilizado fue bloques completos al azar con parcelas divididas, y dos factores: evaluando en parcelas grandes los sustratos (FACTOR A) y en parcelas pequeñas, los métodos de escarificación (FACTOR B); con tres repeticiones.

Para el estudio de las medias de tratamientos de cada factor, se utilizó la prueba estadística “Diferencia Minina Significativa (DMS o LSD)”, con una precisión del 5% de probabilidad; Apoyados por el programa estadístico SAS 9.1.

Los factores en estudio: sustratos y métodos de escarificación

**Cuadro 2. Tipos de Sustratos y Métodos de escarificación Físico y sus respectivas combinaciones de tratamientos.**

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>
Sustratos (a)	a1= Arena a2 = Arena 50%, Tierra Negra 50% a3 = Tierra Negra (100%) a4 = Arena 50 %, Materia Orgánica 50% a5 = Materia Orgánica
Métodos de Escarificación Físico (b) <sup>1</sup>	b1= Agua a 100°C/ 20 seg. b2= Agua a 100°C/ 40 seg. b3= Agua a 100°C/ 60 seg. b4= Agua a 80°C/ 90 seg. B (testigo) <sup>2</sup> = Agua a 80°C/120 seg.

<sup>1</sup>Este Método de Escarificación se aplicara a las semillas de Flor de fuego Mangium, Memble Conacaste;

<sup>2</sup>Tratamiento de escarificación fue aplicada únicamente para la especie Flor de fuego.

**Cuadro 3. Tipos de Sustratos y Métodos de Escarificación Mecánico y sus respectivas combinaciones de tratamientos.**

Factores	Niveles
Sustratos (a)	a1= Arena a2 = Arena 50%, Tierra Negra 50% a3 = Tierra Negra (100%) a4 = Arena 50 %, Materia Orgánica 50% a5 = Materia Orgánica
Métodos de Escarificación Mecánico (b) <sup>3</sup>	b1= Quema con caudín b2= Corte con tijera <sup>4</sup> b3= Lijada <sup>5</sup>

**Cuadro 4. Tipos de Sustratos y Métodos de Escarificación Químico y sus respectivas combinaciones de tratamientos. Ejemplo: Semilla de Conacaste**

Factores	Niveles
Sustratos (a)	a1= Arena a2 = Arena 50%, Tierra Negra 50% a3 = Tierra Negra (100%) a4 = Arena 50 %, Materia Orgánica 50% a5 = Materia Orgánica
Métodos de Escarificación Químico (b) <sup>6</sup>	b1= H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Ácido Sulfúrico) al 10% de concentración b2= HCL (Ácido Clorhídrico) al 75% de concentración

### 3.5.1 Descripción de las variables a medir

Para evaluar la efectividad de los tipos de sustratos y las modalidades de los métodos de escarificación físicos, químicos y mecánicos en el proceso germinativo de la semilla se evaluarán únicamente las variables tiempo de germinación y porcentaje de germinación.

**Porcentaje de Germinación:** La toma de datos se inició a partir del día dos después de la siembra, utilizando como indicador la emergencia de las plantas o la observancia de la dispersión de los cotiledones; dejaron de recogerse en la tercera semana (15 días). Se considerara una emergencia del 100% únicamente si las 50 semillas completan su proceso germinativo. (Planos de campo A 1)

<sup>3</sup>Método de Escarificación se aplicara a las semillas de Conacaste, Flor de fuego, Memble<sup>3</sup>;

<sup>4</sup>Técnica de escarificación aplicada como testigo para las especies de memble y conacaste

<sup>5</sup> Técnica solamente aplicada a la especie memble

<sup>6</sup> Este Método de Escarificación se aplicara a las semillas de, Mangium, Conacaste, Flor de fuego, Memble

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ESPECIE: FLOR DE FUEGO (*Delonix regia*)

Estadísticamente los métodos de escarificación, presentaron diferencias significativas, de los cuales el método mecánico produjo mejor efecto sobre la variable porcentaje de germinación, con una media igual a 74.7%. En cuanto a las técnicas de escarificación, las que mejores resultados obtuvieron, fueron corte con tijera y lijado, con medias de 71.7 y 71.4% respectivamente; la medición de la interacción de los sustratos, con los métodos de escarificación, resulto con un mejor efecto sobre la variable: la combinación de arena con tierra negra y el método mecánico, alcanzando un porcentaje de germinación de 75%; en cuanto las interacciones de los métodos con las técnicas, la que produjo mejor resultado fue corte con tijera, con un 100% de germinación. Todos los datos fueron analizados a los 15 días de germinación. La fuente de variación Sustrato, produjo efectos iguales (tabla 2), sobre la variable porcentaje de germinación de la especie en estudio. Sin un método de escarificación las semillas de *Delonix regia*, germinan entre quince a veinte días. (Tabla 1)

Miranda (1997), en investigaciones realizadas, evaluó diferentes tratamientos de escarificación, con concentraciones de ácido giberélico, junto al corte con tijera, obteniendo un 50% de germinación al día 14; es decir que los resultados no coinciden con los obtenidos en esta investigación, porque se obtuvo un 50% de germinación menos que lo obtenido en esta investigación; como producto de los estímulos aplicados a la semilla en esa oportunidad. En la presente investigación, el estímulo aplicado a la semilla, fue el método mecánico, bajo la técnica corte con tijera, más la inmersión en agua, a temperatura ambiente por 24 horas; lo que facilito una mejor permeabilidad, proporcionando las condiciones idóneas, para que la especie expresara, su máxima germinación; ratificando así lo expresados por muchos expertos como Miranda (1997), Martínez (1996), y el sitio web Wikipedia (2010), quienes señalan que la máxima liberación de energía de las Semillas, con tratamientos de escarificación; se inicia a partir de las 24 horas después de la siembra.

**TABLA 1: Resultados obtenidos a los 15 días después de la siembra, flor de fuego (*Delonix regia*).**

Combinación	Físico		Mecánico		Químico	
	Tot. S. G.	% de Germ	Tot. S. G.	% de Germ	Tot. S. G.	% de Germ
a1b1	21	42	49	98	41	82
a1b2	22	44	50	100	35	70
a1b3	24	48	50	100		
a1b4	35	70				
a2b1	24	48	50	100	29	58
a2b2	19	38	50	100	37	74
a2b3	19	38	50	100		
a2b4	29	58				
a3b1	26	52	50	100	33	66
a3b2	22	44	50	100	38	76
a3b3	23	46	49	98		
a3b4	30	60				
a4b1	35	70	50	100	24	48
a4b2	33	66	50	100	28	56
a4b3	23	46	50	100		
a4b4	28	56				
a5b1	24	48	50	100	30	60
a5b2	21	42	50	100	33	66
a5b3	18	36	49	98		
a5b4	27	54				

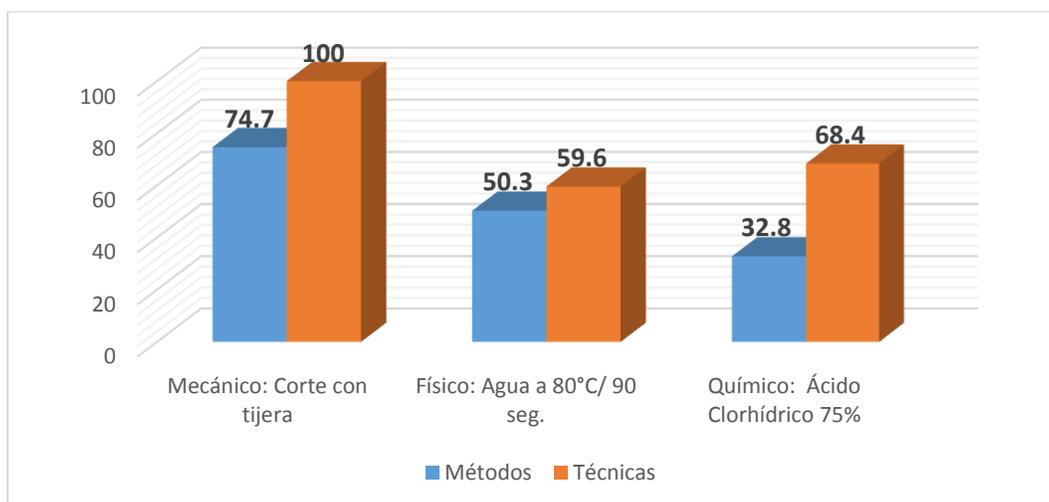
Fuente: elaboración propia

**TABLA 2: Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación a los 15 días después de la siembra, de la semilla flor de fuego (*Delonix regia*). (A 2)**

Factor de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. CAL.	Pr. > F
Sustrato	4	149.07	37.26	1.10	0.3738
Métodos	2	17714.8	8857.4	260.26	<0.0001**
Error "a"	8	17565.73	2195.71		
<b>Sub total</b>	<b>14</b>	<b>35429.59</b>			
Niveles	3	27318.67	9106.22	267.57	<0.0001**
Int. S * M	8	726.53	90.82	2.67	0.0207*
Int. M * N	6	32268.13	5378.02	158.02	<0.0001**
Error "b"	28	19089.07	681.75		
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>79402.4</b>			

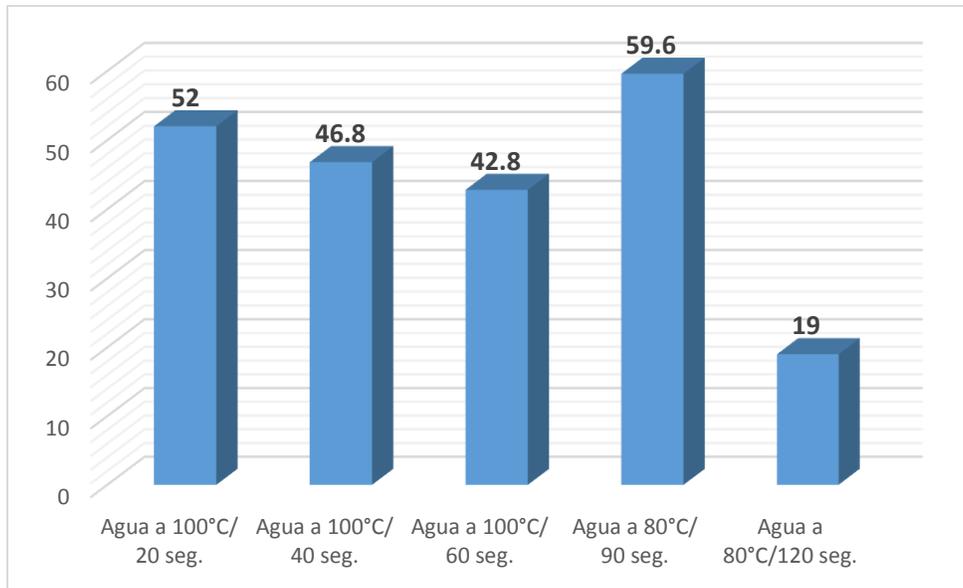
Fuente: Elaboración propia

Las pruebas estadísticas, demostraron que en los métodos de escarificación, es donde se produjo un mejor efecto en la variable % de germinación; siendo el método mecánico el que obtuvo un 74.7%, y la técnica corte con tijera, presentó un porcentaje de germinación del 100%; al compararlos con los métodos de escarificación restantes. En estos análisis estadísticos, se muestra, que los métodos físicos y químicos, reflejan un porcentaje de germinación mucho menor, con respecto al método mecánico; donde sus técnicas no superan al 100% de germinación, alcanzado por el corte con tijera (Figura 1).



**Figura 1. Comportamiento de Métodos de Escarificación con Técnicas más representativas**

El comportamiento de la técnica de escarificación utilizada como testigo (bt), que se encuentra dentro del método físico; no es significativa, ya que presenta resultados menores a los arrojados por la investigación; con porcentajes de germinación del 19%, en sustrato de arena al 100%; en un periodo de 21 días. Las siguientes técnicas utilizadas, reflejan porcentajes de germinación del 70%; cuyos datos fueron medidos en un período de 15 días. Es de mencionar, que las semillas con las 4 técnicas de la investigación, fueron sometidas en agua a temperatura ambiente por 24 horas; procedimiento que no se realizó para el tratamiento testigo (Figura 2).



**Figura 2. Comportamiento del testigo, dentro del método físico.**

#### **4.2 ESPECIE: MANGUIM (*Acacia mangium*)**

Para esta especie, el método de escarificación que produjo mejor efecto, sobre la variable porcentaje de germinación, fue el método físico, bajo la técnica agua 80°C/30 seg, con un porcentaje de germinación del 60.10%; y como mejor interacción, el método físico con las técnicas de agua a 100°C/ 40 seg, con un porcentaje de germinación de 49.2%; a los 15 días después de sembrado. No así para las fuentes de variación sustrato y la interacción sustrato con métodos de escarificación, que produjeron efectos iguales para la variable porcentaje de germinación de la especie en estudio.

En investigaciones realizadas por el CATIE (1986), las semillas de *Acacia mangium*, se sometieron a un tratamiento previo a la germinación, sumergiendo la semilla por tres minutos en agua a 80°C, para lograr un porcentaje de germinación de 60%. Klinger y Von (2008), aseguran obtuvieron porcentajes de germinación de un 99%, con tres tratamientos físicos aplicados a la semilla; sin embargo las semillas iniciaron su germinación en forma heterogénea, a los 13 días después de la siembra. En esta investigación, con las técnicas utilizadas, a las que se sometieron las semillas, se logró un porcentaje igual al 54.1%, a los 15 días después de la siembra; destacándose, que la germinación dio inicio al tercer día después de la siembra. Lo antes descrito indica que las investigaciones realizadas por CATIE, Klinger y Von, respaldan los resultados obtenidos por esta investigación.

**TABLA 3: Resultados obtenidos a los 15 días después de la siembra, mangium (Acacia Mangium)**

Combinación	Físico		Químico	
	Tot. S. G.	% de Germ	Tot. S. G.	% de Germ
a1b1	26	52	17	34
a1b2	22	44	22	44
a1b3	26	52		
a1b4	33	66		
a2b1	28	56	21	42
a2b2	32	64	25	50
a2b3	26	52		
a2b4	26	52		
a3b1	27	54	27	54
a3b2	22	44	26	52
a3b3	21	42		
a3b4	25	50		
a4b1	25	50	24	48
a4b2	24	48	21	42
a4b3	29	58		
a4b4	23	46		
a5b1	26	52	23	46
a5b2	25	50	27	54
a5b3	21	42		
a5b4	27	54		

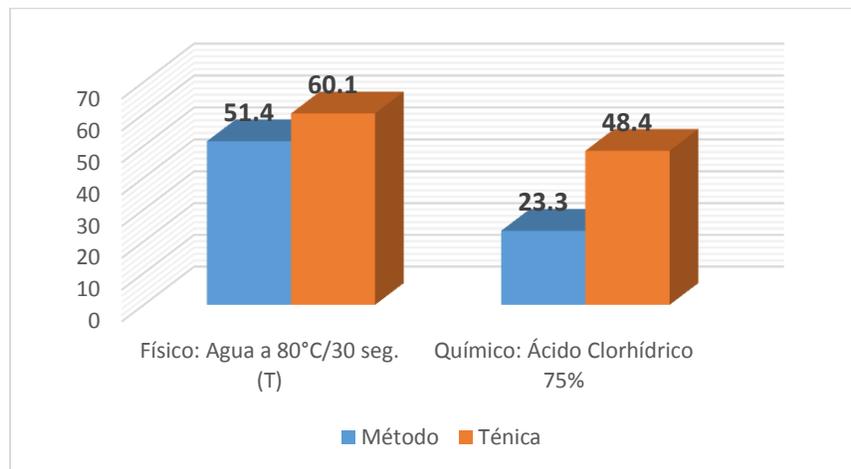
Fuente: elaboración propia

**TABLA 4: Análisis de Varianza para la variable porcentaje de germinación de la especie mangium (Acacia mangium)**

Factor de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. CAL.	Pr. > F
Sustrato	4	49.60	12.40	0.40	0.8092
Métodos	1	7896.10	7896.10	256.41	< 0.0001 **
Error "a"	4	7846.5	1961.63		
<b>Sub total</b>	<b>9</b>	<b>15792.2</b>			
Niveles	3	5453.90	1817.97	58.11	<0.0001 **
Int. S * M	4	244.40	61.10	1.95	0.1342
Int. M * N	3	5504.30	1834.77	58.65	<0.0001 **
Error "b"	29	8696.5	299.87		
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>19899.10</b>			

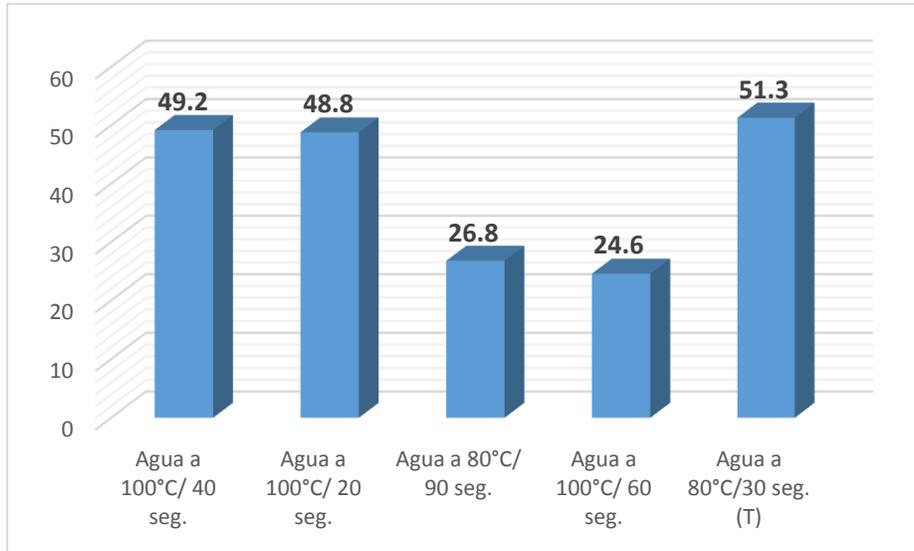
Fuente: Elaboración propia

Al evaluar estadísticamente los resultados de la investigación, para la especie *Acacia mangium*; el método físico, refleja un mejor efecto sobre la variable porcentaje de germinación con una media de 51.4%; y la técnica que mejor resultados obtuvo fue la de agua a 80°C por 30 seg (método testigo); con un 60.1% de germinación. El método químico, alcanzó un porcentaje de germinación menor, con un 23.3%; en donde la técnica que se usó, fue ácido clorhídrico, alcanzando un porcentaje de 48.8% (Figura 3).



**Figura 3. Comportamiento de los datos según sus media evaluando los métodos de escarificación para la especie *Acacia mangium*.**

Al evaluar estadísticamente el método físico, con sus respectivas técnicas de escarificación, el mayor porcentaje de germinación en semilla de la especie *mangium*, se obtiene al utilizar agua a 100 °C/ 60 seg; con una media de 49.2%; seguido de un porcentaje del 48.8%, que lo refleja la técnica agua a 100 °C/ 40 seg y al utilizar agua 100 °C/ 60 seg; se obtiene un porcentaje de germinación, igual a 24.6%; sin embargo el tratamiento testigo, reporto un porcentaje de germinación igual a 60% (Figura 4).



**Figura 4. Comparación de medias de las Técnicas utilizadas dentro del Método de Escarificación Físico (*Acacia mangium*).**

#### **4.3 ESPECIE: MEMBLE (*Poëppigia procera*)**

Para esta especie, los sustratos resultaron significativos, siendo el mejor la arena al 100%, con un porcentaje de germinación del 36.33%. Para los métodos de escarificación, fue el método físico que obtuvo el mejor porcentaje de germinación, con un 59.60%; y en cuanto a las técnicas de escarificación, la que produjo mejor efecto fue, el agua a 100°C/40 seg, con un porcentaje de germinación de 51.87%. Para la interacción de sustratos y métodos de escarificación, el que produjo mejor efecto, fue la interacción de arena (testigo), con el método físico, con un porcentaje de germinación del 71.5%; y en la interacción de métodos y técnicas de escarificación, fue el método físico con la técnica agua 100 °C/60 seg, con porcentaje de germinación de 62.40%, el que produjo mejor efecto. Todos los datos se obtuvieron a los 15 días después de sembrado. En esta especie todos los factores fueron altamente significativos (Tabla 3).

Barrence *et al* (2003), mencionan que la germinación total de las semillas sembradas, se logra a los 21 días después de establecidas. Lo cual coincide con la investigación que realizamos, por lo que se infiere, que si se hubiese extendido el tiempo de obtención de datos, se hubieran alcanzado o superado los resultados expuestos por el Berrence et al; ya que según ellos, las semillas no son tratadas con algún método de escarificación, y sin embargo las semillas sembradas logran completar su proceso germinativo.

**TABLA 5: Resultados obtenidos a los 15 días después de la siembra, memble (Poeppigia procera)**

Combinación	Físico		Mecánico		Químico	
	Tot. S. G.	% de Germ	Tot. S. G.	% de Germ	Tot. S. G.	% de Germ
a1b1	33	66			23	46
a1b2	38	76			21	42
a1b3	35	70	31	62		
a1b4	37	74				
a2b1	33	66			22	44
a2b2	28	56			27	54
a2b3	34	68	30	60		
a2b4	42	84				
a3b1	32	64			19	38
a3b2	31	62			24	48
a3b3	37	74	30	60		
a3b4	23	46				
a4b1	27	54			27	54
a4b2	27	54			22	44
a4b3	25	50	20	40		
a4b4	24	48		0		
a5b1	23	46			22	44
a5b2	21	42			19	38
a5b3	25	50	20	40		
a5b4	21	42				

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 6: Análisis de Varianza para la variable porcentaje de germinación para la especie memble (Poeppigia procera)**

Factor de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. CAL.	Pr. > F
Sustrato	4	1113.067	278.267	6.70	0.0004 **
Métodos	2	24143.33	290.65	290.65	<0.0001 **
Error "a"	8	25256.397			
<b>Sub total</b>	<b>14</b>	<b>50512.79</b>			
Niveles	3	10222.60	3407.53	82.04	<0.0001 **
Int. S * M	8	1081.33	135.16	3.25	0.0068 **
Int. M * N	6	10345.20	1724.20	41.51	<0.0001 **
Error "b"	42	26750.87			
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>48400.73</b>			

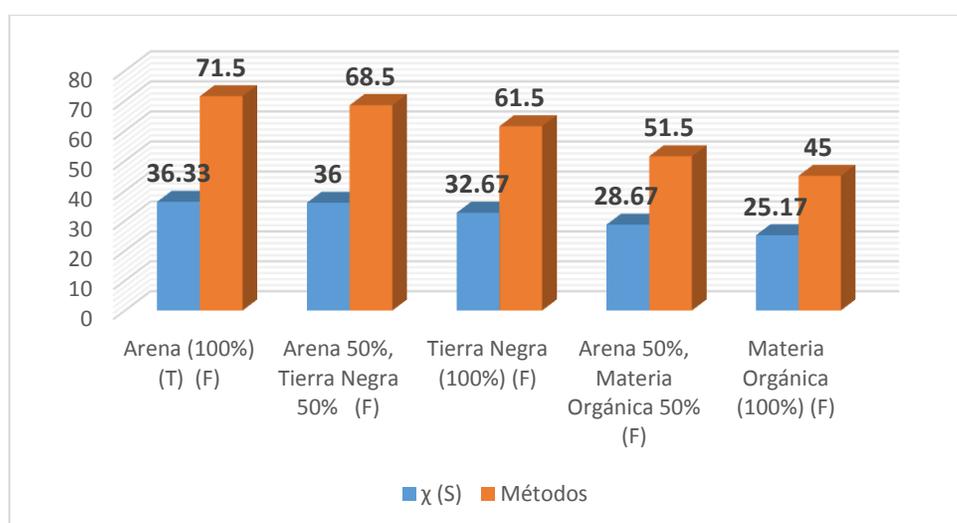
Fuente: Elaboración propia

La evaluación de los sustratos con los métodos, determina que al interactuar cualquier sustrato, con el método físico; se obtendrá mayor porcentaje de germinación. En la gráfica, se muestra que el sustrato de arena, que es utilizado como testigo; al someter las semillas al método físico, responde positivamente en el proceso germinativo (Figura 5).

**Tabla 7. Sustratos y Métodos de Escarificación con sus respectivas medias**

Sustrato	$\chi$ (S)	Métodos
Arena (100%) (T) (F)	36.33	71.5
Arena 50%, Tierra Negra 50% (F)	36	68.5
Tierra Negra (100%) (F)	32.67	61.5
Arena 50%, Materia Orgánica 50% (F)	28.67	51.5
Materia Orgánica (100%) (F)	25.17	45

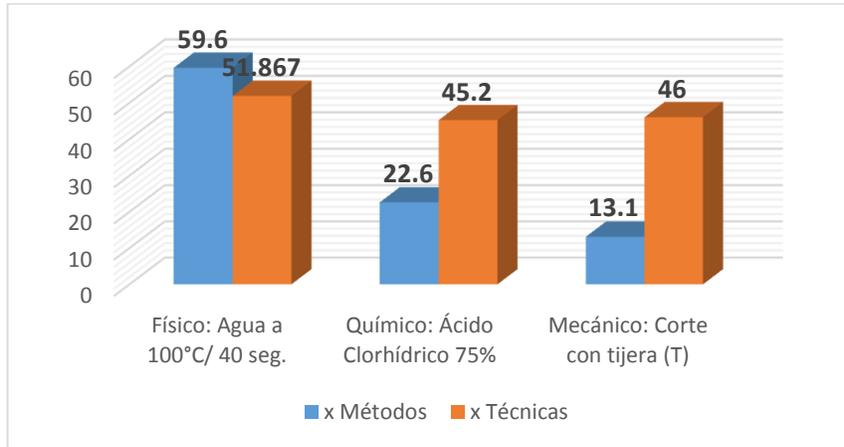
Fuente: Elaboración propia



**Figura 5. Medias de los sustratos con el método de escarificación con mejores porcentajes de germinación (*Poeppigia procera*).**

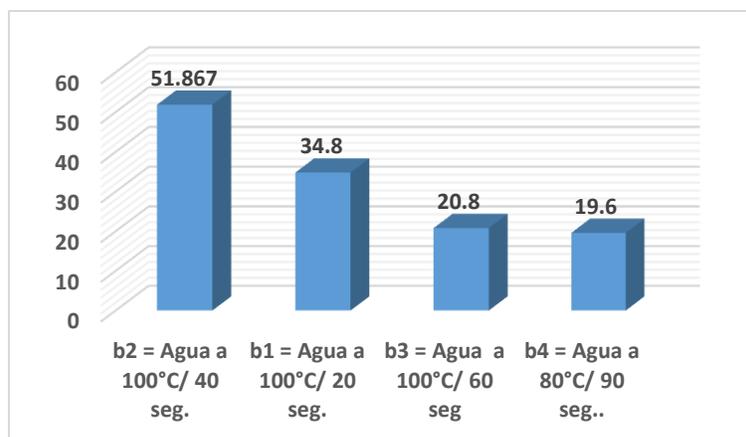
Al analizar el comportamiento de los métodos de escarificación, y sus técnicas de escarificación más significativas, la figura 6 muestra que para el método mecánico, la técnica que reflejo mejor efecto, sobre el porcentaje de germinación, fue la técnica testigo, con un 46%, utilizando el corte con tijera. Sin embargo la técnica

más significativa, fue el agua a 100°C por 40 segundos, que se encuentra en el método físico (Figura 6).



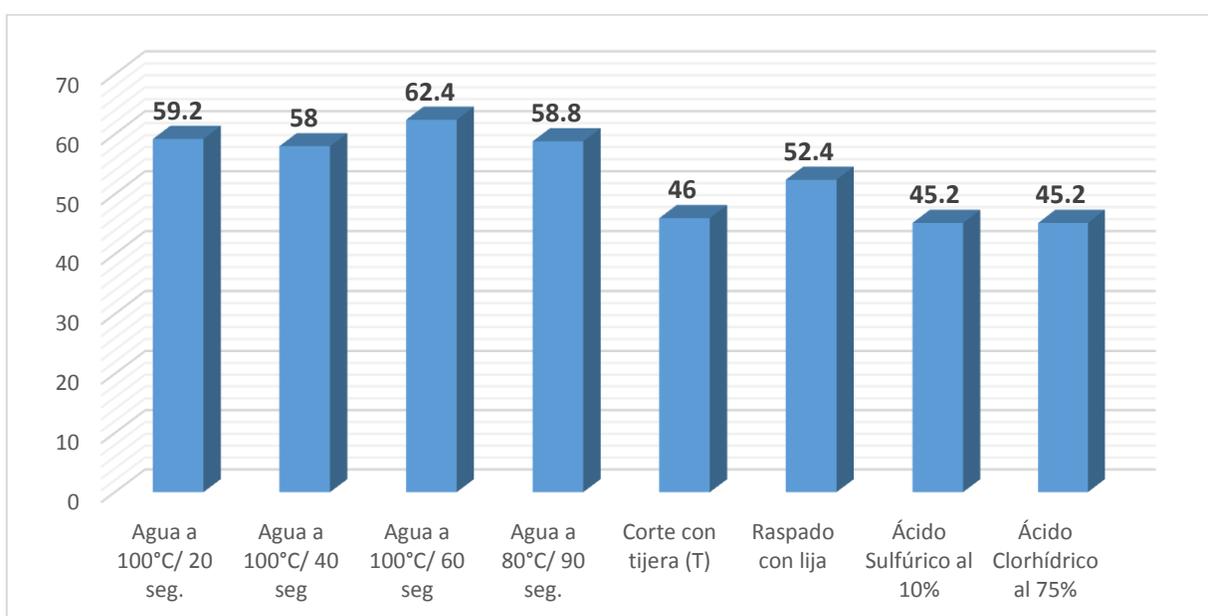
**Figura 6. Medías de Métodos de Escarificación y Técnicas de Escarificación con mejores porcentajes de germinación (*Poeppigia procera*).**

Las técnicas de escarificación utilizadas para el método físico, muestran que al sumergir la semilla en agua a 100°C, por un tiempo de 40 segundo, se logra obtener porcentajes de germinación del 51.86%; no así para la técnica de b4 que solo alcanza un 19.6% de germinación (Figura 7).



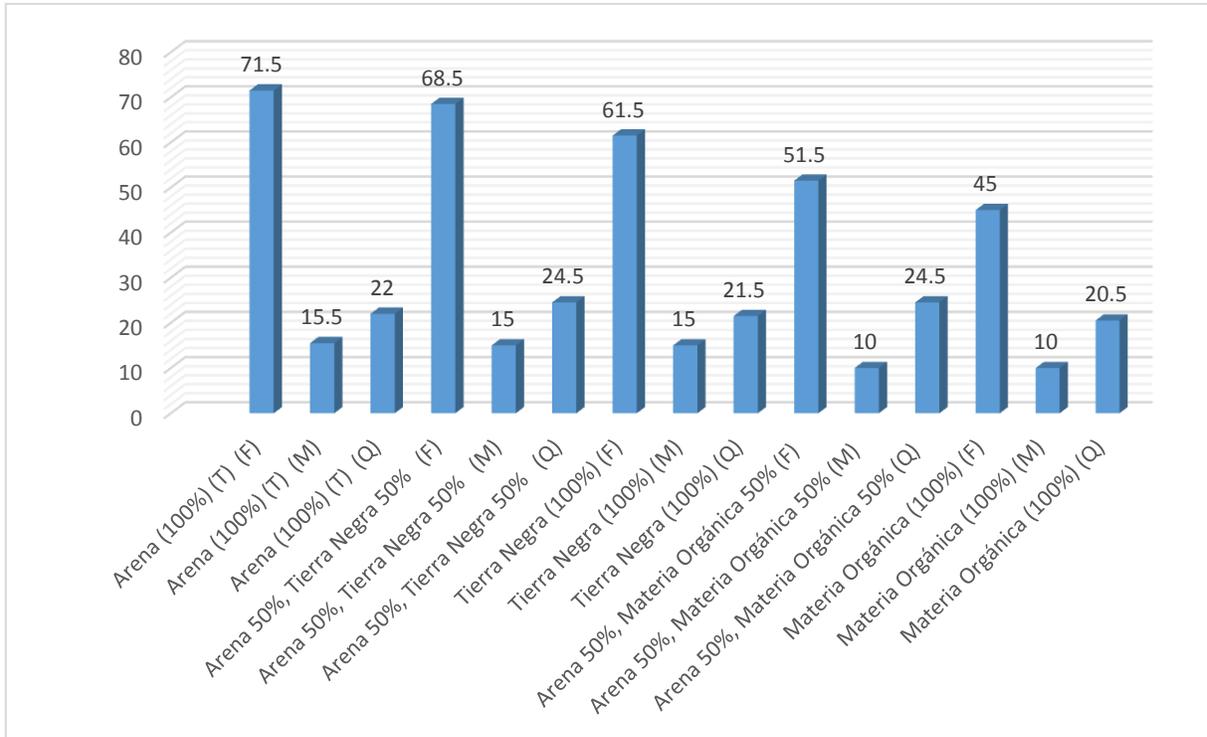
**Figura 7. Comparación de Técnicas de Escarificación Física y su % de germinación para la especie *Poeppigia procera*.**

La evaluación de la interacción de los métodos de escarificación, con las técnicas, determina que por el método de escarificación físico, con agua 100°C/60 seg, se obtienen porcentajes de germinación igual a 62.4%; mayor que cuando se utiliza el método de escarificación mecánica, con la técnica de lijado (52%), y mayor que cuando se utiliza el método químico, con la técnica H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ó HCL, con medias de 45.2%. Al observar el comportamiento de la técnica testigo, no es representativa, con respecto a las demás técnicas de escarificación, con solo un 38% de germinación.



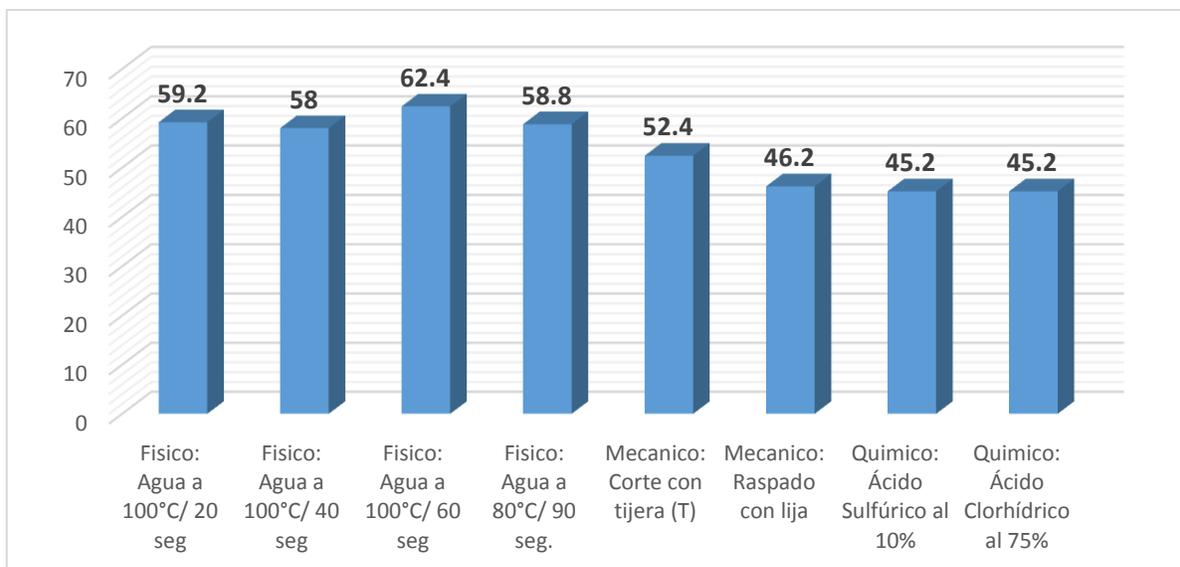
**Figura 8. Comparación de Técnicas de Escarificación, sus % de germinación, para la especie *Poepigia procera*.**

La interacción de sustratos con métodos, determina que el método físico, responde mejor a cualquier tipo de sustrato, obteniéndose mayores porcentajes de germinación; sin embargo cuando combinamos Arena 100%(T), con el método Físico, se logran porcentajes de germinación de hasta 71.5%; no así, en la misma interacción, el sustrato Materia Orgánica (100%), el porcentaje de germinación es menor con una media igual a 45% (Figura 9).



**Figura 9. Interacción entre Sustratos y Métodos de Escarificación para la *Poepigia procera*.**

La interacción de los métodos junto con sus técnicas, determina que el método físico responde mejor, al porcentaje de germinación de la especie en estudio. Sin embargo dentro del método junto con sus técnicas, se refleja que la técnica Agua a 100°C/ 60 seg, aporta el mayor porcentaje de germinación, con una media igual a 62.4%; mientras que la técnica Agua a 100°C/ 40 seg, refleja el menor porcentaje de germinación con una media igual a 58% (Figura 10).



**Figura 10. Interacción de los Métodos de Escarificación y sus Técnicas con sus respectivos % de germinación. *Poepigia procera*.**

#### **4.4 ESPECIE: CONACASTE (*Enterolobium cyclocarpum*)**

Estadísticamente los sustratos arena 100%, la combinación de arena + tierra negra (1:1), materia orgánica 100% y tierra negra 100%, produjeron mejor efecto, sobre la variable porcentaje de germinación; con medias iguales a 54, 52, 51 y 50%, respectivamente. Entre los métodos de escarificación, el que produjo mejor efecto, fue el método mecánico con un porcentaje de germinación del 75%; dentro de las técnicas, la mejor fue el corte con tijera, con un porcentaje de germinación igual a 74%; y para la interacción de método y técnicas de escarificación, el que produjo mejor efecto sobre la variable, fue el método mecánico con un porcentaje del 100% (Figura 13). No así para la fuente de variación de la interacción, métodos de escarificación con sustrato; que produjeron efectos iguales, para la variable porcentaje de germinación. Todos los datos se obtuvieron a los 15 días después de la siembra.

Para Muñoz et al. (2011), la ebullición durante un minuto en agua a 94 °C, genera un 72% de germinación a los 16 días. La germinación en condiciones normales, es retardada, debido a la impermeabilidad de la testa dura. Aplicando métodos de escarificación, se logra que las semillas germinen en un periodo de 14 a 20 días; alcanzando porcentajes de germinación entre 50 a 85 %. Si la testa se remueve, se logra el 100 % de germinación, en condiciones húmedas, (Moreno et al. 2009). Los resultados de la presente investigación, coinciden con los expuestos por dichos autores, variando únicamente el método de escarificación.

**TABLA 8: Resultados obtenidos a los 15 días después de la siembra, conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*)**

Combinación	Físico		Mecánico		Químico	
	Tot. S. G.	% de Germ	Tot. S. G.	% de Germ	Tot. S. G.	% de Germ
a1b1	23	46	50	100	27	54
a1b2	25	50	50	100	25	50
a1b3	18	36	50	100		
a1b4	14	28				
a2b1	31	62	50	100	22	44
a2b2	30	60	50	100	30	60
a2b3	30	60	50	100		
a2b4	12	24				
a3b1	31	62	50	100	26	52
a3b2	35	70	50	100	28	56
a3b3	25	50	50	100		
a3b4	17	34				
a4b1	25	50	50	100	31	62
a4b2	38	76	50	100	32	64
a4b3	29	58	50	100		
a4b4	19	38				
a5b1	30	60	50	100	28	56
a5b2	34	68	50	100	28	56
a5b3	19	38	50	100		
a5b4	18	36				

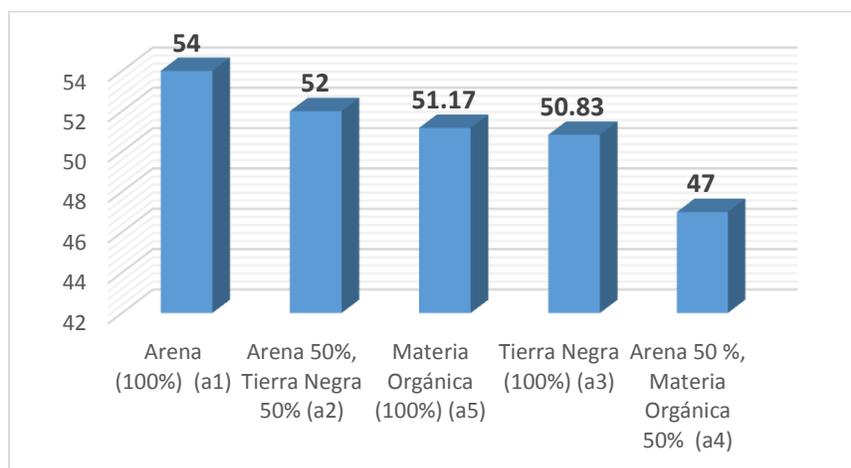
Fuente: programa SAS 9.1, 2000

**TABLA 9: Análisis de Varianza para la variable porcentaje de germinación de la especie conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*)**

Factor de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. CAL.	Pr. > F
Sustrato	4	312.67	78.17	3.27	0.0218 *
Métodos	2	22387.6	11193.8	468.8	<0.0001 **
Error "a"	8	22074.93	2759.37		
<b>Sub total</b>	<b>14</b>				
Niveles	3	37711.2	12570.40	526.45	<0.0001 **
Int. S * M	8	363.73	45.47	1.90	0.0897
Int. M * N	6	18073.2	3012.2	126.15	<0.0001 **
Error "b"	28	23559.85	841.42		
<b>Total</b>	<b>59</b>				

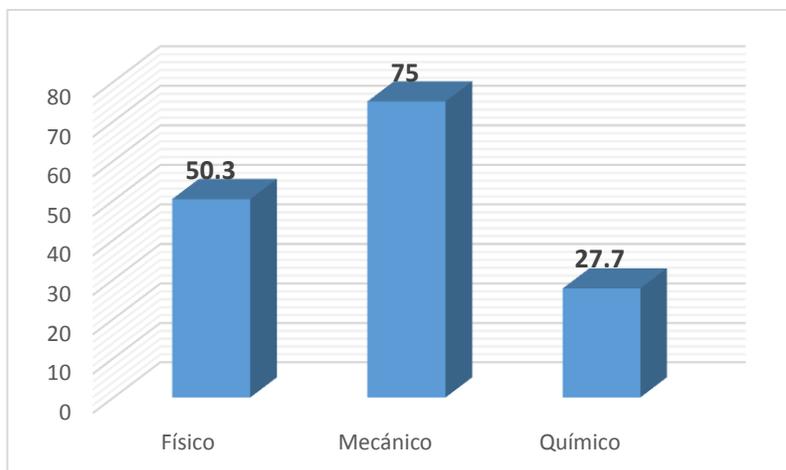
Fuente: programa SAS 9.1, 2000

La evaluación de los sustratos, determina que el sustrato que refleja los mejores resultados, respecto al porcentaje de germinación de la especie en estudio, es (a1), Arena al 100%, con una media igual a 54% y el que menor porcentaje obtuvo es el sustrato (a4) Arena 50% y Materia orgánica 50%, con una media igual a 47% (Figura 11).



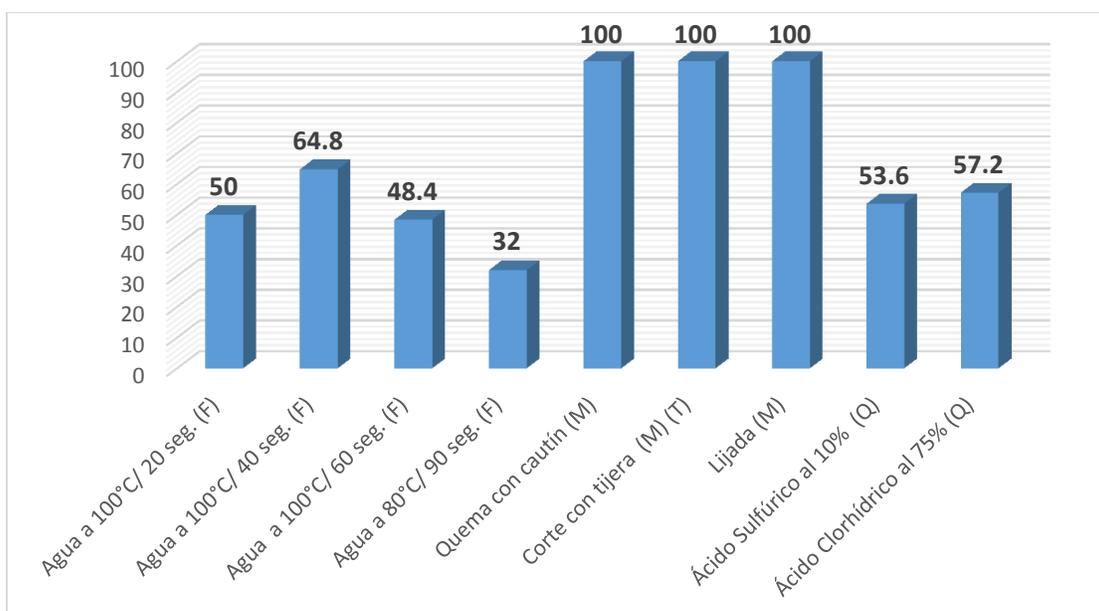
**Figura 11. Sustratos y sus porcentajes de germinación para la especie *Enterolobium cyclocarpum*.**

Al evaluar los métodos utilizados para esta especie, se determina que el método mecánico, responde mejor al porcentaje de germinación, con una media igual a 75%; mientras que en el método químico, se obtiene el menor porcentaje de germinación, con una media igual al 27.7%; sin embargo para cuando se utiliza el método físico con cualquiera de sus técnicas, se logra superar un poco más del 50% de porcentaje de germinación (Figura 12).



**Figura 12. Métodos de Escarificación y sus porcentajes de germinación para la especie *Enterolobium cyclocarpum*.**

Al analizar las técnicas dentro del método, nos indica que cualquier técnica que se utilice, con el método mecánico, en esta investigación y para esa especie, se obtuvieron porcentajes igual al 100% (figura 13).



**Figura 13. Comparación de las Técnicas de Escarificación para la especie *Enterolobium cyclocarpum*.**

## 5. Conclusiones

- ✓ Los métodos de escarificación, inciden en disminuir el tiempo de germinación de las semillas de especies forestales, que poseen una cutícula dura, puesto que al aplicar dichos métodos, se debilita la testa y proporciona las condiciones óptimas para que el embrión germine.
- ✓ El sustrato más efectivo para la germinación de las semillas de las especies memble (*Poeppigia procera*) y conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) fue la arena al 100%.
- ✓ El método mecánico, es más efectivo para disminuir el tiempo de germinación, de las especies conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) y flor de fuego (*Delonix regia*); no así para las especies mangium (*Acacia mangium*) y memble (*Poeppigia procera*), que responden mejor con el método físico.
- ✓ La arena al 100%, al ser combinada con un método de escarificación mecánica en la especie conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), logra alcanzar porcentajes de germinación del 100%. Sin embargo, para la especie memble (*Poeppigia pocera*), se debe de aplicar un método físico para alcanzar un alto porcentaje de germinación.
- ✓ Las interacciones de los métodos mecánicos, con los sustratos, aumentan el porcentaje de germinación de las especies en estudio.

## 5.1 Recomendaciones

- ✓ Para las especies conacaste y flor de fuego, al utilizar método mecánico, con la técnica corte con tijera, hacer el corte en la parte opuesta al embrión.
- ✓ Cuando se utilice el método mecánico, con la técnica quema con cautín, es recomendable utilizar un cautín de punta fina.
- ✓ Por el tamaño de las semillas de las especies mangium (*Acacia mangium*) y memble (*Poeppigia procera*), es necesario colocar sobre la cama de germinación, una cubierta de cualquier material, que evite la pérdida de la semilla, por el salpique generado por las gotas de lluvia u otra acción de riego.

## 6. Bibliografía

- *Acacia mangium*. (en línea), consultado el 12 dic 2011. Disponible en: [www.coranquioquia.gov.co/doc/LOGROS/ACACIA.htm](http://www.coranquioquia.gov.co/doc/LOGROS/ACACIA.htm)
- Alberto Pérez, RA; Jerónimo Díaz, AF. 1989. Evaluación de métodos pregerminativos en seis especies forestales de difícil germinación. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, SV, UES. 103 p
- Altamirano Quiroz, MT; Aparicio Renteria, A. 2002. Efecto de la lombricomposta como sustrato alternativo en la germinación y crecimiento inicial de *Pinus oaxacanamirov* y *pinus rudisendl*. Foresta veracruzana. 4(001): 35 - 40
- Amaya Medina, ZDA; Sales Alas, MD; Silvestre Morales, MI. 1995. Evaluación de residuos orgánicos como sustrato para la preparación masiva de especies forestales. Tesis Ing. Agr. San Salvador, SV, UES. 110
- Araoz S.D.; Longo, OT. 2006. Tratamientos pregerminativos para romper la dormición física impuesta por el endocarpo *Ziziphus mistol*. (en línea): Revista Virtual quebracho. 1(14): 56-58. Consultado el 12 dic. 2011. Disponible en: [www.revistaquebracho@unse.edu.ar](http://www.revistaquebracho@unse.edu.ar)
- ASOCAM. (Plataforma Latinoamericana de gestión de conocimiento, EC) s.f. Sustratos. (en línea). Consultado 1 abr. 2011. Disponible en <http://www.asocam.org/doc.html>
- Barrence A; Chamberfain J; Boshier D.H., Cordero J., Deflefsen G., finegan B., Galloway G., Gómez M., Gordon J., Hondos M., Hellin J., Hughes C., Ibrahim M., Kass D., Leakey R., Mesén F., Montero M., Rivas C., Samarriba E., Stewart J., Pennington T. 2003. Árboles de Centro América: Un Manual para Extensionista. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, Turrialba CR. 1079 p

- Botanical online. 2011. El Mundo de las Plantas: las plantas, escarificación (en línea). Consultado 4 set 2010. Disponible en <http://www.botanicalonline.com/escarificacion.htm>
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1986. Silvicultura para Especies Promisorias para Producción de leña en América Central. Turrialba CR, 86. 20 p
- \_\_\_\_\_. 1997. Mejoramiento Genético y Semillas Forestales. Turrialba CR. no.18. 31p.
- \_\_\_\_\_. 2000. Técnicas para la Germinación de Semillas Forestales. Turrialba, CR. Unidad de producción de medios. CATIE. p 15- 26
- Clavero T. 1998. Paquetes tecnológicos, Serie Técnica: Arboles forrajeros, Acacia mangium, leguminosa promisorias para suelos ácidos. Cooperación para el Desarrollo de Region Zuliana. p 21-22.
- CEDEFOR (Centro de Desarrollo Forestal, SV). 2011. Datos de venta de los años 2000-2011. La Libertad, SV. 10 p
- Centeno Girón, JO. 1990. Evaluación de seis sustratos en la germinación de tres especies forestales tropicales: Caoba (*Swietenia humilis*), Balsamo (*Myroxilon balsamun* var. *Pereirae*) y Funera (*Dalbergia funera*). Tesis Ing. Agr. San Salvador, UES. 83 p
- El mundo forestal. 2012. Sitio de consulta forestal de Costa Rica. (en línea). Consultado el 21 de abr de 2012. Disponible en: [www.elmundoforestal.com](http://www.elmundoforestal.com)

- Elsemillero.net. s.f. Producción en vivero: Producción tradicional. (en línea). Consultado 4 set 2010. Disponible en [http://elsemillero.net/nuevo/semillas/produccion\\_tradicional.html](http://elsemillero.net/nuevo/semillas/produccion_tradicional.html)
- FAO (organización de las Naciones unidas para la Agricultura y Alimentación, IT). 2003. documento de trabajo sobre recursos Genéticos forestales de árboles y bosques en El Salvador. Documento de trabajo FGR 48s/ servicio de desarrollo de recursos Forestales. Departamento de montes, Roma, IT. 54 p
- Gallardo C. s.f. Sustrato para Plantas, tipos y Principales características; Tratamiento Integral de Residuos Sólidos. Universidad Nacional de Entre Rios, Parana, AR. p 35
- INDERENA (Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Medio Ambiente; Ministerio de Agricultura, CO) s.f. manual general sobre uso de semilla forestales. s.e. Banco Nacional de Semilla Forestales. Colombia 27 p
- INFORMACIÓN BÁSICA PARA LA SIEMBRA. 2011. Información básica para la siembra (en línea). Consultado 31 mayo 2011. Disponible en <http://informacionparalasiembra.html>
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, CL). s.f. El Vivero Forestal: Guía para el diseño y producción de un vivero forestal de pequeña escala de plantas en envase. Santiago, CL. s.e. 14 p.
- Klinger Brahan B.; Von Neumann J. 2008. Publicación del Instituto de Investigaciones Ambientales. Revista Bioetnia. Vol. 5 (2) p 65-126. Quibdo Choco. CO.

- Magnitskiy S.V.; Plaza G. A. 2007. Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales Physiology of recalcitrant seeds of tropical trees. (en línea). Consultado el 1 feb. 2010. disponible en [www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/download/.../15242](http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/download/.../15242)
- Martínez Ramírez, S. 1996. La germinación de Semillas de *Delonix regia* (Framboyan): Se Promueve con agua en ebullición y se inhibe con Ácido giberelico. Oaxaca. MX 6 p
- Mesén F; Guevara AL; Jiménez, ML. 1996. Guía técnica para la producción de semilla forestal certificada y autorizada. Turrialba CR, CATIE. p21-23.
- Miranda Muñoz, JM, 1997. Propuesta de las Semillas de Tres Especies Forestales *phitecollobium saman (Jacq)*, *Cassia jumbosa (Britton)* y *Delonix regia (Bojer)* a diferentes tratamientos pregerminativos. Licenciado, Quetzaltenango, GU. Universidad de San Carlos de Guatemala. 120 p
- Molina Artavia, MA.; Brenes Varela, G.; Morales Hidalgo, s.f. Guanacaste. Área de Conservación Guanacaste; Ministerio de Ambiente y Energía minae. Turrialba, CR. p. 14
- Montes Fuentes, DE; Argueta de Paz, JR. 1999. Evaluación de métodos pregerminativos en semillas de cinco especies forestales nativas de El Salvador. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, SV, UES. 70 p.
- Moreno Casasola P; Infante Mata D; Traviesa AC; Madero Vega C. 2009. Manual para la Reforestación de los Médanos. Xalapa MX 100 p.
- Müller, E. 1995. Generalidades sobre el almacenamiento de especies recalcitrantes y resultados preliminares en almacenamiento con especies nativas en Costa Rica. s.e. 7 p.

- Muñoz Flores JH; Sáenz Reyes JT; Ruedas Sánchez A. 2011. Especies Promisorias de Clima Tropical para Plantaciones Forestales Comerciales en Michoacán. Libro Técnico Núm. 11. p 112. 8 (PDF)
- Muñoz, VM. 1993. Almacenamiento y contenido de humedad de las semillas. (notas del centro productor de semillas de árboles forestales). (en línea). Consultado el 30 oct. 2010. disponible en <http://www.cesaf.uchile.cl/cesaf/n2/3.html>.
- Payeras, A. 2008. Estratificación y Escarificación de Semillas de Árboles: Tratamiento para la Germinación de Semillas de Árboles. (en línea) Consultado el 4 set 2010. Disponible en <http://www.bonsaidimenorca.com/index.php/2008022251/estratificacion-desemillas.html>
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PA). Manual de técnico de Plantaciones forestes 2002. (en línea). Técnicas para la producción de plantas a partir del ciclo sexual Consultado el 31 mayo 2011. Disponible en <http://www.pnuma.org/manualtecnico/pdf/60-61.pdf>
- Poulsen K. M: Stubsgaard, F. 2000. Técnicas para la Escarificación de Semilla Forestales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba CR. 87 p (Manual técnico no 36).
- Renteria, A; Cruz Jiménez, H; Alba Landa, J. 1999. Efecto de Seis Sustratos Sobre la Germinación de *Pinos pántulasch etcham Pinos montezumae lamb* y *pinus pseudoestrobis Ind* en condiciones de vivero. Foresta Veracruz. 1(2): 31-34 p.

- Salazar, R. 2000. Manejo de semillas de 100 especies Forestales de América Latina. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba CR. v.1 (Manual Técnico)170 p
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SV). 2009. Meteorología: Clima en El Salvador. (en línea) consultado el 14 marzo 2011. Disponible en: [www.-snet.gob.sv](http://www.-snet.gob.sv)
- Solórzano, C. 2005 Taller de manejo de viveros y especies nativas del bosque seco: manual básico para viveristas de bosque seco., E, Cueva, F. Rodas; J. Mora. Guayaquil EC. s.e. 28 p.
- Vizquez, M. 2002. terminología de: cama de germinación. (en línea). s.e. s.n.t. consultado el 30 oct. 2010. disponible en [http://www.elmundoforestal.cm/terminologfia/camade\\_germinacion.html](http://www.elmundoforestal.cm/terminologfia/camade_germinacion.html).
- Willan, RL. 1991. Guia para la manipulación de Semillas Forestales. FAO. Roma. IT. DANIDA. (En línea). Consultado el 15 set 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/ad232s/ad232s00.htm>
- Wikipedia (La enciclopedia libre). 2010. Delonix regia. (en línea). Consultado 1 abr. 2011. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Delonix\\_regia](http://es.wikipedia.org/wiki/Delonix_regia)

## 7. Anexos

### Anexo 1. Mapas de campo

**FIGURA 12. Plano de campo para un Diseño de Parcela Divididas  
Sustratos vrs. Métodos de Escarificación FÍSICA**

b1	b2	b2	b4	b3	B I
b4	b4	b1	b2	b1	
b3	b3	b3	b3	b2	
b2	b1	b4	b1	b4	
a3	a2	a5	a1	a4	
b2	b1	b3	b2	b4	B II
b4	b4	b1	b1	b2	
b3	b3	b2	b3	b3	
b1	b2	b4	b4	b1	
a5	a3	a1	a4	a2	
b3	b4	b2	b2	b1	B II
b1	b2	b1	b4	b4	
b2	b3	b3	b3	b3	
b4	b1	b4	b1	b2	
a1	a2	a4	a5	a3	

#### **Sustratos (A) = PARCELAS GRANDES**

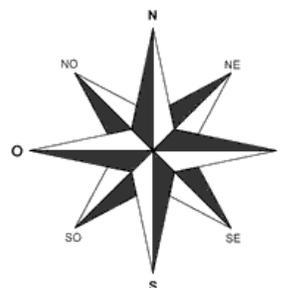
a1 = Arena

a2 = Arena 50%, Tierra Negra 50%

a3 = Tierra Negra (100%)

a4 = Arena 50%, Materia Orgánica 50%

a5 = Materia Orgánica (100%)



#### **Métodos Físicos (B) = PARCELAS PEQUEÑAS**

b1= H<sub>2</sub>O a 100°C/ 20 seg.

b2= H<sub>2</sub>O a 100°C/ 40 seg.

b3= H<sub>2</sub>O a 100°C/ 60 seg.

b4= H<sub>2</sub>O a 80°C/ 90 seg.

**FIGURA 13. Plano de campo para un Diseño de Parcela Divididas  
Sustratos vrs. Métodos de Escarificación MECÁNICA**

b1	b2	b2	B1	b3	BI
b3	b3	b1	b3	b2	
b2	b1	b3	B2	b1	
a3	a2	a5	a1	a4	
b2	b1	b3	b2	b4	BII
b3	b3	b2	b3	b3	
b1	b2	b4	b4	b1	
a5	a3	a1	a4	a2	
b3	b1	b2	b2	b3	BII
b1	b2	b1	b1	b2	
b2	b3	b3	b3	b1	
a1	a2	a4	a5	a3	

**Sustratos (A) = PARCELAS GRANDES**

a1 = Arena

a2 = Arena 50%, Tierra Negra 50%

a3 = Tierra Negra (100%)

a4 = Arena 50%, Materia Orgánica 50%

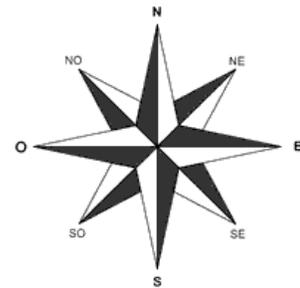
a5 = Materia Orgánica (100%)

**Métodos Mecánico (B) = PARCELAS PEQUEÑAS**

b1= Quema con cautín

b2= Corte con tijera

b3= Lijada



**FIGURA 14. Plano de campo para un Diseño de Parcela Divididas  
Sustratos vrs. Métodos de Escarificación QUÍMICA**

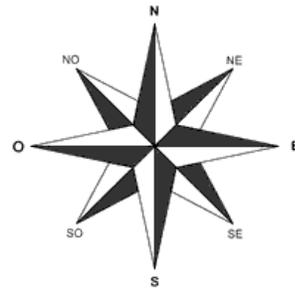
b1	b2	b2	b2	b2	BI
b2	b1	b1	b1	b1	
a3	a2	a5	a1	a4	
b2	b1	b1	b2	b2	BII
b1	b2	b2	b1	b1	
a5	a3	a1	a4	a2	
b1	b1	b2	b2	b2	BII
b2	b2	b1	b1	b1	
a1	a2	a4	a5	a3	

**Sustratos (A) = PARCELAS GRANDES**

- a1 = Arena
- a2 = Arena 50%, Tierra Negra 50%
- a3 = Tierra Negra (100%)
- a4 = Arena 50%, Materia Orgánica 50%
- a5 = Materia Orgánica (100%)

**Métodos Químico (B) = PARCELAS PEQUEÑAS**

- b1= H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Acido Sulfúrico) al 10% de concentración
- b2= HCL (Acido Clorhídrico) al 75% de concentración



**Anexo 2. Archivo de datos de entrada, Sistema SAS. 9.1. Para la especie  
*Delonix regia.***

```

dataesyme;
input S M N VR;
CARDS;
1 1 1 42
1 1 2 44
1 1 3 48
1 1 4 70
2 1 1 48
2 1 2 38
2 1 3 38
2 1 4 58
3 1 1 52
3 1 2 44
3 1 3 46
3 1 4 60
4 1 1 70
4 1 2 66
4 1 3 46
4 1 4 56
5 1 1 48
5 1 2 42
5 1 3 36
5 1 4 54
1 2 1 98
1 2 2 100
1 2 3 100
1 2 4 0
2 2 1 100
2 2 2 100
2 2 3 100
2 2 4 0
3 2 1 100
3 2 2 100
3 2 3 98
3 2 4 0
4 2 1 100
4 2 2 100
4 2 3 100
4 2 4 0
5 2 1 100
5 2 2 100
5 2 3 98
5 2 4 0
1 3 1 82
1 3 2 70
1 3 3 0
1 3 4 0
2 3 1 58
2 3 2 74
2 3 3 0
2 3 4 0
3 3 1 66
3 3 2 76
3 3 3 0
3 3 4 0
4 3 1 48
4 3 2 56
4 3 3 0
4 3 4 0
5 3 1 60
5 3 2 66
5 3 3 0
5 3 4 0
;
PROCGLM;
CLASS S M N;
MODEL VR=S M S*M N M*N;
TESTH=S M E=S*M;
MEANS S/LSD;
MEANS M/LSD;
MEANS N/LSD;
MEANS S*M/LSD;
MEANS M*N/LSD;
RUN;

```

**Anexo 3: Archivo de datos de entrada, Sistema SAS. 9.1. Para la especie  
*Acacia mangium.***

```

dataesyme;
input S M N VR;
CARDS;
1 1 1 66
1 1 2 76
1 1 3 70
1 1 4 74
2 1 1 66
2 1 2 56
2 1 3 68
2 1 4 84
3 1 1 64
3 1 2 62
3 1 3 74
3 1 4 46
4 1 1 54
4 1 2 54
4 1 3 50
4 1 4 48
5 1 1 46
5 1 2 42
5 1 3 50
5 1 4 42
1 2 1 0
1 2 2 62
1 2 3 0
1 2 4 0
2 2 1 0
2 2 2 60
2 2 3 0
2 2 4 0
3 2 1 0
3 2 2 60
3 2 3 0
3 2 4 0
4 2 1 0
4 2 2 40
4 2 3 0
4 2 4 0
5 2 1 0
5 2 2 40
5 2 3 0
5 2 4 0
1 3 1 46
1 3 2 42
1 3 3 0
1 3 4 0
2 3 1 44
2 3 2 54
2 3 3 0
2 3 4 0
3 3 1 38
3 3 2 48
3 3 3 0
3 3 4 0
4 3 1 54
4 3 2 44
4 3 3 0
4 3 4 0
5 3 1 44
5 3 2 38
5 3 3 0
5 3 4 0
;
PROCGLM;
CLASS S M N;
MODEL VR=S M S*M N M*N;
TESTH=S M E=S*M;
MEANS S/LSD;
MEANS M/LSD;
MEANS N/LSD;
MEANS S*M;
MEANS M*N;
RUN;

```

**Anexo 4: Archivo de datos de entrada, Sistema SAS. 9.1. Para la especie  
*Poeppigia procera*.**

```

dataesyme;
input S M N VR;
CARDS;
1 1 1 66
1 1 2 76
1 1 3 70
1 1 4 74
2 1 1 66
2 1 2 56
2 1 3 68
2 1 4 84
3 1 1 64
3 1 2 62
3 1 3 74
3 1 4 46
4 1 1 54
4 1 2 54
4 1 3 50
4 1 4 48
5 1 1 46
5 1 2 42
5 1 3 50
5 1 4 42
1 2 1 0
1 2 2 62
1 2 3 0
1 2 4 0
2 2 1 0
2 2 2 60
2 2 3 0
2 2 4 0
3 2 1 0
3 2 2 60
3 2 3 0
3 2 4 0
4 2 1 0
4 2 2 40
4 2 3 0
4 2 4 0
5 2 1 0
5 2 2 40
5 2 3 0
5 2 4 0
1 3 1 46
1 3 2 42
1 3 3 0
1 3 4 0
2 3 1 44
2 3 2 54
2 3 3 0
2 3 4 0
3 3 1 38
3 3 2 48
3 3 3 0
3 3 4 0
4 3 1 54
4 3 2 44
4 3 3 0
4 3 4 0
5 3 1 44
5 3 2 38
5 3 3 0
5 3 4 0
;
PROCGLM;
CLASS S M N;
MODEL VR=S M S*M N M*N;
TESTH=S M E=S*M;
MEANS S/LSD;
MEANS M/LSD;
MEANS N/LSD;
MEANS S*M;
MEANS M*N;
RUN

```

**Anexo 5: Archivo de datos de entrada, Sistema SAS. 9.1. Para la especie**  
*Enterolobium cyclocarpum*

```

dataesyme;
input S M N VR;
CARDS;
1 1 1 46
1 1 2 50
1 1 3 36
1 1 4 28
2 1 1 62
2 1 2 60
2 1 3 60
2 1 4 24
3 1 1 62
3 1 2 70
3 1 3 50
3 1 4 34
4 1 1 50
4 1 2 76
4 1 3 58
4 1 4 38
5 1 1 60
5 1 2 68
5 1 3 38
5 1 4 36
1 2 1 100
1 2 2 100
1 2 3 100
1 2 4 0
2 2 1 100
2 2 2 100
2 2 3 100
2 2 4 0
3 2 1 100
3 2 2 100
3 2 3 100
3 2 4 0
4 2 1 100
4 2 2 100
4 2 3 100
4 2 4 0
1 3 1 54
1 3 2 50
1 3 3 0
1 3 4 0
2 3 1 44
2 3 2 60
2 3 3 0
2 3 4 0
3 3 1 52
3 3 2 56
3 3 3 0
3 3 4 0
4 3 1 62
4 3 2 64
4 3 3 0
4 3 4 0
5 3 1 56
5 3 2 56
5 3 3 0
5 3 4 0
;
PROCGLM;
CLASS S M N;
MODEL VR=S M S*M N M*N;
TESTH=S M E=S*M;
MEANS S/LSD;
MEANS M/LSD;
MEANS N/LSD;
MEANS S*M/LSD;
MEANS M*N/LSD;
RUN;

```

### Anexo 6: Presupuesto de la investigación

<b>Actividad/Recursos</b>	<b>Precio Uní.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Transporte UES/CEDEFOR	\$ 2.00	40	\$ 80
Ciber café	\$ 0.50	10	\$ 5.00
Resma de papel	\$ 5.15	3	\$ 15.60
Bolígrafos	\$ 0.20	6	\$ 1.20
Lápiz	\$ 0.15	6	\$ 0.90
Borrador	\$ 0.25	2	\$ 0.50
Impresiones	\$ 0.10	500	\$ 50.00
Alimentación	\$ 12.00	40	\$ 480
Plumones	\$ 0.80	3	\$ 2.40
Caja de madera	\$ 0.25	7	\$ 252.00
Ácido clorhídrico	\$ 1.54	1 lt	\$ 15.4
Ácido sulfurico	\$ 1.48	1 lt	\$ 14.8
Semillas de conacaste	\$ 3.00	1 kg	\$ 3.00
Semillas de Carreto	\$ 25.83	5 kg	\$ 129.15
Semillas de chaquiro	\$ 25.83	1 kg	\$ 25.83
Semillas de árbol de fuego	\$ 5.00	5 kg	\$25
Semillas de mangium	\$ 51.56	1 kg	\$51.56
Lijas	0.50	3	\$1.50
Cautín	10.00	1	\$10.00
Tijeras	2.00	1	\$2.00
<b>Total</b>			<b>\$ 1166.00</b>

Fuente: elaboración propia