

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

**RESPUESTA DE LAS SEMILLAS DE TRES ESPECIES FORESTALES, Plitecollobium saman  
(Jacq), Cassia lumbosa (Britton) Y Delonix regia (Bojer) A DIFERENTES TRATAMIENTOS  
PREGERMINATIVOS.**

**TESIS**  
**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR**  
**JOSE MIGUEL MIRANDA MUÑOZ**

**En el acto de investidura como**

**INGENIERO AGRONOMO**

**EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA**

**EN EL GRADO ACADEMICO DE**

**LICENCIADO**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 1997**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**RECTOR**

**DR. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Agr. Msc. José Rolando Lara Alecio</b>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	<b>Ing. Agr. Juan José Castillo Mont</b>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	<b>Ing. Agr. William Roberto Escobar López</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<b>Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa</b>
<b>VOCAL CUARTO</b>	<b>Br. Estuardo Enrique Lira Prera</b>
<b>VOCAL QUINTO</b>	<b>P. Ag. Edgar Danilo Juarez Quim</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Agr. Guillermo Edilberto Méndez Beteta</b>

Guatemala, octubre de 1997

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Distinguidos miembros:

De la manera más cordial y de acuerdo con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración de ustedes, el trabajo de tesis titulado:

**RESPUESTA DE LAS SEMILLAS DE TRES ESPECIES FORESTALES, Phitecollobium saman (Jacq), Cassia lumbosa (Britton) Y Delonix regia (Bojer), A DIFERENTES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS.**

Presentado como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,

  
José Miguel Miranda Muñoz.

## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

**DIOS**

**MIS PADRES:**

**José Miguel Miranda Orózco  
Zolla América Muñoz**

**MIS HERMANOS:**

**Carolina  
Oscar Manuel  
Luis Felipe  
Sandra Patricia**

**MIS TIOS:**

**Esperanza  
Jorge**

**MIS AMIGOS**

**Especialmente Erwin Muñoz (Q.E.P.D.), Erick, Herbert, Rony,  
Augusto, Arnoldo, Víctor y Servio.**

**MIS ASESORES**

**Ingeniero Agrónomo César Telón  
Ingeniero Agrónomo Raúl Escobar**

**TESIS QUE DEDICO**

**A:**

**GUATEMALA**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**BANCO DE SEMILLAS FORESTALES**

**INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES**

**SEMILLERISTAS FORESTALES DE GUATEMALA**

## CONTENIDO GENERAL

	<u>PAGINA</u>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>II</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b>	<b>III</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>IV</b>
<b>I. INTRODUCCION</b>	
<b>II. DEFINICION DEL PROBLEMA</b>	<b>2</b>
<b>III. JUSTIFICACION</b>	<b>3</b>
<b>IV. MARCO TEORICO</b>	<b>5</b>
4.1 Marco Conceptual	5
4.2 Marco Referencial	17
<b>V. OBJETIVOS</b>	<b>26</b>
<b>VI. HIPOTESIS</b>	<b>26</b>
<b>VII. METODOLOGIA</b>	<b>26</b>
7.1 Ubicación del área experimental	26
7.2 Selección de las especies	27
7.3 Descripción de la metodología y materiales utilizados en la investigación	27
7.4 Diseño experimental	32
7.5 Modelo estadístico	33
7.6 Variables respuesta	33
7.7 Descripción de los tratamientos	33
7.8 Manejo del experimento	37
7.9 Toma de datos y evaluación	38
7.10 Análisis estadístico	38
<b>VIII. RESULTADOS</b>	<b>39</b>
<u>Phitecollobium saman</u> (Jacq)	39
<u>Cassia jumbosa</u> (Britton)	44
<u>Delonix regia</u> (Bojer)	48
<b>IX. CONCLUSIONES</b>	<b>53</b>
<b>X. RECOMENDACIONES</b>	<b>54</b>
<b>XI. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>55</b>
<b>XII. APENDICE</b>	<b>57</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>No.</b>	<b>TITULO</b>	<b><u>PAGINA</u></b>
1.	Hojas, flor, frutos y semillas de <u>Phitecollobium saman</u> (Jacq)	20
2.	Hojas, fruto y semillas de <u>Delonix regia</u> (Bojer)	23
3.	Hojas, fruto y semillas de <u>Cassia jumbosa</u> (Britton)	25
4.	Procedencia y lugar de recolección de semillas de la especie <u>Cassia jumbosa</u> (Britton), Samayac, Departamento de Suchitepéquez, Guatemala	29
5.	Procedencia y lugar de recolección de semillas de las especies <u>Phitecollobium saman</u> (Jacq) y <u>Delonix regia</u> (Bojer), Masagua, Departamento de Escuintla, Guatemala	30
6.	Comportamiento gráfico del porcentaje de germinación en la especie <u>Phitecollobium saman</u> (Jacq)	40
7.	Comportamiento gráfico del valor germinativo en la especie <u>Phitecollobium saman</u> (Jacq)	43
8.	Comportamiento gráfico del porcentaje de germinación en la especie <u>Cassia jumbosa</u> (Britton)	45
9.	Comportamiento gráfico de valor germinativo en la especie <u>Cassia jumbosa</u> (Britton)	47
10.	Comportamiento gráfico del porcentaje de germinación en la especie <u>Delonix regia</u> (Bojer)	49
11.	Comportamiento gráfico del valor germinativo en la especie <u>Delonix regia</u> (Bojer)	51

## INDICE DE CUADROS

No.	TITULO	<u>PAGINA</u>
1.	Procedencia de la semilla utilizada en la investigación	28
2.	Tratamientos pregerminativos aplicados en la especie <u>Phitecollobium saman</u>	34
3.	Tratamientos pregerminativos aplicados a la especie <u>Cassia jumbosa</u>	35
4.	Tratamientos pregerminativos aplicados a la especie <u>Delonix regia</u>	36
5.	Porcentajes de germinación obtenidos en la aplicación de tratamientos pregerminativos a semillas de la especie <u>Phitecollobium saman</u>	41
6.	Valor germinativo obtenido en la aplicación de tratamientos pregerminativos a semillas de la especie <u>Phitecollobium saman</u>	42
7.	Porcentajes de germinación obtenidos en la aplicación de tratamientos pregerminativos a semillas de la especie <u>Cassia jumbosa</u>	46
8.	Valor germinativo obtenido en la aplicación de tratamientos pregerminativo a semillas de la especie <u>Cassia jumbosa</u>	48
9.	Porcentajes de germinación obtenidos en la aplicación de tratamientos pregerminativos a semillas de la especie <u>Delonix regia</u>	50
10.	Valor germinativo obtenido en la aplicación de tratamientos pregerminativos a semillas de la especie <u>Delonix regia</u>	52
11A.	Conteos diarios de germinación para <u>Cassia jumbosa</u> , Tratamiento 1	58
12A.	Conteos diarios de germinación para <u>Cassia jumbosa</u> , Tratamiento 2	58
13A.	Conteos diarios de germinación para <u>Cassia jumbosa</u> , Tratamiento 3	58
14A.	Conteos diarios de germinación para <u>Cassia jumbosa</u> , Tratamiento 4	58

15A.	Conteos diarios de germinación para <u>Cassia jumbosa</u> , Tratamiento 5	58
16A.	Conteos diarios de germinación para <u>Cassia jumbosa</u> , Tratamiento 6	58
17A.	Conteos diarios de germinación para <u>Cassia jumbosa</u> , Tratamiento 7	59
18A.	Conteos diarios de germinación para <u>Cassia jumbosa</u> , Tratamiento 8	59
19A.	Conteos diarios de germinación para <u>Cassia jumbosa</u> , Tratamiento 9	59
20A.	Conteos diarios de germinación para <u>Cassia jumbosa</u> , Tratamiento 10	59
21A.	Conteos diarios de germinación para <u>Cassia jumbosa</u> , Tratamiento 11	59
22A.	Conteos diarios de germinación para <u>Phitecollobium saman</u> , Tratamiento 1	60
23A.	Conteos diarios de germinación para <u>Phitecollobium saman</u> , Tratamiento 2	60
24A.	Conteos diarios de germinación para <u>Phitecollobium saman</u> , Tratamiento 3	60
25A.	Conteos diarios de germinación para <u>Phitecollobium saman</u> , Tratamiento 4	60
26A.	Conteos diarios de germinación para <u>Phitecollobium saman</u> , Tratamiento 5	60
27A.	Conteos diarios de germinación para <u>Phitecollobium saman</u> , Tratamiento 6	60
28A.	Conteos diarios de germinación para <u>Phitecollobium saman</u> , Tratamiento 7	61
29A.	Conteos diarios de germinación para <u>Phitecollobium saman</u> , Tratamiento 8	61

30A.	Conteos diarios de germinación para <u>Phitecollobium saman</u> , Tratamiento 9	61
31A.	Conteos diarios de germinación para <u>Phitecollobium saman</u> , Tratamiento 10	61
32A.	Conteos diarios de germinación para <u>Phitecollobium saman</u> , Tratamiento 11	61
33A.	Conteos diarios de germinación para <u>Delonix regia</u> , Tratamiento 1	61
34A.	Conteos diarios de germinación para <u>Delonix regia</u> , Tratamiento 2	62
35A.	Conteos diarios de germinación para <u>Delonix regia</u> , Tratamiento 3	62
36A.	Conteos diarios de germinación para <u>Delonix regia</u> , Tratamiento 4.	62
37A.	Conteos diarios de germinación para <u>Delonix regia</u> , Tratamiento 5	62
38A.	Conteos diarios de germinación para <u>Delonix regia</u> , Tratamiento 6	62
39A.	Conteos diarios de germinación para <u>Delonix regia</u> , Tratamiento 7	63
40A.	Conteos diarios de germinación para <u>Delonix regia</u> , Tratamiento 8	63
41A.	Conteos diarios de germinación para <u>Delonix regia</u> , Tratamiento 9	63
42A.	Conteos diarios de germinación para <u>Delonix regia</u> , Tratamiento 10	63
43A.	Conteos diarios de germinación para <u>Delonix regia</u> , Tratamiento 11	63
44A.	Porcentaje de germinación diario, <u>Phitecollobium saman</u>	67
45A.	Análisis de varianza para porcentaje de germinación, <u>Phitecollobium saman</u>	68

46A.	Análisis de varianza para valor germinativo, <u>Phitecollobium saman</u>	68
47A.	Valores de germinación obtenidos en cada uno de los tratamientos pregerminativos aplicados a <u>Phitecollobium saman</u>	69
48A.	Porcentaje de germinación diario, <u>Cassia jumbosa</u>	70
49A.	Análisis de varianza para porcentaje de germinación, <u>Cassia jumbosa</u>	71
50A.	Análisis de varianza para valor germinativo, <u>Cassia jumbosa</u>	71
51A.	Valores de germinación obtenidos en cada uno de los tratamientos pregerminativos, <u>Cassia jumbosa</u>	72
52A.	Porcentaje de germinación diario, <u>Delonix regia</u>	73
53A.	Análisis de varianza para porcentaje de germinación, <u>Delonix regia</u>	74
54A.	Análisis de varianza para valor germinativo, <u>Delonix regia</u>	74
55A.	Valores de germinación obtenidos en cada uno de los tratamientos pregerminativos, <u>Delonix regia</u>	75

**RESPUESTA DE LAS SEMILLAS DE TRES ESPECIES FORESTALES, Phitecollobium saman (Jacq), Cassia lumbosa (Britton) Y Delonix regia (Bojer), A DIFERENTES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS.**

**THREE FOREST SPECIES ANSWER SEEDS Phitecollobium saman (Jacq), Cassia lumbosa (Britton) AND Delonix regia (Bojer), TO DIFERENTS PRE-GERMINATIVES TREATMENT.**

**R E S U M E N**

La presente investigación tuvo como objetivo, evaluar la respuesta de germinación de las semillas de las especies Phitecollobium saman, Cassia lumbosa y Delonix regia a la aplicación de diferentes tratamientos pregerminativos, los cuales se clasificarón de acuerdo a su naturaleza en químicos, físicos y mecánicos.

La realización de la investigación fue apoyada por el Proyecto de Semillas Forestales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza -CATIE-, así como por el Banco de Semillas Forestales de la anterior Dirección General de Bosques y Vida Silvestre -DIGEBOS-. En relación a la selección de las especies, es importante mencionar que se utilizó el criterio de porcentaje de germinación, los que, para estas especies se consideran relativamente bajos en condiciones naturales, por otro lado, también fué utilizado el criterio sobre la demanda existente de estas especies para realizar actividades de forestación y reforestación, ya que se les han considerado especies con alto potencial para el establecimiento y aprovechamiento de plantaciones con fines industriales y como fuente energética.

Respecto a la metodología de investigación utilizada, es preciso indicar que se montó un ensayo, el cual consistió en un diseño experimental Completamente Aleatorio, para cada una de las especies objeto de estudio. Cada uno de los diseños estuvo conformado por 44 unidades experimentales. Dentro de cada una de estas, se sembraron 100 semillas, las que fueron sometidas a la aplicación de tratamientos pregerminativos, los cuales consistieron en la utilización de ácido sulfúrico en concentraciones de 75 y 95%, giberelina en concentraciones de 100 y 200 ppm, agua a 100°C. y a temperatura ambiente, así como a cortes mecánicos de la cubierta seminal. Las variables respuesta definidas para este experimento fueron: el porcentaje de germinación y el valor germinativo.

De acuerdo a los resultados, se pudo establecer que la especie Phitecollobium saman respondió favorablemente a la aplicación de los tratamientos pregerminativos, puesto que se observó un incremento considerable del porcentaje de germinación así como de su valor germinativo mediante la utilización de ácido sulfúrico al 95% durante 30 minutos. En Cassia jumbosa, se obtuvo un incremento aceptable del porcentaje de germinación, mediante la aplicación de ácido sulfúrico al 95% durante 10 minutos y para Delonix regia, se observó un incremento en el porcentaje de germinación al cortar parcialmente su cubierta seminal.

Como se indicó anteriormente, las semillas de las especies Phitecollobium saman y Cassia jumbosa respondieron favorablemente a la aplicación de ácido sulfúrico, puesto que se evidenció un incremento del porcentaje de germinación, en tal sentido, se recomienda la utilización de estos tratamientos en las actividades de reproducción de plantas, si estas se hacen a través de semillas, no obstante, para la especie Delonix regia, se recomienda seguir con estudios relacionados a tratamientos pregerminativos, puesto que los aplicados en esta investigación, no incrementaron significativamente el porcentaje de germinación.

## **I. INTRODUCCION**

Guatemala posee una extensión territorial de 108,889 kilómetros cuadrados, de los cuales el 72% de sus suelos son de vocación forestal (6). La cobertura boscosa es de aproximadamente 33,902 Kilómetros cuadrados, lo que representa el 31.10% del territorio nacional. De esta área, 30,176 kilómetros cuadrados corresponde al bosque latifoliado y 2,282 Kilómetros cuadrados a coníferas, siendo el 27.70% y 2.10% del territorio nacional respectivamente (5). Es importante mencionar que esta masa boscosa esta conformada principalmente de bosques naturales, sin embargo, actualmente algunos programas estatales y privados están realizando actividades de forestación y reforestación a nivel nacional, utilizando para ello especies nativas y exóticas de rápido crecimiento para fines industriales y domésticos.

Los bosques naturales constituyen la principal fuente de producción de germoplasma, sin embargo, actualmente se esta dando un proceso de deforestación acelerado, causando con ello la pérdida de este recurso a un ritmo creciente ya que según el Plan de Acción Forestal para Guatemala, se deforestan aproximadamente 100,000 hectáreas anualmente (10) implicando con ello la pérdida de un gran potencial económico y ambiental que este recurso proporciona a Guatemala.

Por otro lado, la investigación en el área forestal es limitada ya que hasta la fecha, los estudios en materia de producción, manejo y mejoramiento de semillas forestales, han sido limitados, aún cuando Guatemala posee una gran diversidad de especies forestales nativas, las cuales podrían generar beneficios económicos y ambientales al país.

Tomando en cuenta lo anterior, se estableció la importancia de realizar la presente investigación cuyo propósito fue de evaluar la respuesta de las semillas de tres especies

forestales (Pithecolobium saman Jacq, Cassia jumbosa Britton y Delonix regia Bojer) a la aplicación de diferentes tratamientos pregerminativos; dichos tratamientos se clasificaron en químicos, mecánicos y físicos. Así mismo, cabe mencionar que las especies evaluadas fueron seleccionadas con base a su bajo porcentaje de germinación y a su demanda por reforestadoras privadas y programas de reforestación estatales para el establecimiento de plantaciones energéticas y de rápido aprovechamiento.

En relación al proceso de investigación, éste se llevo a cabo mediante un diseño experimental Completamente Aleatorio, el cual fue montado en el Laboratorio del Banco de Semillas Forestales del anterior servicio forestal estatal (DIGEBOS), contándose además con el apoyo del "Proyecto de Semillas Forestales" (PROSEFOR) del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE y de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## II. DEFINICION DEL PROBLEMA

La latencia es el fenómeno que evidencia una disminución en el porcentaje de germinación en las especies forestales; ésta puede ocurrir por conformaciones externas (dureza del pericarpo y cubierta seminal), así como por la baja capacidad de respuesta de las semillas al proceso de germinación, la cual puede estar dada por fenómenos fisiológicos que impiden su crecimiento y desarrollo. En tal sentido, se considera que cuando existe latencia, la propagación por semilla exige en alguna forma de la aplicación de tratamientos pregerminativos a fin de obtener una tasa de germinación razonablemente alta y en poco tiempo.

En consideración a lo anterior, se determinó que las especies objeto de estudio poseen porcentajes de germinación relativamente bajos, los cuales se encuentran entre el 18 y 22% para la especie Pithecolobium saman, 20 y 30% para Cassia jumbosa y 15 a 20% para Delonix regia. Esta situación se da básicamente por la dureza de su testa, sin embargo no se descarta la posibilidad de una interacción endógena causada por inhibidores que limitan la germinación de las semillas en condiciones naturales.

En tal sentido, la selección de las especies se realizó con base a: i) bajos porcentajes de germinación manifestados por la acción de exógena-mecánica, debido a la dureza del exocarpo que impide la germinación en un tiempo relativamente corto y ii) su demanda para actividades silviculturales de reforestación y forestación a nivel privado y estatal, principalmente en el área suroccidental del país. Además, cabe señalar que estas especies poseen diversos usos, dentro de los cuales se pueden mencionar el de aprovechamiento para leña, así como, para la producción de madera para muebles a nivel artesanal e industrial y para uso exclusivamente ornamental.

### III. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

Las semillas forestales están consideradas como una de las fuentes naturales más importantes para la propagación de plantas para el establecimiento de plantaciones, además constituyen hasta el momento el material más utilizado en los proyectos estatales y privados que realizan actividades de reforestación y forestación a nivel nacional. En tal sentido, las investigaciones sobre su biología y manejo ponen a disposición del silvicultor la información y las técnicas necesaria para asegurar el éxito de la plantación desde su origen en el vivero hasta su establecimiento definitivo. Sin embargo, la reproducción por semillas presenta

limitaciones propiamente en la germinación así como en el tiempo efectivo para que esta se realice, ya que este es relativamente prolongado, y en algunas especies, la probabilidad de obtener plántulas viables esta determinada por el vigor fisiológico de germinación o por efectos mecánicos que impiden el desarrollo del germen.

En Guatemala, a pesar de existir bosques naturales (principales proveedores de semilla); las investigaciones de especies forestales que manifiestan problemas de latencia han sido limitadas, desvalorizando así el potencial genético y económico que éstas pudieran proveer al sector forestal nacional, mediante el establecimiento de plantaciones con fines industriales y de consumo doméstico (como proveedoras de combustible).

En consideración a lo anterior, se determinó la importancia investigar el efecto de tratamientos pregerminativos en las especies Pithecolobium saman, Cassia jumbosa, Delonix regia, ya que estas presentan problemas de latencia y por consiguiente porcentajes de germinación bajos en condiciones naturales. Por otro lado, es importante mencionar que las especies objeto de estudio son demandadas ampliamente para fines de reforestación, puesto que son de rápido crecimiento, ventaja que puede ser utilizada para potencializar los beneficios ambientales y económicos que estas pudieran generar en un tiempo relativamente corto, si desde su propagación se aplican los tratamientos pregerminativos que en este estudio se proponen.

## **IV. MARCO TEORICO**

### **4.1 Marco Conceptual**

#### **4.1.1 Formación y desarrollo de semillas**

La siembra de la semilla es el inicio físico de la propagación de plantas, sin embargo la semilla misma es el producto de un proceso de crecimiento y desarrollo efectuado en la planta progenitora. Este proceso de desarrollo empieza con la fusión de los gametos masculino y femenino para formar dentro del ovario de la flor una sola célula (cigoto). Esta nueva estructura formada tiene la propiedad de originar otra planta con la misma información genética de su progenitora. (8)

Botánicamente, la semilla es el óvulo maduro encerrado dentro del ovario maduro o fruto. Es importante mencionar que existen variaciones entre las especies en aspecto, tamaño, forma y estructura del embrión en relación a los tejidos de almacenamiento. Estas características son útiles tanto para la identificación de la especie así como para conocer los requerimientos de germinación. (8)

#### **4.1.2 Estructura de la semilla**

La semilla se conforma de tres partes:

- embrión
- tejidos de almacenamiento
- cubiertas de la semilla

#### **4.1.2.1 Embrión**

Estructura resultante de la unión de los gametos masculino y femenino durante la fecundación. Se conforma de un eje embrionario con un punto de crecimiento en cada extremo (uno para el tallo y otro para la raíz) con una o más hojas seminales (cotiledones) adheridas al eje embrionario. (8)

Por otro lado, el embrión puede diferir en tamaño, reflejando el grado de desarrollo dentro de la semilla, de esta cuenta, las semillas pueden dividirse en: endóspermicas, las cuales poseen un embrión dominante y las no endóspermicas, en donde, el embrión es de tamaño reducido en comparación al resto de la semilla.

#### **4.1.2.2 Tejidos de almacenamiento**

Son aquellas estructuras en las cuales las semillas no endóspermicas y endóspermicas, almacenan su material de reserva. En el caso de las semillas no endóspermicas, su material de reserva se encuentra en los cotiledones, mientras que en las endóspermicas se encuentra en el endospermo, perispermo y en las gimnospermas en el gametofito haploide femenino. (8)

#### **4.1.2.3 Cubiertas de la semilla**

Las semillas pueden estar cubiertas por estructuras, las cuales pueden ser tegumentos, remanentes de la nucela y del endospermo o del fruto. La cubierta de las semillas generalmente se derivan del tegumento del óvulo. Es importante mencionar que la cubierta externa de la semilla puede presentar características muy particulares de acuerdo a la familia

a la que pertenece. Por lo general esta cubierta es de consistencia dura y gruesa, de color pardusco y a veces impermeable al agua. En relación a la cubierta interna, esta generalmente es delgada, transparente y membranosa. (8)

#### **4.1.3 Capacidad de la semilla para germinar**

El desarrollo morfológico del embrión se denomina embriogénesis. Este proceso se completa en aquellas especies que poseen embriones rudimentarios, después de que la semilla es separada de la planta, ocurriendo procesos de división y expansión celular en varias partes de la estructura del embrión. En la germinación de la semilla, la división se efectúa en los extremos del eje polarizado del embrión, es decir en las puntas de la raíz y del tallo. (12)

Si el embrión se separa en diversas etapas de su desarrollo y se coloca en las condiciones apropiadas de un medio de cultivo aséptico, cesa la embriogénesis y el embrión inmaduro muestra germinación precoz. Sin embargo, cualquier plántula que se desarrolle de este embrión, tiende a ser normal. (12)

El control de la embriogénesis es complejo, pudiendo intervenir tanto controles hormonales como la potencialidad innata de las células del embrión para dividirse y diferenciarse en forma específica. Existen pruebas de que el control tanto de la embriogénesis como del potencial de germinación se efectúan mediante clases específicas de ARNm (ácido ribonucleico mensajero) el cual es el encargado de dirigir el equilibrio hormonal dentro de la semilla. Estas moléculas específicas de ARNm al parecer son llevadas en la semilla madura y es posible que funcionen para iniciar las primeras etapas de la germinación. (8)

#### 4.1.4 Latencia

El término "latencia" se refiere a la condición en que una semilla viable presenta limitaciones para su germinación en presencia de los factores que normalmente se consideran suficientes para que esta se de (temperatura, humedad y medio ambiente gaseoso adecuados). Una semilla viable es la que puede germinar en condiciones favorables, siempre y cuando se elimine el problema de latencia, si es que esta presentara (11).

En la naturaleza la latencia sirve para proteger a las semillas de las condiciones que son temporalmente inadecuadas para la germinación pero que posteriormente se convertirán en condiciones adecuadas para el desarrollo del frágil y joven germen (11)

Se ha observado que la fuerza de latencia varía según la latitud y procedencia, así mismo incide la época de recolección aún cuando provengan de un mismo padre. Existe también una latencia diferencial dentro de la misma especie, de manera que la germinación se escalona a lo largo de un período de tiempo más o menos prolongado (11).

Según Padilla (11) la latencia puede ser de varios tipos, siendo muy común que a veces la misma semilla presenta más de un tipo. Dentro de estos tipos se pueden mencionar:

- latencia exógena o del pericarpio/cubierta seminal
- latencia endógena o del embrión
- latencia combinada, en la que la latencia afecta al mismo tiempo a la cubierta seminal y embrión.

Existen otras clasificaciones más pormenorizadas de la latencia; Padilla (11) reportó una clasificación de los tipos de latencia en árboles y arbustos latifoliados de la zona templada. Esta clasificación distingue los siguientes tipos de latencia:

#### **4.1.4.1 Latencia exógena**

Este tipo puede manifestar tres tipos de latencia: física, la cual consiste en hacer impermeable la cubierta o el pericarpio al agua; química, la cual evidencia la presencia de inhibidores en el pericarpio o en la cubierta; y mecánica, la cual presenta resistencia del pericarpio o la cubierta al crecimiento del embrión (11).

#### **4.1.4.2 Latencia endógena**

Este tipo se manifiesta cuando el embrión de la semilla aún no presenta un desarrollo completo. En este caso, se dice que la semilla no es apta para germinar. También se le denomina latencia morfológica (11).

#### **4.1.4.3 Latencia fisiológica**

Este tipo de latencia se da cuando existe un mecanismo fisiológico que impide la germinación. Según Padilla (11), esta latencia puede expresarse de diferentes formas:

- A Superficial, mecanismo inhibidor débil.
- B Intermedia, mecanismo inhibidor intermedio.
- C Profunda, mecanismo inhibidor fuerte.

Es importante mencionar que este tipo de latencia puede ser controlada mediante la aplicación de hormonas o reguladores del crecimiento.

#### **4.1.4.4 Latencia combinada morfofisiológica**

Es cuando se da una combinación del subdesarrollo del embrión con un mecanismo fisiológico inhibitor fuerte en el crecimiento del epicotilo (11).

#### **4.1.4.5 Latencia combinada exógena/endógena**

Esta se da cuando existen diversas combinaciones de latencia física, química o mecánica en la cubierta o en el pericarpo con una latencia fisiológica endógena (11).

#### **4.1.5 Germinación de la semilla**

La germinación de la semilla es un fenómeno biológico, que puede interpretarse como la continuación del crecimiento del embrión, el cual ha sido temporalmente interrumpido durante la formación de la semilla. Durante el desarrollo de la germinación intervienen eventos genéticos, metabólicos, anatómicos y bioquímicos. Básicamente es la activación metabólica de la semilla hasta dar origen a una plántula normal. Durante la formación de las semillas, se producen y almacenan reservas en el endosperma (monocotiledóneas) o en los cotiledones (dicotiledóneas) (13).

El CO<sub>2</sub> fijado por las hojas se convierte en sacarosa y se transporta a través del floema acumulándose en los tejidos. Durante la formación del endosperma se sintetizan proteínas (enzimas y reservas), posterior a la acumulación de almidones. De igual manera se acumulan los lípidos, los cuales son más energéticos como tejidos de reserva y estos tienen una

participación activa durante la germinación y el crecimiento. Durante la formación de la semilla se sintetizan y acumulan hormonas, las que posteriormente participan en la germinación. (13)

Por otro lado, también se forman nucleótidos libres, amidas, alcaloides, aminoácidos, ácidos grasos, fenoles, vitaminas, pigmentos, antocianinas y otros compuestos que literalmente conforman una batería bioquímica necesaria para dar origen al fenómeno de la germinación. Para la ocurrencia de la germinación, las condiciones externas e internas deben ser adecuadas y suficientes; la restricción de uno o varios de los factores que intervienen, puede impedir el fenómeno o su desarrollo de una manera irregular. (12)

#### **4.1.6 Factores que intervienen en la germinación**

La germinación es una secuencia de eventos, influenciada directamente por varios factores internos y externos que interactúan permanentemente. Dentro de los factores externos, están principalmente la humedad, temperatura, luz, oxígeno, CO<sub>2</sub> y sustrato. Los factores internos que intervienen son los promotores inhibidores de la germinación, la activación metabólica en general y la regulación genética particular. (12)

#### **4.1.7 Tratamientos pregerminativos**

Las semillas de algunas especies forestales germinan cuando se someten a condiciones de humedad y temperaturas favorables. Cuando existe latencia, la propagación exige alguna forma de tratamiento previo de la semilla, a fin de obtener una tasa de germinación razonablemente alta y en poco tiempo, ya que el silvicultor persigue operar con bajos costos y

a una tasa razonable de germinación. En tal sentido, la aplicación de tratamientos pregerminativos puede generar los beneficios que a continuación se mencionan: (11)

- A ahorro de semilla, tiempo y espacio en el semillero
- B período predecible
- C densidad más uniforme en el vivero.

#### **4.1.8 Tratamientos especiales para romper la latencia exógena**

##### **4.1.8.1 Sumersión en Agua**

Este tratamiento húmedo combina a veces dos efectos, el de ablandar la cubierta dura y el extraer por lixiviación los inhibidores químicos. Algunas semillas que tienen poca resistencia a la germinación puede responder bien al remojado durante 24 horas en agua a temperatura ambiente (11).

El tratamiento con agua caliente ha dado buenos resultados en varias semillas de leguminosas. Por lo general se colocan las semillas en agua hirviendo (100 grados centígrados) y se dejan enfriar en la misma, luego se cambia por agua a temperatura ambiente durante 24 horas (11).

La relación adecuada entre el volumen de agua y el volumen de semillas se ha sugerido que sea 5-10 veces mas que de agua. Algunas especies responden mejor a una temperatura inicial bastante inferior a la de la ebullición. Debe tenerse cuidado con la temperatura al aplicarse este tratamiento ya que algunas semillas pueden morir debido al exceso de calentamiento. (13)

#### **4.1.8.2 Tratamientos con ácidos**

La sustancia química que más se utiliza para romper la latencia de la cubierta es el ácido sulfúrico concentrado, sin embargo se debe tener cuidado con la concentración y tiempo de exposición de las semilla al ácido, ya que este puede penetrar hasta el embrión y provocar la muerte de la semilla; en algunas especies es más eficaz el tratamiento con agua caliente.

(12)

#### **4.1.8.3 Métodos biológicos**

En el medio natural, animales y microorganismos son un factor importante a la hora de romper la impermeabilidad de la cubierta seminal.

Aunque resulta difícil utilizar esos microorganismos como un tratamiento previo y controlado de las semillas, en algunos casos se han obtenido resultados satisfactorios. (14)

#### **4.1.8.4 Calor Seco y fuego**

La radiación solar no se utiliza por si sola para provocar la germinación, pero es un componente importante del tratamiento que alterne el remojado y secado en forma continua. En los climas tropicales húmedos y secos, el fuego es un poderoso factor natural para eliminar la latencia de la cubierta. Un fuego fuerte mata las semillas, pero un fuego leve y moderado, como los que se asocian a una combustión acelerada y controlada, reduce la permeabilidad de la cubierta y estimula la germinación (11).

A veces se extienden los frutos en el suelo, en una capa gruesa y se cubren con hierba a la que se le prende fuego, o también se pueden quemar ligeramente los frutos con una pistola de llama. Ajustar el calor del fuego para conseguir el máximo efecto en el pericarpio sin dañar el embrión de la semilla es una operación que requiere experiencia.(14)

#### **4.1.9 Tratamientos para romper la latencia endógena o del embrión.**

La latencia endógena se da tanto entre las semillas ortodoxas como recalcitrantes. Esta se da en el caso en que el embrión está morfológicamente subdesarrollado en el momento en que la semilla se separa del árbol padre, lo que implica que para poder germinar necesita completar su desarrollo posteriormente. Este caso se da también cuando los embriones están morfológicamente maduros en el momento de la recolección de la semilla, pero fisiológicamente son incapaces para germinar si no se producen determinados cambios bioquímicos, aún no conocidos totalmente. (14)

Según Padilla (11), las semillas cuyos embriones están subdesarrollados en el momento de la dispersión o recolección no germinan hasta que esos embriones han tenido el tiempo suficiente para madurar. Lo más frecuente para que los embriones se desarrollen suficientemente y pueda tener lugar la germinación, se precisa un período de tratamiento previo con calor húmedo, cuya duración varía según la especie.

#### **4.1.10 Tratamientos para romper la latencia doble**

Se ha verificado que muchas especies forestales poseen semillas con más de una forma de latencia al mismo tiempo. El tratamiento previo para romper solamente uno de los tipos de latencia será muy poco eficaz a menos que se le aplique un segundo tratamiento previo para eliminar el otro tipo de latencia (12).

A veces la latencia física de la cubierta esta combinada con una latencia fisiológica del embrión. En este caso debe tratarse en primer lugar la cubierta, por ejemplo por escarificación, posteriormente puede aplicarse enfriamiento en húmedo para romper la latencia del embrión. (14)

#### **4.1.11 Factores y restricciones existentes a la aplicación de tratamientos pregerminativos.**

Antes de seleccionar un tratamiento pregerminativo para las semillas, es importante conocer, hasta donde existen problemas de latencia en las especies de interés. Con base al tipo de latencia identificada, se selecciona el tratamiento más adecuado para solucionar el problema existente. Se consideran como restricciones para el uso de los tratamientos, la existencia de los insumos para la aplicación de los mismos, entre los cuales se pueden mencionar ácidos para ablandar la estructura externa de las semillas y promotores de la germinación como por ejemplo giberelina, citoquininas, etileno con el fin de solucionar los problemas de latencia exógena; como otra restricción se puede considerar la disponibilidad del instrumental necesario para evaluar la semilla a utilizar (12).

En términos generales, es factor condicionante para la aplicación de los tratamientos la disponibilidad, el conocimiento fisiológico de la especie a tratar así como la disponibilidad financiera para la adquisición de los insumos a utilizar por el viverista en la aplicación de los tratamientos pregerminativos (12).

#### **4.1.12 Velocidad de germinación**

Según Ford y Robertson (6), la velocidad de germinación es el porcentaje en número, de semillas de una muestra determinada que germina dentro de un período determinado (que se denomina el período de energía), por ejemplo en 7-14 días, en óptimas o determinadas condiciones. También la definen como el porcentaje en número de semillas de una muestra determinada que germinan hasta llegar al momento de germinación máxima, que generalmente significa el número máximo de germinaciones en 24 horas. En relación a lo anterior, la velocidad de germinación es una medida del vigor de la semilla y del germen que produce.

Según Aldhous (1), el interés por la velocidad de germinación se basa en la teoría de que probablemente sólo las semillas que germinen con rapidez y vigor en las condiciones favorables del laboratorio serán capaces de producir plántulas vigorosas en las condiciones que existen sobre el terreno, donde una germinación débil o retrasada provocará consecuencias negativas.

#### **4.1.13 Valor de germinación**

El concepto de valor de germinación, tal como lo define Czabator (4), tiene por finalidad combinar en una sola cifra una expresión de la germinación total al término del período de ensayo y una expresión de la energía germinativa. La germinación total se expresa en forma de germinación diaria media, la que se calcula como el porcentaje acumulado de semillas germinadas al final del ensayo dividido por el número de días que transcurren desde la siembra hasta el término del ensayo.

## **4.2 Marco Referencial**

### **4.2.1 Bosques naturales en Guatemala**

Por la posición que ocupa Guatemala entre dos masas de tierra continental separadas, además de ser una estrecha franja entre dos regiones oceánicas así como a la formación de diversas cadenas montañosas que determinan numerosos microclimas aislados, permite el desarrollo de una gran diversidad de especies forestales (latifoliadas y coníferas). Por otro lado, Guatemala ha sido considerado como un país que posee una gran riqueza vegetal dentro de su pequeña extensión territorial (3).

La flora de Guatemala muestra dentro de si la presencia de especies propias de otras regiones del continente americano. De esta manera hay aportes de Norte América, América del Sur y Las Antillas. Con base a lo anterior, las especies propias de Norte América se ubican por encima del nivel del mar, tal es el caso del altiplano occidental, central y oriental. Las especies de origen antillano son mas frecuentes en aquellas regiones de Guatemala que conforman la Península de Yucatán, como la zona Norte de Quiché, Alta Verapáz, Izabal y Petén, mientras que las especies de origen sudamericano se localizan en aquellas regiones cálidas secas del país. (3)

Específicamente en materia de especies forestales, existen tres tipos de bosques en Guatemala, los cuales están definidos por los diferentes ecosistemas y zonas de vida (catorce en total), los cuales son:

#### **4.2.1.1 Bosques de coníferas**

Este bosque está conformado por las especies del género *Pinus*, *Cupressus* y *Abies*. Se localizan principalmente en Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Quiché, Chimaltenango, Guatemala, Alta y Baja Verapaz, Zacapa, Jalapa, Chiquimula y algunas áreas en Izabal y Petén. (5)

#### **4.2.1.2 Bosques mixtos**

Se encuentran en áreas de transición entre bosques de coníferas del género *Pinus* y latifoliadas de los géneros *Alnus* y *Quercus*. Con frecuencia se encuentra este tipo de bosque en áreas de coníferas que han sido sometidas intensamente a aprovechamientos, incendios forestales y pastoreo. Se localizan en los mismos departamentos que el bosque de coníferas (5).

#### **4.2.1.3 Bosque de latifoliadas**

Este bosque generalmente está compuesto por diversas especies de árboles de hoja ancha. Se localizan en la zona Norte del país, en los departamentos de Petén, Izabal, Alta Verapaz, Norte de Huehuetenango, Quiché y Baja Verapaz, así como en el Litoral Pacífico (manglares) y Costa Sur (5).

## 4.2.2 Descripción de las especies a estudiar

### 4.2.2.1 Pithecolobium saman Jacq (Cenlcerro)

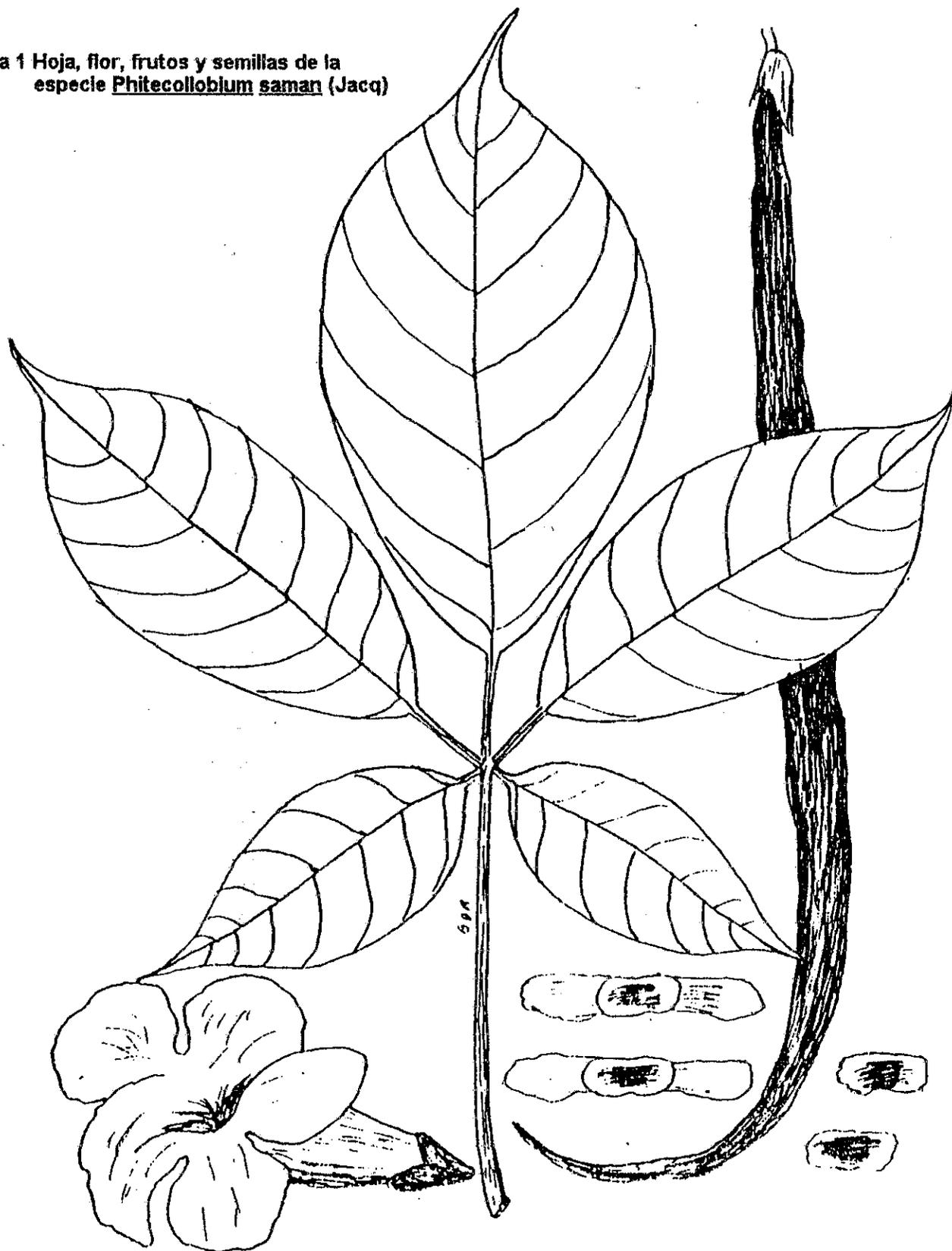
Pertenece a la familia Leguminosae y se desarrolla principalmente en sitios con una precipitación pluvial anual de 2755 mm en promedio y con temperaturas medias anuales que van desde los 21 a 33°C. Esta especie se puede localizar en condiciones topográficas que van desde una llanura (a 550 msnm) hasta terrenos con relieve accidentado (hasta 1,200 msnm). Se distribuye desde Petén, Izabal, Jutiapa, Santa Rosa, Escuintla, Suchitepequez, Península de Yucatán (México), hasta Brasil (2).

Es un árbol que mide aproximadamente 30 metros de altura, con una copa amplia, densamente extendida, con un tronco corto y delgado, corteza pálida, ramificaciones densamente apiladas en cono, follaje largo, sujetas de 2-6 pares, con flores blancas o rosadas, pedicelios de 2-5 centímetros de largo, estambres de 2-4 centímetros de largo, vainas comprimidas, rectas, de 10 a 12 centímetros de largo por 1-2 centímetros de ancho, agudas en la base, semillas de 5-8 centímetros de largo (2).

Es conocido en El Salvador como "Carreto" y "Zorra" en Yucatán. Su nombre mas usual es Arbol de Lluvia, es ampliamente conocido en América Central. Sus hojas y vainas sirven de alimento para el ganado, por eso, estos árboles se utilizan en los potreros para sombra (9).

En árboles jóvenes, la madera es liviana y suave, fácil de cortar y de color café, y en árboles viejos, la madera es dura, pesada, fibrosa, muy difícil de trabajar y de un color café chocolate. Su madera es utilizada, generalmente para la fabricación de muebles, puertas, tableros y ruedas para carretas, las cuales poseen una alta durabilidad y resistencia.(2)

Figura 1 Hoja, flor, frutos y semillas de la especie Phitecolobium saman (Jacq)



#### **4.2.2.2 Delonix regia Bojer (Flamboyan)**

Pertenece a la familia Caesalpinaceae. Este es un árbol que se distribuye en toda la Costa Pacífica de Centroamérica, presenta una floración roja encendida, espectacular y probablemente una de las mejores del mundo, de donde el atributo de regia (reina), este árbol es originario de Madagascar. (9)

Esta especie se desarrolla en aquellos sitios con un régimen de lluvias de mayor duración especialmente con precipitaciones pluviales anuales de 2136 a 4327 mm en promedio. La temperatura adecuada para su crecimiento y desarrollo esta entre los 22 y 24°C. En relación al relieve del terreno, esta especie se encuentra en áreas de relieve planos a accidentados pudiéndose encontrar también en aquellas elevaciones que van desde los 80 a 1600 msnm (9).

Es un árbol inerme, deciduo, con cáscara oscura y copa aplastada en forma de paraguas. Florece entre abril y mayo, antes de las lluvias, al mismo tiempo o poco antes de que empieza a brotar las hojas (9).

Como planta ornamental es bien apreciada, sin embargo no es una planta productora de sombra, debido a que en el verano se despoja de sus hojas, siendo reconocida únicamente por sus vainas negras, que también son utilizadas como leña. La madera es blanca-amarillenta y como leña es superior al del género Cassia. (9)

La hoja es grande, mide aproximadamente de 25 a 50 centímetros, es parinipada bicompuesta sin estipulas, con menudas hojuelas oblongas de 6 a 8 por 2 a 3 milímetros; posee hasta 20 pares de pinas con un límite de 40 pares de hojuelas a la vez. Las flores se reúnen en racimos axilares, soportados por un raquis robusto que lleva unas 10 flores con pedicelo de 40 mm., zigomorfas, vistosas y grandes (9).

Todo el perianto le da una apariencia de hermosura, posee un cáliz de 5 pétalos unguiculados (4 inferiores obdeltoides, largos de 40 a 50 mm., rojos y uno superior blanco con manchas púrpura), además su flor posee 10 estambres erguidos con filamento rojo y antera amarilla, carpelo verdoso, típico de la familia; termina en un estilo delgado (9).

El fruto es una vaina leñosa, negro-violácea, grande (30-50 cms), ancha (4-5 cms) y aplastada (8 mm de espesor), recta o casi recta, plana o ligeramente sinuosa (9).

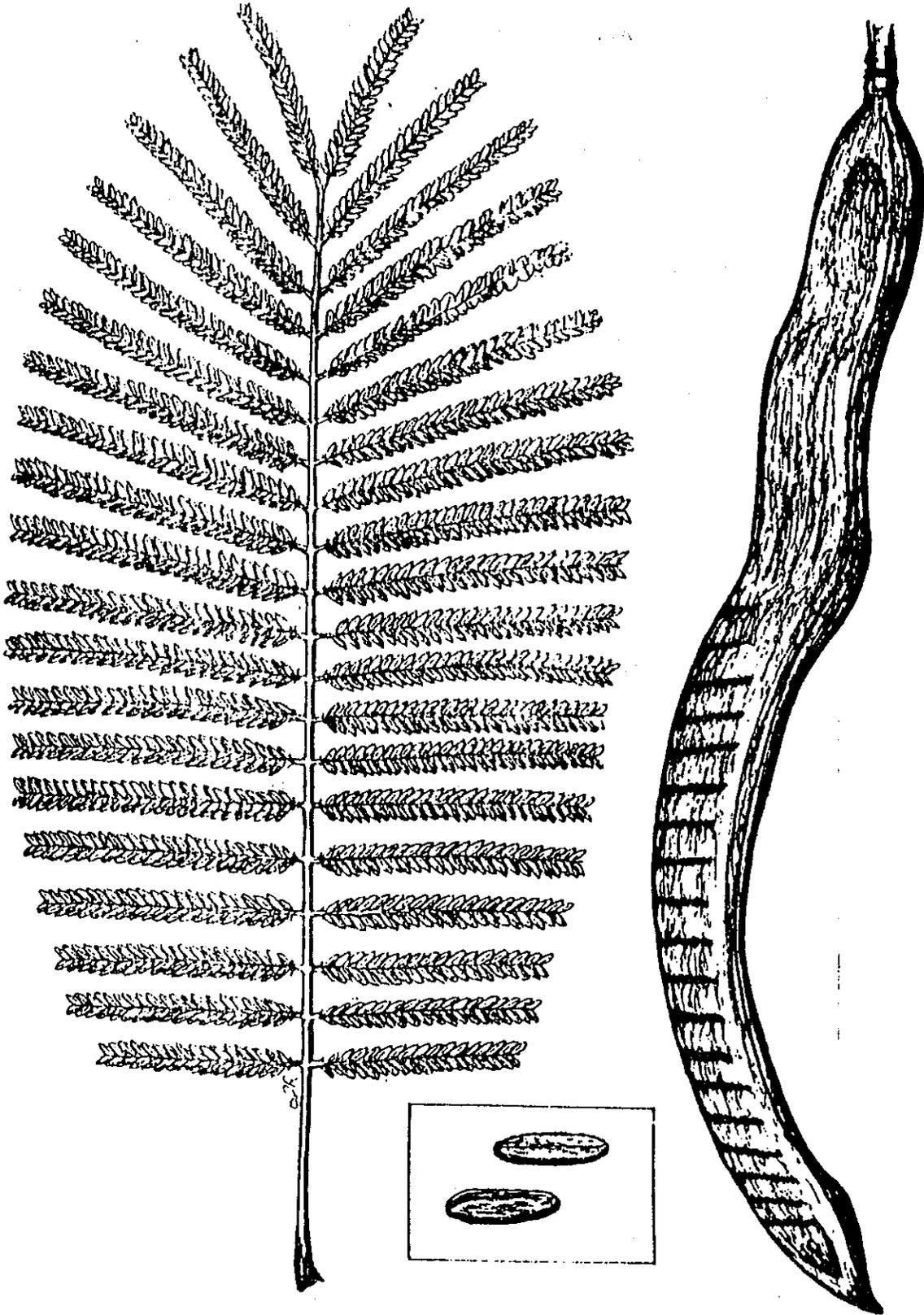
Las semillas son largas y estrechas (20 x 5 mm), oscuras variegadas a tintas claras, están separadas en celdas regulares y estrechas (9).

Esta es una especie de rápido crecimiento y básicamente posee usos ornamentales, para aprovechamiento en la pequeña industria comunal de muebles ya que su madera es ligeramente suave y fácil de trabajar y además es una especie proveedora de leña. Además puede ser utilizado en producciones ganaderas extensivas debido a que su follaje puede ser aprovechado para ramoneo del ganado. (9)

#### **4.2.2.3 Cassia jumbosa Britton (Casia)**

Pertenece a la familia Leguminoceae. Arbol grande de hasta 30 metros de alto o más; la copa redondeada o esparcida, el tronco puede alcanzar hasta un metro de ancho, la corteza de color café oscuro a grisacea. Este árbol posee frutos en forma de legumbres largas y rojizas que miden mas de 50 centímetros de diámetro. Posee un fruto indehiciente, septado, semillas transversales comprimidas; fácilmente distinguibles por su color oscuro cuando el árbol florece. (2)

Figura 2 Hojas, fruto y semillas de la especie Delonix regia (Bojer)



Esta especie crece en aquellas zonas que poseen temperaturas entre 17-30°C., con precipitaciones pluviales promedio anual de 3,500 mm y en terrenos de relieve que van desde ondulado a quebrado, con elevaciones desde los 600 a 1700 metros sobre el nivel del mar (2).

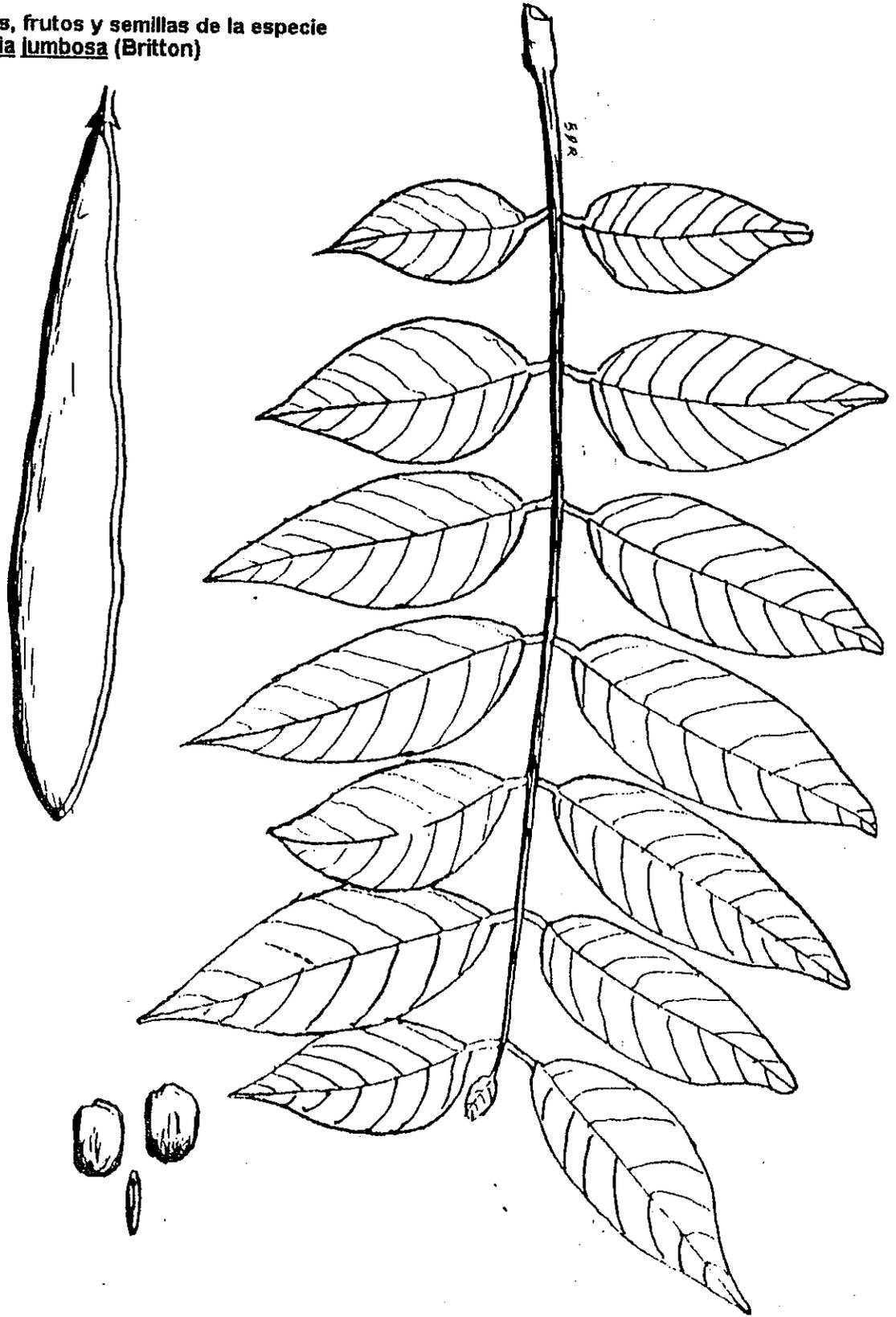
Posee flores rosadas es sustentada por un pedicelo de 20 a 30 mm, es asimétrica, derivada de una flor zigomorfa torcida. Un pétalo mayor fuertemente falcado (dextroso o sinstrorso), envuelve en un abrazo los órganos reproductores; lo rodean los demás pétalos, mas regulares, de varios tamaños. Los estambres, con filamentos muy reducidos, tienen anteras amarillo-café y son casi regulares. (2)

Las hojas son alternas, agrupada a menudo al final de la rama, paripinadas con pocas hojuelas (1-5 pares, generalmente 2-3), de ovadas a abobadas, con ápice redondo o algo retuso, haz verde oscuro, brillante, envés pubescente con nervio principal amarillento bien marcado; raquis de 8 mm, foliolos de 50-70 x 30-40 mm, siendo mayores los apicales; dos pelos estipulares de 3 mm (2).

El fruto es una vaina casi recta, larga (25-30 cms), angosta (1 cm), aplastada (2-3 mm de grosor) comprimida en la parte central y reforzada en los bordes. (9)

Cassia jumbosa es una especie utilizada especialmente para el aprovechamiento de leña para combustión, ya que su madera es demasiada suave y quebradiza imposibilitando así su uso desde el punto de vista industrial (9).

Figura 3 Hojas, frutos y semillas de la especie Cassia lumbosa (Britton)



## V. OBJETIVOS

### 5.1 General

- Evaluar la respuesta de la semilla de tres especies forestales (Pithecollobium saman Jacq, Cassia jumbosa Britton y Delonix regia Bojer) a diferentes tratamientos pregerminativos.

### 5.2 Específicos

- Evaluar la respuesta de la germinación de semillas de tres especies forestales (Pithecollobium saman Jacq, Cassia jumbosa Britton y Delonix regia Bojer) a tratamientos pregerminativos físicos y químicos.
- Determinar el tratamiento más adecuado para cada una de la especies a estudiar.

## VI. HIPOTESIS

- Entre los tratamientos pregerminativos a evaluar en las especies Pithecollobium saman Jacq, Cassia jumbosa Britton y Delonix regia Bojer; existe para cada especie, por lo menos uno que incrementa significativamente el porcentaje de germinación.

## VII. METODOLOGIA

### 7.1 Ubicación del área experimental

La investigación se realizó en el laboratorio del Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR) del anterior servicio forestal estatal (Dirección General de Bosques y Vida Silvestre -DIGEBOS-) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).

## **7.2 Selección de las especies**

Las especies a estudiar, se seleccionaron con base a su bajo porcentaje de germinación así como los usos alternativos que cada una de estas poseen, siendo principalmente, el aprovechamiento para madera y leña.

Las especies seleccionadas fueron las siguientes: Pithecollobium saman, Cassia jumbosa, Delonix regia.

## **7.3 Descripción de la Metodología y Materiales utilizados en la Investigación.**

Con la finalidad de evaluar y estudiar el efecto de los tratamientos pregerminativos aplicados, se montó un experimento completamente aleatorio, el cual se localizó en el Banco de Semillas Forestales de la ex-Dirección General de Bosques y Vida Silvestre. Dicho experimento proporcionó la información básica de análisis, la que fue recopilada, tabulada y procesada, bajo el modelo de un experimento completamente aleatorio. A continuación se describe los procesos metodológicos seguidos en esta investigación.

### **7.3.1 Selección y procedencia de la semilla.**

La semilla utilizada en las diferentes unidades experimentales fue proporcionada por el BANSEFOR, siendo recolectada beneficiada y seleccionada por el personal técnico de esta institución. A continuación se presenta la procedencia de las semillas utilizadas en la investigación:

**Cuadro 1 Procedencia de la semilla utilizada en la investigación.**

ESPECIE	PROCEDENCIA Y FECHA DE RECOLECCION	CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS DEL LUGAR DE PROCEDENCIA
<u>Cassia jumbosa</u>	Lote 95-26 (Samayac, Suchitepéquez). Arboles dispersos. Recolección: marzo/1995	Temperatura máxima 31°C. Temperatura mínima 17°C. Precipitación pluvial promedio anual 3,527 mm. Humedad Relativa 80%.
<u>Phitecolobium saman</u>	Lote 95-25 (Obero y Masagua, Escuintla). Arboles dispersos. Recolección: mayo/1995.	Temperatura máxima 33°C. Temperatura mínima 21°C. Precipitación pluvial promedio anual 2,755 mm. Humedad Relativa 75%
<u>Delonix regia</u>	Lote 95-81 (Masagua, Escuintla). Arboles dispersos. Recolectión: marzo/1995.	Temperatura máxima 34°C. Temperatura mínima 22°C. Precipitación pluvial promedio anual 2,800 mm. Humedad Relativa 75%

### 7.3.2 Tratamiento de la semilla previo a la siembra.

Previo al montaje del experimento, fue necesario aplicar un tratamiento de desinfección a la semilla con el fin de evitar la contaminación por hongos, por lo que se utilizó una solución de un fungicida (Banrot), por un período de 24 horas. Posteriormente, fueron expuestas durante 30 minutos a la radiación solar.

### 7.3.3 Selección y tratamiento del sustrato.

Como sustrato se utilizó arena blanca de río, la cual fue tratada con PCNB 24 horas antes de montar el experimento, además, se sometió a una temperatura de 250 grados centígrados durante 2 horas. Este sustrato se utilizó por recomendaciones del personal técnico del BANSEFOR, puesto que es éste el que más se usa en los experimentos de enraizamiento.

Figura 4. Procedencia y lugar de recolección de semillas de la especie *Cassia jumbosa* (Britton), Samayac. Departamento de Suchitepequez, Guatemala.

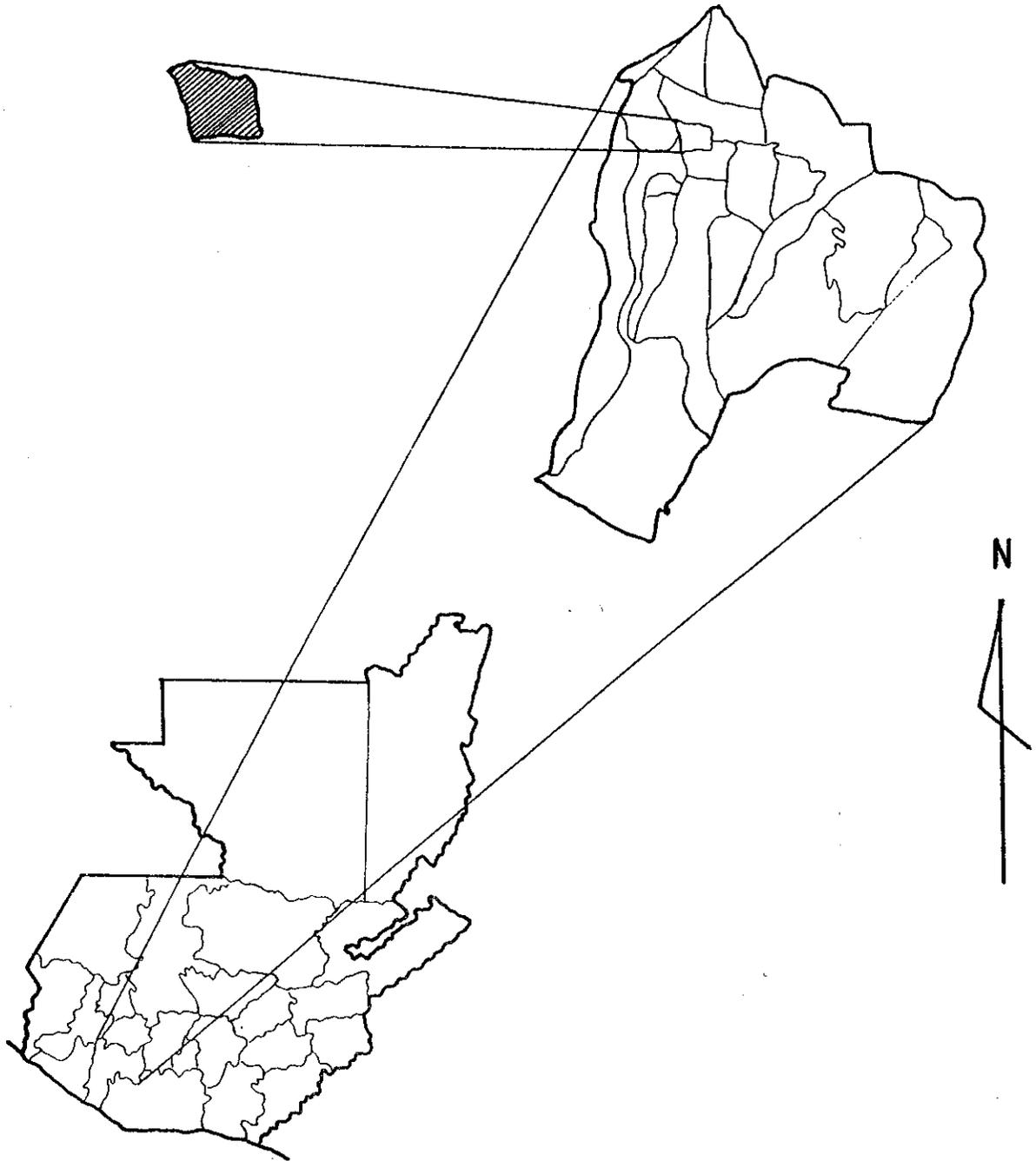
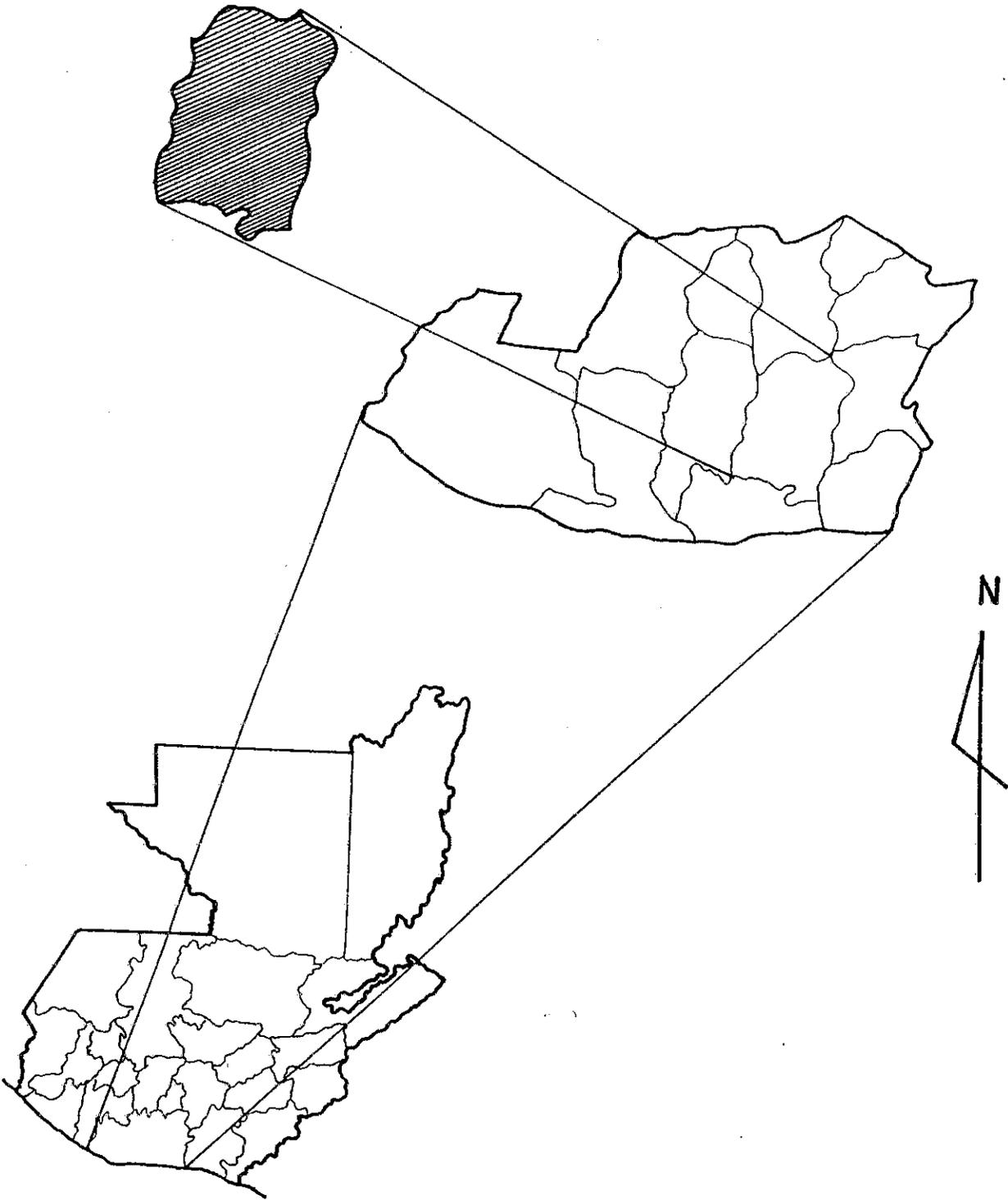


Figura 5 Procedencia y lugar de recolección de semillas de las especies *Phytocloblebium saman* (Jacq) y *Delonix regia*, Masagua, Departamento de Escuintla, Guatemala.



#### **7.3.4 Siembra.**

El número de semillas utilizadas en el ensayo fue de 100 por cada una de las unidades experimentales, entendiéndose como unidad experimental a una caja de germinación de plástico y con medidas de 30 centímetros de largo, 15 centímetros de ancho y 9 centímetros de profundidad. Es importante mencionar que la siembra se realizó en forma manual, las semillas fueron depositadas en el substrato, previo desinfección de manos con el fin de evitar la contaminación por contacto.

#### **7.3.5 Obtención y tabulación de datos.**

Respecto a la toma de datos, es preciso indicar que se empezaron a hacer observaciones un día después de la siembra, en donde para efectos de análisis se consideró como día sin germinación al que no presento semillas con indicios de desarrollo vegetativo. Semilla germinada fue aquella que presentó indicios de emergencia y un desarrollo vegetativo visible.

A partir del primer día de observación, se fue consignando la información del número de semillas germinadas, por especie y por tratamiento en un cuadro (ver apéndice 1). El ordenamiento de datos fue necesario para el cálculo del porcentaje y valor de germinación así como para realizar el análisis estadístico y determinar la respuesta de las especies a los diferentes tratamientos pregerminativos aplicados.

Para la determinación del valor germinativo de los tratamientos y especies, se utilizó la metodología de Djavanshir y Pourbeik, la cual consistió en determinar a partir del primer día de

la germinación, la velocidad diaria y acumulada de germinación así como el valor de germinación (ver apéndice 2).

### **7.3.6 Análisis de datos.**

Posterior al ordenamiento y tabulación de datos, se procedió a realizar el análisis de varianza a los porcentajes de germinación y al valor germinativo obtenidos en el experimento. Es importante mencionar los datos de porcentajes de germinación obtenidos de los conteos diarios, fueron transformados previo al análisis de varianza, debido a que estos valores son relativos expresados en porcentajes o proporciones de la muestra total, lo cual evidencia una distribución binomial y no normal. El método utilizado para la conversión de los porcentajes de germinación fue el del arcoseno a través de la fórmula que adelante se presenta y detalla.

Para el caso del valor germinativo, se ordenaron cada uno de los datos obtenidos de las lecturas diarias por repetición y tratamiento. Con estos datos se aplicó el método de Djavanshir y Pourbeik, obteniéndose el valor germinativo para cada repetición y tratamiento aplicado. El análisis de varianza evidenció una alta diferencia significativa entre los tratamientos utilizados en el experimento, por lo que fue necesario realizar una prueba de medias, método de Tukey, utilizando el Programa SAS.

## **7.4 Diseño experimental**

En la realización de la etapa experimental, se utilizó un diseño Completamente al Azar, con 11 tratamientos (incluyendo el testigo) y 4 repeticiones para cada especie a evaluar, montando un diseño experimental para cada una de las especies objeto de estudio. En

consecuencia, el número de unidades experimentales para cada diseño fue de 44, consistiendo cada unidad experimental en una caja de germinación, cuyas características ya fueron descritas anteriormente.

## 7.5 Modelo estadístico

El modelo estadístico para el diseño experimental es el siguiente:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

de donde:

$i = 1, 2, 3, \dots, t$  tratamientos

$t = 1, 2, 3, \dots, r$  repeticiones

$U =$  efecto de la media general del experimento

$T_i =$  efecto de  $i$ -ésimo tratamiento

$E_{ij} =$  error experimental en la  $ij$ -ésima unidad experimental.

## 7.6 Variables respuesta

Las variables evaluadas en estudio fueron, el porcentaje de germinación (%G) y el valor germinativo (VG).

## 7.7 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos utilizados en el experimento se seleccionaron con base a la manifestación de una fuerte latencia mecánica en estas tres especies. Se consideró que

dichos tratamientos, deberían ablandar o destruir parcialmente el exocarpo, por lo que fue necesaria la utilización de ácidos, agua caliente y rompimiento manual de la cubierta.

En tal sentido, los tratamientos aplicados a cada una de las especies, fueron los que se presentan en los cuadros 2, 3 y 4.

**Cuadro 2 Tratamientos pregerminativos aplicados a la especie Phitecollobium saman (Jacq)**

Tratamientos	Descripción
T1	Testigo
T2	Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico al 75% durante 10 minutos.
T3	Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 10 minutos.
T4	Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 30 minutos.
T5	Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 30 minutos.
T6	Inmersión de la semilla en una solución de 100 ppm de gibberelina durante 30 minutos.
T7	Inmersión de la semilla en una solución de 100 ppm de gibberelina durante 1 hora.
T8	Inmersión de la semilla en una solución de 200 ppm de gibberelina durante 30 minutos.
T9	Inmersión de la semilla en una solución de 200 ppm de gibberelina durante 1 hora.
T10	Inmersión de la semilla en agua a temperatura ambiente durante 12 horas.
T11	Inmersión de la semilla en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.

**Cuadro 3 Tratamientos pregerminativos aplicados a la especie Cassia lumbosa (Britton)**

Tratamientos	Descripción
T1	Testigo
T2	Inmersión de la semilla en agua hasta alcanzar una temperatura de 100°C. y dejando la semilla 1 minuto después de alcanzado el punto de ebullición.
T3	Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos.
T4	Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 10 minutos.
T5	Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 30 minutos.
T6	Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 5 minutos.
T7	Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 10 minutos.
T8	Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 100 ppm de gibberelina durante 30 minutos.
T9	Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 100 ppm de gibberelina durante 1 hora.
T10	Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 200 ppm. de gibberelina durante 30 minutos.
T11	Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 200 ppm. de gibberelina durante 1 hora.

**Cuadro 4 Tratamientos pregerminativos aplicados a la especie Delonix regia (Bojer)**

Tratamientos	Descripción
T1	Corte de la semilla con tijeras.
T2	Corte de la semilla, luego inmersión en una solución de 100 ppm de gibberelina durante 1 hora.
T3	Corte de la semilla, luego inmersión en una solución de 200 ppm de gibberelina durante 1 hora.
T4	Corte de la semilla, luego inmersión en una solución de 100 ppm de gibberelina durante 30 minutos.
T5	Corte de la semilla, luego inmersión en una solución de 200 ppm de gibberelina durante 30 minutos.
T6	Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 100% durante 1 hora.
T7	Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 100% durante 30 minutos.
T8	Corte de la semilla, luego inmersión en agua a temperatura ambiente durante 12 horas.
T9	Inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos dejándola en inmersión durante 24 horas.
T10	Corte de la semilla, luego inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.
T11	Testigo.

## **7.8 Manejo del experimento**

El experimento se realizó en el laboratorio del Banco de Semillas Forestales BANSEFOR, de la ex-Dirección General de Bosques y Vida Silvestre DIGEBOS/MAGA. Para tal efecto, se utilizaron cajas de plástico, con medidas de 30 centímetros de largo, 15 centímetros de ancho por 9 centímetros de profundidad y como sustrato se utilizó arena blanca, cernida, lavada y desinfectada previamente con PCNB y calor a una temperatura de 250 grados centígrados durante 2 horas.

Es importante mencionar que para cada especie se diseñó un experimento, con la finalidad de evaluar con mayor precisión la interacción entre tratamientos en la misma especie y determinar así el tratamiento más adecuado a esta. Previo a la siembra se procedió a desinfectar la semilla con el fin de evitar el ataque de hongos, utilizando para ello un fungicida de acción residual (Banrot). Además de la desinfección del sustrato y de la semilla, también se desinfectaron las cajas de germinación, utilizando una solución de alcohol.

Para la preparación de los tratamientos de ácido giberélico, se requirió de una balanza analítica y un beakers de 300 mililitros por medio de los cuales se prepararon las soluciones de 100 y 200 ppm. Así mismo, se prepararon las soluciones de ácido sulfúrico (75% y 95%) utilizando para ello una probeta de 100 mililitros y agua destilada.

Posteriormente se realizó la aplicación a las semillas de las tres especies los tratamientos de agua y de corte, estos se hicieron 24 y 12 horas antes de la siembra, la que se realizó durante un mismo día. Además de la aplicación de los tratamientos a las semillas, fue necesario la aplicación de riego debido a que estas evidenciaron una alta absorción de agua.

## 7.9 Toma de datos y evaluación

Los datos de germinación se empezaron a registrar un día después de la siembra. Se consideró como una semilla germinada a la que presentó la emergencia del epicotilo, llevando el conteo y registros diariamente de la germinación. Estos conteos diarios permitieron la evaluación estadística tanto del porcentaje de germinación así como del valor germinativo.

## 7.10 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con base a los datos de germinación diaria obtenida en los tres ensayos de las especies objeto de estudio. Para determinar y evaluar la variable respuesta de porcentaje de germinación se obtuvo el porcentaje de germinación diario por cada una de las repeticiones y tratamientos; estos porcentajes de germinación se transformaron mediante el método de transformación de arcoseno, el cual está dado por la ecuación:

$$x^1 = \text{sen}^{-1} x$$

Donde:

$x$  = valor de los datos originales (porcentaje de germinación diarios)

$1$  = valor constante

Transformados los datos de porcentaje de germinación para cada una de las repeticiones y tratamientos de las especies, se realizó el análisis de varianza mediante el paquete de SAS, el cual indicó diferencias significativas, requiriendo en tal caso de una prueba de medias, por lo que se efectuó la Prueba de Medias de Tukey al 1% de significancia, el que también fue realizado mediante el Paquete SAS.

Para la determinación y evaluación de la variable respuesta valor germinativo, se utilizaron los valores de porcentajes de germinación diarios sin transformar, los cuales mediante la metodología de Djavanshir y Pourbeik (ver apéndice 2), permitió determinar el valor germinativo del tratamiento en general así como los valores germinativos por cada una de las repeticiones de los tratamientos. De estos valores germinativos obtenidos de las repeticiones de cada uno de los tratamientos y para cada especie, se seleccionaron los mas altos, con el fin de realizar el análisis de varianza, el cual se efectuó mediante el paquete SAS, dando como resultado diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, por lo que fue necesario realizar una prueba de medias de Tukey al 1% de significancia.

## VIII. RESULTADOS

### 8.1 Phitecolloblum saman (Cenlcero)

De acuerdo a las lecturas diarias de germinación, se tuvo que el tratamiento con ácido sulfúrico al 95% durante 30 minutos (tratamiento 5), dio como resultado un promedio del 55% de germinación. Así mismo, se observó un incremento promedio del 51% de germinación mediante la aplicación de ácido sulfúrico al 95% durante 10 minutos (tratamiento 3), 31% de germinación con la aplicación de ácido sulfúrico 75% durante 30 minutos (tratamiento 4) y 26% de germinación con la aplicación de ácido sulfúrico al 75% durante 10 minutos (tratamiento 2). En el apéndice 3 se presentan los porcentajes de germinación diarios promedio obtenidos en cada uno de lo tratamientos. En la figura 6 se representan los porcentajes de germinación acumulados, los cuales también se obtienen del porcentaje diario de germinación.

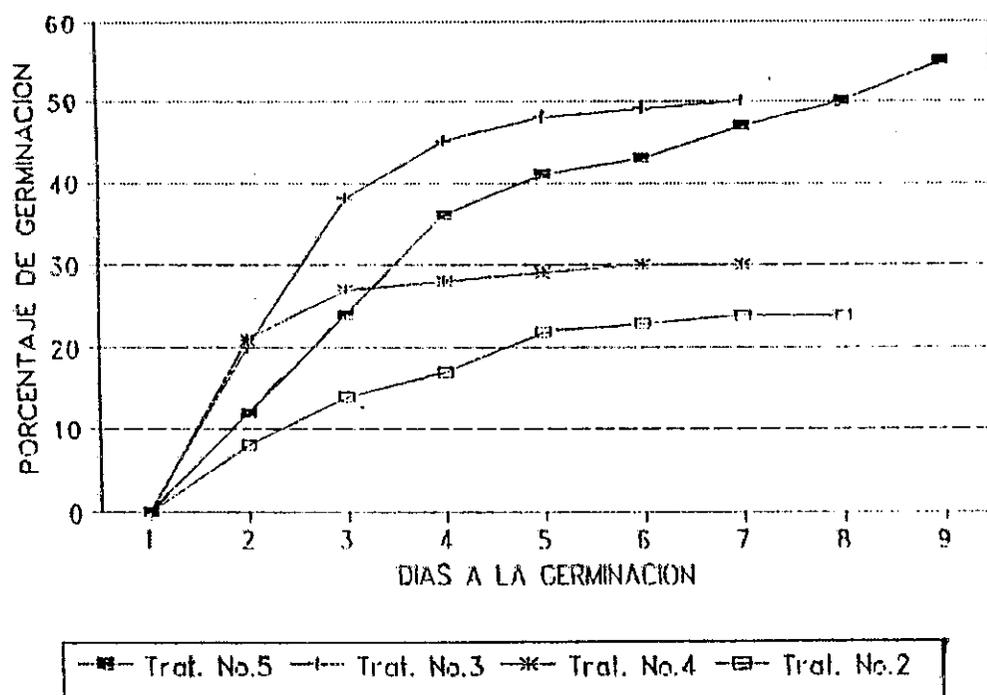


Figura 6 Comportamiento gráfico del porcentaje de germinación en la especie Phitecollobium saman (Jacq)

Tratamiento 5: Acido sulfúrico 95% durante 30 minutos.  
 Tratamiento 3: Acido sulfúrico 95% durante 10 minutos.  
 Tratamiento 4: Acido sulfúrico 75% durante 30 minutos.  
 Tratamiento 2: Acido sulfúrico 75% durante 10 minutos.

Es importante indicar que estos resultados también denotan un incremento significativo en el porcentaje de germinación con la aplicación de los tratamientos indicados anteriormente, observándose que la velocidad de germinación expresa su valor máximo en el octavo y noveno día. El análisis de varianza para el porcentaje de germinación, evidenció diferencias significativas (ver apéndice 4, cuadro 45 A) y de acuerdo a la prueba de Tukey el que mejor resultado dio, fue el tratamiento de la semilla con una solución de ácido sulfúrico al 95% durante 30 minutos. Este tratamiento obtuvo una media del 53% aproximadamente; en orden descendente los siguientes tres tratamientos que mostraron un incremento significativo en la media del porcentaje de germinación, fueron: inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico al 95% durante 10 minutos (50% de germinación), inmersión de la semilla en una

solución de ácido sulfúrico al 75% durante 30 minutos (37% de germinación) e inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico al 75% durante 10 minutos (33% de germinación); en tanto que los tratamientos con el menor porcentaje de germinación fueron los de inmersión de la semilla en agua durante 12 y 24 horas y el testigo con 14% de germinación.

A continuación el cuadro 5 presenta las medias jerarquizadas de acuerdo a sus valores de porcentaje de germinación obtenidos en la aplicación de cada uno de los tratamientos pregerminativos.

**Cuadro 5 Porcentajes de germinación obtenidos en la aplicación de tratamientos pregerminativos a semillas de la especie Phitecollobium saman (Jacq)**

Tratamientos	% de germinación promedio obtenido durante 15 días
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 30 minutos.(T5)	53 A
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 10 minutos.(T3)	50 A B
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 30 minutos.(T4)	37 B C
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico al 75% durante 10 minutos.(T2)	33 C
Inmersión de la semilla en una solución de 200 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T8)	16 D
Testigo.(T1)	14 D
Inmersión de la semilla en una solución de 200 ppm de giberelina durante 1 hora.(T9)	10 D
Inmersión de la semilla en una solución de 100 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T6)	10 D
Inmersión de la semilla en una solución de 100 ppm de giberelina durante 1 hora.(T7)	9 D
Inmersión de la semilla en agua a temperatura ambiente durante 12 horas.(T10)	6 D
Inmersión de la semilla en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.(T11)	6 D

Con base a estos resultados, se evidencia un incremento significativo en relación al porcentaje de germinación que esta especie posee en condiciones naturales, puesto que según registros del BANSEFOR este puede variar dentro del rango del 18 y 22%.

Por otro lado, se pudo establecer la efectividad de los tratamientos en el rompimiento de la latencia mediante el valor germinativo. El análisis de varianza indico diferencia significativa entre los tratamientos (ver apéndice 4, cuadro 46 A), por lo que la prueba de medias de Tukey registro como mejor tratamiento a la aplicación de ácido sulfúrico al 95% durante 30 minutos (tratamiento 5), con un valor germinativo de 62 y como segundo mejor tratamiento fue la aplicación de ácido sulfúrico al 95% durante 10 minutos con un valor de 47. En el cuadro 6 se presentan las medias jerarquizadas mediante la prueba de Tukey.

**Cuadro 6 Valor germinativo obtenido en la aplicación de tratamientos pregerminativos a semillas de la especie *Phitecollobium saman* (Jacq)**

Tratamientos	Valor Germinativo
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 30 minutos.(T5)	62 A
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 10 minutos.(T3)	47 A
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 30 minutos.(T4)	23 B
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico al 75% durante 10 minutos.(T2)	16 B C
Inmersión de la semilla en una solución de 200 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T8)	0.350 C
Testigo.(T1)	0.251 C
Inmersión de la semilla en una solución de 200 ppm de giberelina durante 1 hora.(T9)	0.067 C
Inmersión de la semilla en una solución de 100 ppm de giberelina durante 1 hora.(T7)	0.060 C
Inmersión de la semilla en una solución de 100 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T6)	0.042 C
Inmersión de la semilla en agua a temperatura ambiente durante 12 horas.(T10)	0.008 C
Inmersión de la semilla en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.(T11)	0.007 C

Así mismo, la figura 7 presenta en forma gráfica la tendencia del valor germinativo de los cuatro tratamientos con mejores resultados, puesto que los siete restantes dieron un resultado menor a la unidad (ver apéndice 5, cuadro 47 A). Es preciso indicar que tanto las semillas así como el tratamiento con ácido sulfúrico al 95% durante 30 minutos evidenciaron su capacidad de germinación y efectividad respectivamente durante los primeros siete días, puesto que se logró un incremento considerable en la velocidad de germinación en esta especie.

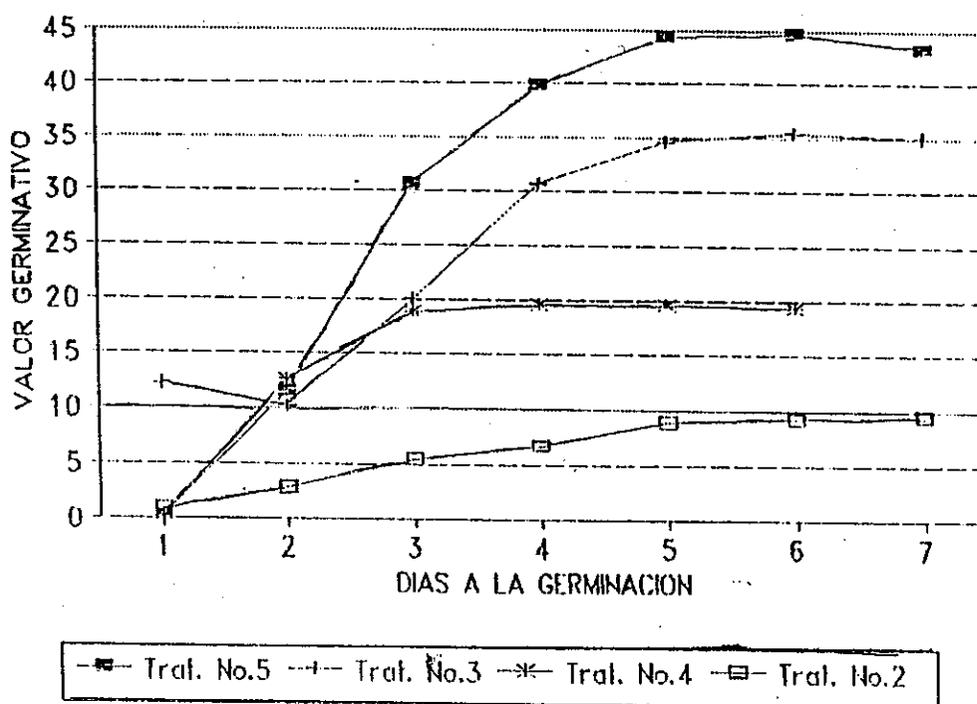


Figura 7 Comportamiento gráfico del valor germinativo en la especie *Phitecollobium saman* (Jacq)

Tratamiento 5: Acido sulfúrico 95% durante 30 minutos.  
 Tratamiento 3: Acido sulfúrico 95% durante 10 minutos.  
 Tratamiento 4: Acido sulfúrico 75% durante 30 minutos.  
 Tratamiento 2: Acido sulfúrico 75% durante 10 minutos.

No obstante lo anterior, en esta especie se pudo incrementar el porcentaje de germinación solamente con la aplicación de ácido sulfúrico, ya que los tratamientos con giberelina y agua, no influyeron en el incremento del porcentaje de germinación.

## **8.2 Cassia lumbosa (Casla)**

A esta especie también se le aplicó once tratamientos pregerminativos. Los conteos diarios demostraron que el ácido sulfúrico al 95% durante 10 minutos (tratamiento 7) indujo el porcentaje de germinación hasta un 61%, así mismo la inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos e inmersión en una solución de giberelina 200 ppm durante 1 hora (tratamiento 11) provocó que el 31% de las semillas germinaran.

Por otro lado, la inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos y en una solución de giberelina 100 ppm durante 30 minutos (tratamiento 8) dio como resultado un 30% de germinación, en tanto que en la aplicación de calor a la semilla mediante la inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos (tratamiento 3) hizo que la germinación se incrementara en un 27%. En el apéndice 6, se evidencian los porcentajes de germinación diarios obtenidos en cada uno de los tratamientos aplicados.

Así mismo, en la figura 8 se presenta el porcentaje de germinación acumulada en cada uno de los tratamientos, evidenciando su máxima velocidad y porcentaje de germinación durante los primeros diez días después de la siembra, indicando con ello una aceleración considerable en la germinación.

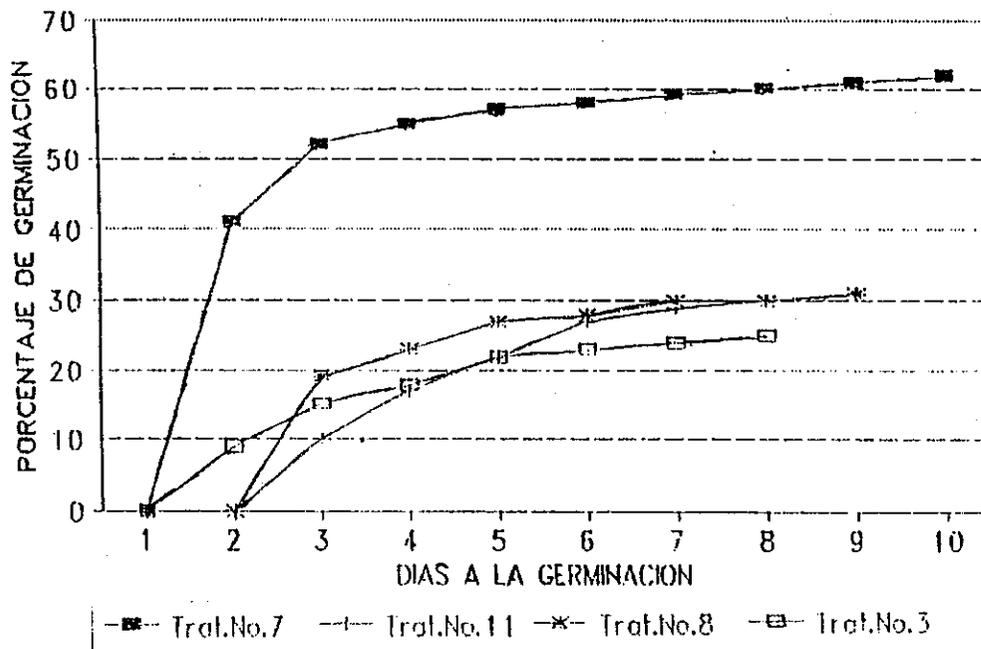


Figura 8 Comportamiento gráfico del porcentaje de germinación en la especie Cassia jumbosa (Britton)

Tratamiento 7: Acido sulfúrico 95% durante 10 minutos.

Tratamiento 11: Agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos e inmersión en giberelina 200 ppm. durante 1 hora.

Tratamiento 8: Agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos y aplicación de giberelina 200 ppm durante 1 hora.

Tratamiento 3: Agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos.

Por otro lado, el análisis de varianza al 1% evidenció diferencia significativa entre los tratamientos aplicados (ver apéndice 7, cuadro 49 A) por lo que la prueba de medias de Tukey, demostró que la inmersión de la semilla en ácido sulfúrico al 95% durante 10 minutos (tratamiento 7) influyó hasta en un 57% en la germinación, la inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos e inmersión en una solución de giberelina 200 ppm durante 1 hora (tratamiento 11) generó una media de 38% de germinación, la inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos y en una solución de giberelina 100 ppm durante 30 minutos (tratamiento 8) influyo en un 37% sobre la germinación y 35% al aplicar calor a la semilla mediante la inmersión de esta en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos (tratamiento 3). Estadísticamente, y de acuerdo al coeficiente de variación, se demuestra que si hubo respuesta de las semillas a la aplicación de tratamientos, puesto que

se incrementó la germinación en relación al porcentaje de germinación de esta especie en condiciones naturales, el cual está entre el 20 y 30%, según el BANSEFOR. A continuación, en el cuadro 7, se presentan las medias obtenidas en la prueba de Tukey, la cual indica la respuesta de la semilla a la aplicación de los tratamientos en términos de porcentaje de germinación, el que fue incrementado hasta más del 30% en ocho de los tratamientos pregerminativo estudiados, sin embargo, el testigo registro solamente un 10% de germinación.

**Cuadro 7 Porcentajes de germinación obtenidos en la aplicación de tratamientos pregerminativos a semillas de la especie *Cassia lumbosa* (Britton)**

Tratamientos	% de germinación promedio obtenido 10 días
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 10 minutos.(T7)	57 A
Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 200 ppm de giberelina durante 1 hora.(T11)	38 B
Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 100 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T8)	37 B
Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos.(T3)	35 B
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 10 minutos.(T4)	34 B
Inmersión de la semilla en agua hasta alcanzar una temperatura de 100°C. y dejando la semilla durante 1 minuto después de alcanzar el punto de ebullición.(T2)	33 B
Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 200 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T10)	32 B
Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 100 ppm de giberelina durante 1 hora.(T9)	32 B
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 5 minutos.(T6)	29 B
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 30 minutos.(T5)	28 B
Testigo.(T1)	10 C

Con respecto al valor germinativo de los tratamientos, estadísticamente también se evidenció diferencias significativas entre estos (ver apéndice 7, cuadro 50 A), siendo el tratamiento con ácido sulfúrico al 95% durante 10 minutos el que mejor resultado dio, con un valor germinativo de 72. Los demás tratamientos no superaron un valor germinativo de 13, por lo que se deduce que no son efectivos al ser aplicados a esta especie y que por lo tanto no aseguran la viabilidad de las plantulas al ser establecidas en la plantación definitiva. En la figura 9 presenta la tendencia de los tres tratamientos que evidenciaron los mejores valores germinativos, de donde se obtiene el mas alto valor germinativo, cuando a la semilla se le aplica ácido sulfúrico al 95% durante 10 minutos, demostrando así la efectividad del ácido sulfúrico en el rompimiento de la latencia exógena de esta especie. En el apéndice 8 se presentan los valores de cada uno de los tratamientos, lo cuales denotan una baja efectividad en esta especie.

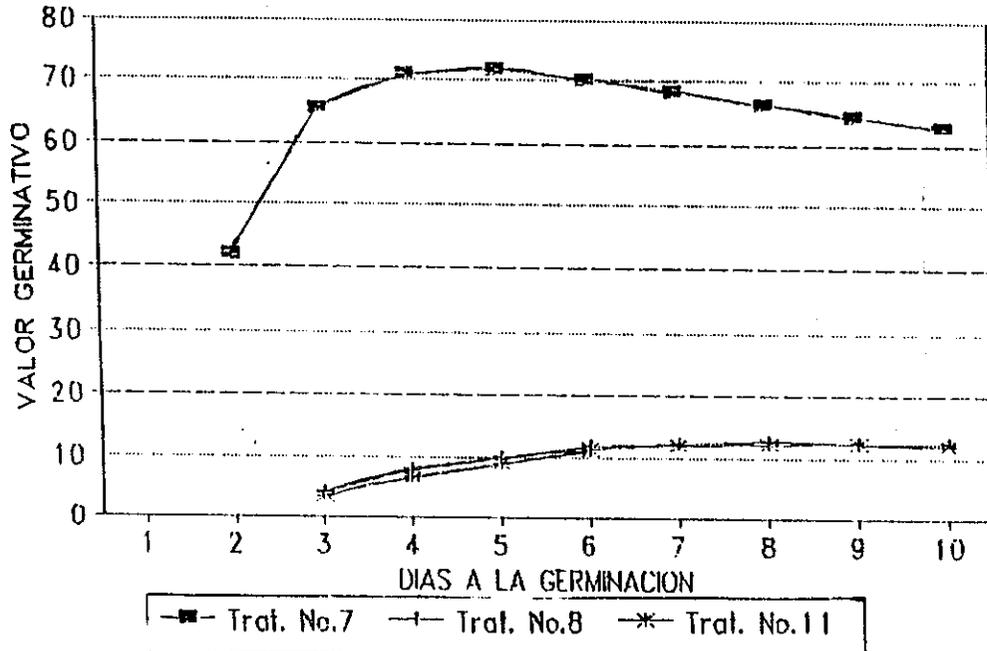


Figura 9 Comportamiento gráfico del valor germinativo en la especie *Cassia jumbosa* (Britton)

Tratamiento 7: Acido sulfúrico 95% durante 10 minutos.

Tratamiento 8: Agua a 100° C. durante 5 minutos y aplicación de gibberelina 200 ppm durante 1 hora.

Tratamiento 11: Agua a 100°C. durante 5 minutos e inmersión en gibberelina 200 ppm. durante 1 hora.

Por otro lado, el análisis estadístico de los valores germinativos de los diferentes tratamientos indico diferencias significativas, sin embargo, solamente un tratamiento fue jerarquizado como el mejor, puesto que su media indico un valor germinativo de 72; en el cuadro siguiente se presentan los resultados obtenidos en la prueba de medias de Tukey.

**Cuadro 8 Valor germinativo obtenido en la aplicación de tratamientos pregerminativos a semillas de la especie *Cassia lumbosa* (Britton)**

Tratamientos	Valor Germinativo
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 10 minutos.(T7)	72 A
Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 100 ppm de gibberelina durante 30 minutos.(T8)	13 B
Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 200 ppm de gibberelina durante 1 hora.(T11)	12 B
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 5 minutos.(T6)	12 B
Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos.(T3)	11 B
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 10 minutos.(T4)	11 B
Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 200 ppm de gibberelina durante 30 minutos.(T10)	8 B
Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 100 ppm de gibberelina durante 1 hora.(T9)	7 B
Inmersión de la semilla en agua hasta alcanzar una temperatura de 100°C., dejando la semilla durante 1 minuto despues de alcanzar el punto de ebullición.(T2)	6 B
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 30 minutos.(T5)	6 B
Testigo.(T1)	0.108 B

### 8.3 Delonix regia (Flamboyan)

El número de tratamientos pregerminativos analizados para esta especie fue de 11. Mediante las lecturas diarias se obtuvo una germinación del 49% en el tratamiento consistente en el corte de la testa de la semilla utilizando tijeras (tratamiento 1). Además de este, se observó que al cortar la testa de la semilla y su posterior inmersión en una solución de 100 ppm de gibberelina durante 30 minutos (tratamiento 4) se indujo a un 48% de germinación, así mismo se obtuvo un 46% de germinación cuando también se aplico un corte a la testa de la

semilla y se introdujo en una solución de 100 ppm de giberelina durante 1 hora (tratamiento 2) y 45% de germinación cuando además de cortar la semilla se aplicó una solución de giberelina de 200 ppm durante 1 hora (tratamiento 3). En el apéndice 9 se muestran los porcentajes de germinación obtenidos en cada uno de los tratamientos pregerminativos aplicados a esta especie; como puede observarse, de estos, el mayor valor obtenido es del 48%, lo cual indica un efecto positivo de estos sobre la germinación de la semilla, puesto que en condiciones naturales, Delonix regia posee un porcentaje de germinación que varía del 15 al 20%.

En la figura 10 se puede observar que la germinación se inicia al quinto día después de la siembra, sin embargo, el tratamiento de solo corte de la semilla es superior a los restantes tres mejores tratamientos comparados, puesto que al décimo día alcanzó aproximadamente el 50% de germinación en términos de germinación acumulada.

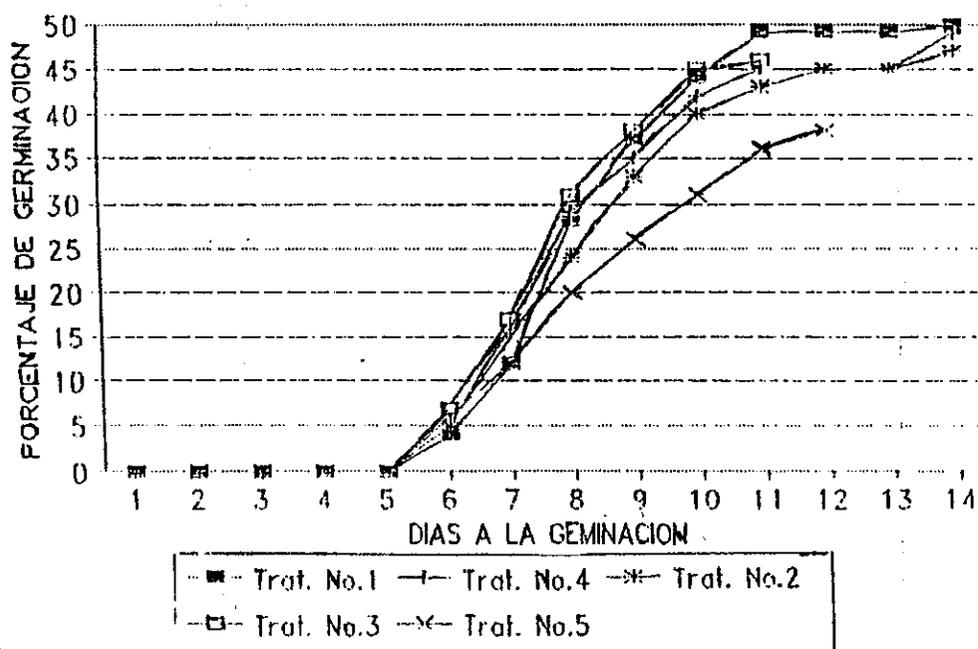


Figura 10 Comportamiento gráfico del porcentaje de germinación en la especie Delonix regia (Bojer)

- Tratamiento 1: Corte de la semilla con tijeras.  
 Tratamiento 4: Corte de la semilla y aplicación de giberelina 100 ppm durante 30 mins.  
 Tratamiento 2: Corte de la semilla y aplicación de giberelina 100 ppm durante 1 hora.  
 Tratamiento 3: Corte de la semilla y aplicación de giberelina 200 ppm durante 1 hora.  
 Tratamiento 5: Corte de la semilla y aplicación de giberelina 200 ppm durante 30 mins.

Por otro lado, mediante el análisis de varianza se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos (ver apéndice 10 cuadro 53 A). La prueba de Tukey demostró que el mejor tratamiento estadísticamente fue de corte de la semilla, puesto que generó una media del 50% en el porcentaje de germinación, una media del 49% mediante el corte de la semilla e inmersión en giberelina 100 ppm durante 30 minutos, 48% a través del corte de la semilla y su inmersión en una solución de giberelina 100 ppm durante 1 hora y una media del 47% cuando se cortó la semilla y aplicación de una solución de giberelina 200 ppm durante 1 hora. Los resultados obtenidos mediante la prueba de Tukey se consignan en el cuadro siguiente.

**Cuadro 9 Porcentajes de germinación obtenidos en la aplicación de tratamientos pregerminativos a semillas de la especie *Delonix regia* (Bojer)**

Tratamientos	% de germinación promedio obtenido durante 15 días
Corte de la semilla con tijeras. (T1)	50 A
Corte de la semilla, luego inmersión en una solución 100 ppm de giberelina durante 30 minutos. (T4)	49 A
Corte de la semilla e inmersión en una solución 100 ppm de giberelina durante 1 hora. (T2)	48 A
Corte de la semilla e inmersión en una solución 200 ppm de giberelina durante 1 hora. (T3)	47 A
Corte de la semilla e inmersión en una solución de giberelina 200 ppm durante 30 minutos. (T5)	42 A
Corte de la semilla e inmersión en agua a temperatura ambiente durante 12 horas. (T8)	29 B
Corte de la semilla e inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas. (T10)	25 B
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 100% durante 1 hora. (T6)	18 B C
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 100% durante 30 minutos. (T7)	8 C D
Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos, dejándola en inmersión durante 24 horas. (T9)	7 C D
Testigo. (T11)	0 D

En relación a los valores germinativos, se pudo establecer que estadísticamente existen diferencias significativas dentro de los tratamientos aplicados (ver apéndice 10, cuadro 54 A). De acuerdo a la prueba de Tukey, se observó una media del valor germinativo de 17 cuando únicamente se aplicó corte a la testa. En orden descendente se obtuvo una media del valor germinativo igual a 16 con el tratamiento de corte e inmersión en una solución de 200 ppm de giberelina durante 1 hora y 15 cuando además de ser cortada la testa de la semilla se dejó en inmersión en una solución 100 ppm de giberelina durante 30 minutos. Como se puede

observar, estos resultados se consideran bajos, si se toma en cuenta que el valor germinativo es un indicador de la efectividad del tratamiento así como de la viabilidad de la semilla y por ende de la posibilidad de sobrevivencia de las plantulas al momento del establecimiento en el campo definitivo; en el apéndice 11 se presentan los valores germinativos obtenidos en cada uno de los tratamientos pregerminativos.

En la figura 11 se presenta la tendencia de los tres tratamientos que evidenciaron los mejores valores germinativos, de donde se obtiene el mas alto valor germinativo, cuando a la semilla se le aplica únicamente corte.

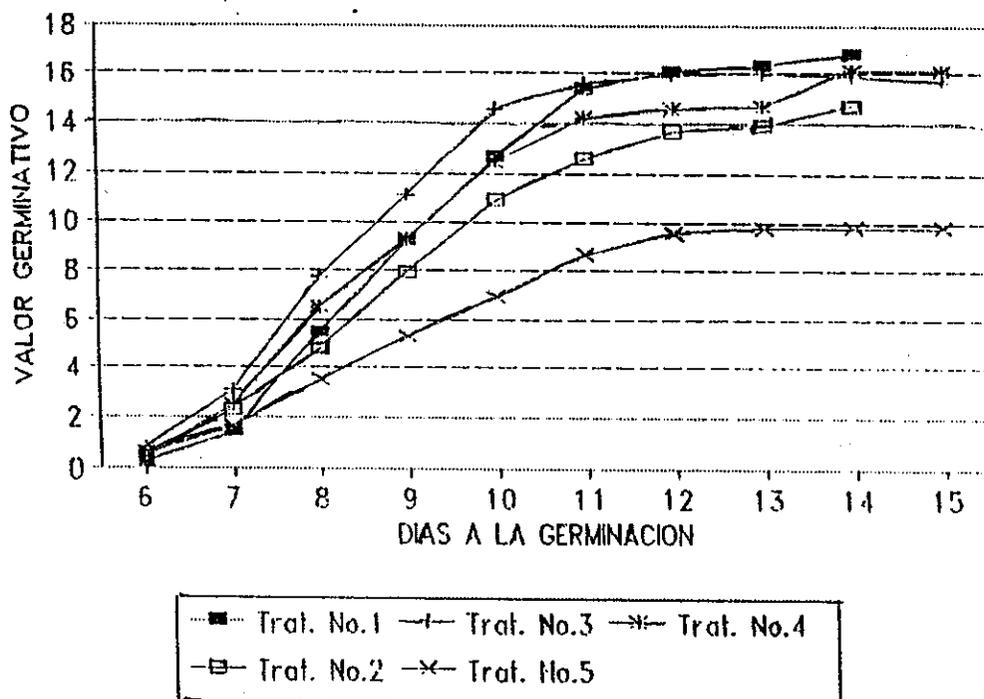


Figura 11 Comportamiento gráfico del valor germinativo en la especie Delonix regia (Bojer)

- Tratamiento 1: Corte de la semilla con tijeras.  
 Tratamiento 3: Corte de la semilla y aplicación de giberelina 200 ppm durante 1 hora.  
 Tratamiento 4: Corte de la semilla y aplicación de giberelina 100 ppm durante 30 mins.  
 Tratamiento 2: Corte de la semilla y aplicación de giberelina 100 ppm durante 1 hora.  
 Tratamiento 5: Corte de la semilla y aplicación de giberelina 200 ppm durante 30 mins.

No obstante lo anterior, la prueba de Tukey jerarquizó a los tratamientos en relación a las medias obtenidas, dichos valores son los siguientes:

**Cuadro 10 Valor germinativo obtenido en la aplicación de tratamientos pregerminativos a semillas de la especie *Delonix regia* (Bojer)**

Tratamientos	Valor Germinativo
Corte de la semilla con tijeras.(T1)	17 A
Corte de la semilla e inmersión en una solución 200 ppm de giberelina durante 1 hora.(T3)	16 A
Corte de la semilla, luego inmersión en una solución 100 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T4)	15 A
Corte de la semilla e inmersión en una solución 100 ppm de giberelina durante 1 hora.(T2)	14 A
Corte de la semilla e inmersión en una solución de giberelina 200 ppm durante 30 minutos.(T5)	11 A
Corte de la semilla e inmersión en agua a temperatura ambiente durante 12 horas.(T8)	2 B
Corte de la semilla e inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.(T10)	1 B
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 100% durante 1 hora.(T6)	0.277 B
Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos, dejándola en inmersión durante 24 horas.(T9)	0.192 B
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 100% durante 30 minutos.(T7)	0.047 B
Testigo.(T11)	0 B

## IX. CONCLUSIONES

9.1 En relación a Phitecollobium saman, se determinó que las semillas de ésta especie, responden favorablemente a la aplicación de ácido sulfúrico al 95% durante 30 minutos, puesto que se incrementa su porcentaje de germinación y el valor germinativo.

9.2 De los tratamientos utilizados en la especie Cassia jumbosa, se logro incrementar el porcentaje de germinación y el valor germinativo de las semilla mediante su inmersión en ácido sulfúrico al 95% durante 10 minutos.

9.3 Con respecto a la especie Delonix regia, se determinó que de los tratamientos pregerminativos aplicados, el corte de la cubierta seminal, incrementó, aunque no significativamente el porcentaje de germinación y el valor geminativo de las semillas.

## X. RECOMENDACIONES

10.1 Para incrementar el porcentaje de germinación en la especie Phitecollobium saman se recomienda la inmersión de la semilla en ácido sulfúrico al 95% durante 30 minutos. Además, se debe explorar la posibilidad de realizar cortes o destrucción parcial del exocarpo y a la vez aplicar reguladores del crecimiento a diferentes concentraciones y tiempos de inmersión.

10.2 En Cassia jumbosa, se recomienda la inmersión de la semilla en ácido sulfúrico al 95% durante 10 minutos.

10.3 Para incrementar el porcentaje de germinación y el valor germinativo de las semillas de la especie Delonix regia se recomienda que previo a la siembra se efectuen cortes en el exocarpo, utilizando para ello cualquier instrumento mecánico.

**XI BIBLIOGRAFIA**

1. ALDOHUS, J.R. 1972. Nursery practice. Forestry Comm. Bull. (England) no. 43: p. 1 - 78.
2. AGUILAR, J. 1966. Relación de unos aspectos de la flora útil de Guatemala. Guatemala, Tipografía Nacional. p. 1-383.
3. AZURDIA, P. Biodiversidad y conservación; parte flora de Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de Estudios Conservacionistas. p. 1-204.
4. CZABATOR, F.J. 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine germination. (USA) Forest Science. 8: 386-396.
5. ESCOBAR, J. 1988. Diagnóstico de los recursos forestales de Guatemala. En Congreso Forestal Nacional. (1o., 1988, Guatemala). Memoria Guatemala, Dirección General de Bosques y Vida Silvestre. p. 1-20.
6. FORD-ROBERTSON, F.C. 1971. Terminology of forest science, technology, practice and products. Washinston D.C., USA., Society of American Foresters. 32 p.
7. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE BOSQUES Y VIDA SILVESTRE. 1993 Revisión y actualización del diagnóstico del problema de leña en Guatemala. Guatemala. 20 p.
8. HARTMANN, H. 1982. Propagación de plantas, principios y prácticas. México, CECSA. 35 p.
9. MUNARI, P. 1988 Seis plantas productoras de leña para la arborización de Honduras. Honduras, Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal. p. 8-15.
10. PLAN DE ACCION FORESTAL PARA GUATEMALA. 1991. Documento base: perfiles y proyectos. Guatemala. p. 1-226.



11. PADILLA, M. 1994. Tratamientos pregerminativos para semillas forestales. Nicaragua. Centro de Semillas y Mejoramiento Genético. 46 p.
12. PADILLA, M. 1995. Curso Regional sobre Recolección y Procesamiento de Semillas Forestales. (1995, Turrialba, Costa Rica). Memoria. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 1-52.
13. TRUJILLO, N. 1994. Manual general sobre el uso de semillas forestales. Colombia. Instituto Nacional de Recursos Naturales y Medio Ambiente. 15 p.
14. TRUJILLO, N. 1995. Curso Regional sobre Recolección y Procesamiento de Semillas Forestales. (1995, Turrialba, Costa Rica). Memoria. Turrialba Costa Rica, CATIE. p. 1-52.



Vo. Bo. Rolando Barrios.

**XII**

**APENDICES**

## APENDICE 1

**Cuadro 11 A** Conteos diarios de germinación para Cassia jumbosa (Britton), Tratamiento 1 (Testigo).

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Repeticiones										
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	1	0	0	4	2	0

**Cuadro 12 A** Conteos diarios de germinación para Cassia jumbosa (Britton), Tratamiento 2 (Inmersión de la semilla en agua hasta alcanzar una temperatura de 100°C. durante 1 minuto).

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Repeticiones										
1	1	3	1	3	6	2	3	1	2	0
2	2	7	5	0	4	3	2	4	3	1
3	2	4	2	2	1	0	3	2	1	2
4	1	8	5	2	4	2	2	2	1	0

**Cuadro 13 A** Conteos diarios de germinación para Cassia jumbosa (Britton), Tratamiento 3 (Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos).

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Repeticiones										
1	2	7	8	1	5	1	2	0	0	0
2	1	7	5	1	3	0	1	1	0	0
3	4	11	4	4	3	2	1	0	0	0
4	2	11	5	7	4	4	0	1	0	0

**Cuadro 14 A** Conteos diarios de germinación para Cassia jumbosa (Britton), Tratamiento 4 (Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 10 minutos).

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Repeticiones										
1	0	14	2	3	0	0	0	3	1	0
2	3	10	1	3	1	1	0	2	1	1
3	0	8	10	3	3	1	2	0	0	0
4	0	18	7	0	1	0	4	1	1	1

**Cuadro 15 A** Conteos diarios de germinación para Cassia jumbosa (Britton), Tratamiento 5 (Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 30 minutos).

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Repeticiones										
1	0	14	5	5	3	0	1	2	1	1
2	0	1	12	8	5	0	1	0	0	0
3	0	4	5	2	2	0	0	0	1	0
4	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1

**Cuadro 16 A** Conteos diarios de germinación para Cassia jumbosa (Britton), Tratamiento 6 (Inmersión de la semilla en ácido sulfúrico 95% durante 5 minutos).

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Repeticiones										
1	0	15	5	0	0	0	0	0	0	0
2	0	14	5	1	0	0	1	0	0	0
3	0	8	7	0	1	0	0	0	0	0
4	0	15	6	1	2	0	0	0	0	0

**Cuadro 17 A** Conteos diarios de germinación para Cassia jumbosa (Britton), Tratamiento 7 (Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 10 minutos).

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Repeticiones										
1	0	33	10	6	3	0	1	2	1	0
2	0	44	9	0	3	2	2	0	0	1
3	0	53	8	1	1	1	1	0	1	1
4	1	33	17	4	1	2	2	1	2	0

**Cuadro 18 A** Conteos diarios de germinación para Cassia jumbosa (Britton), Tratamiento 8 (Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos e inmersión en una solución 100 ppm de giberelina durante 30 minutos).

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Repeticiones										
1	0	0	16	11	7	3	2	2	1	0
2	0	0	9	7	5	3	1	1	0	0
3	0	0	11	7	2	6	0	2	0	1
4	0	0	6	8	2	6	1	1	1	0

**Cuadro 19 A** Conteos diarios de germinación para Cassia jumbosa (Britton), Tratamiento 9 (Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos e inmersión en una solución 100 ppm de giberelina durante 1 hora).

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Repeticiones										
1	0	0	16	11	7	3	2	2	1	0
2	0	0	9	7	5	3	1	1	0	0
3	0	0	11	7	2	6	0	2	0	1
4	0	0	6	8	2	6	1	1	1	0

**Cuadro 20 A** Conteos diarios de germinación para Cassia jumbosa (Britton), Tratamiento 10 (Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos e inmersión en una solución de 200 ppm de giberelina durante 1 hora).

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Repeticiones										
1	0	0	4	5	7	1	0	0	0	0
2	0	0	0	9	4	5	2	1	1	0
3	0	0	12	3	5	6	3	3	2	2
4	0	0	11	8	4	0	0	1	0	0

**Cuadro 21 A** Conteos diarios de germinación para Cassia jumbosa (Britton), Tratamiento 11 (Inmersión de la semilla en agua a 100°C. durante 5 minutos e inmersión en una solución 200 ppm de giberelina durante 1 hora).

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Repeticiones										
1	0	0	11	5	6	3	1	2	1	0
2	0	0	12	12	4	7	4	1	0	0
3	0	0	8	7	4	3	2	1	1	0
4	0	0	9	5	5	5	3	0	1	0

**Cuadro 22 A** Conteos diarios de germinación para Phitecollobium saman (Jacq), Tratamiento 1 (Testigo).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	1	1	3	1	1	0	0	0	2	1	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	2	0	0
4	1	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0

**Cuadro 23 A** Conteos diarios de germinación para Phitecollobium saman (Jacq), Tratamiento 2 (Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 10 minutos).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	12	3	5	7	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	6	12	10	4	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	5	9	6	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Cuadro 24 A** Conteos diarios de germinación para Phitecollobium saman (Jacq), Tratamiento 3 (Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 10 minutos).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	19	10	10	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	16	20	7	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	6	22	19	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	22	24	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Cuadro 25 A** Conteos diarios de germinación para Phitecollobium saman (Jacq), Tratamiento 4 (Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 30 minutos).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	22	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	22	9	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	6	26	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	15	5	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Cuadro 26 A** Conteos diarios de germinación para Phitecollobium saman (Jacq), Tratamiento 5 (Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 30 minutos).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	14	10	18	11	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	13	1	2	17	15	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0
3	13	23	13	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	5	15	13	15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Cuadro 27 A** Conteos diarios de germinación para Phitecollobium saman (Jacq), Tratamiento 6 (Inmersión de la semilla en una solución de giberelina 100 ppm 30 minutos).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	0	0	1	1	3	1	1	0	0	0	2	1	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0
4	1	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0

**Cuadro 28 A** Conteos diarios de germinación para Phitecollobium saman (Jacq) Tratamiento 7 (Inmersión de la semilla en una solución 100 ppm de giberelina durante 1 hora).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0

**Cuadro 29 A** Conteos diarios de germinación para Phitecollobium saman (Jacq), Tratamiento 8 (Inmersión de la semilla en una solución 200 ppm de giberelina durante 30 minutos).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0
3	0	0	0	0	2	0	1	2	1	5	0	0	2	0	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0

**Cuadro 30 A** Conteos diarios de germinación para Phitecollobium saman (Jacq), Tratamiento 9 (Inmersión de la semilla en una solución 200 ppm de giberelina durante 1 hora).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0

**Cuadro 31 A** Conteos diarios de germinación para Phitecollobium saman (Jacq), Tratamiento 10 (Inmersión de la semilla en agua a temperatura ambiente durante 12 horas).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1

**Cuadro 32 A** Conteos diarios de germinación para Phitecollobium saman (Jacq), Tratamiento 11 (Inmersión de la semilla en agua a temperatura ambiente durante 24 horas).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	22	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	22	9	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	6	28	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	15	5	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Cuadro 33 A** Conteos diarios de germinación para Delonix regia (Bojer) Tratamiento 1 (Corte con tijeras).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	0	0	5	7	16	11	3	5	1	0	2	0
2	0	0	0	0	0	3	8	15	8	8	4	0	1	0	0
3	0	0	0	0	0	7	11	17	12	5	2	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	2	3	16	7	10	9	0	0	0	0

**Cuadro 34 A** Conteos diarios de germinación para Delonix regia (Bojer), Tratamiento 2 (Corte e inmersión en una solución 100 ppm de giberelina durante 1 hora).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	0	0	3	7	12	6	6	4	3	0	3	0
2	0	0	0	0	0	3	10	7	7	8	5	3	0	3	0
3	0	0	0	0	0	0	10	7	0	0	3	0	0	1	0
4	0	0	0	0	0	6	10	11	14	4	2	1	0	1	0

**Cuadro 35 A** Conteos diarios de germinación para Delonix regia (Bojer), Tratamiento 3 (Corte e inmersión en una solución 200 ppm de giberelina durante 1 hora).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	0	0	9	4	10	6	8	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	4	8	20	8	8	2	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	6	12	14	7	5	1	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	9	17	12	7	4	0	0	0	1	0

**Cuadro 36 A** Conteos diarios de germinación para Delonix regia (Bojer), Tratamiento 4 (Corte e inmersión en una solución 100 ppm de giberelina durante 30 minutos).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	0	0	12	0	14	0	4	0	0	0	2	0
2	0	0	0	0	0	2	13	15	5	0	2	2	0	5	0
3	0	0	0	0	0	0	11	0	4	11	6	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	7	0	18	5	8	2	0	0	1	0

**Cuadro 37 A** Conteos diarios de germinación para Delonix regia (Bojer), Tratamiento 5 (Corte e inmersión en una solución 200 ppm de giberelina durante 30 minutos).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	0	0	6	6	6	8	3	0	2	0	0	0
2	0	0	0	0	0	5	6	8	11	0	6	2	0	0	0
3	0	0	0	0	0	2	0	4	2	2	5	3	0	0	0
4	0	0	0	0	0	11	12	12	5	4	3	0	0	0	0

**Cuadro 38 A** Conteos diarios de germinación para Delonix regia (Bojer), Tratamiento 6 (Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 100% durante 1 hora).

Repeticiones	Días de Conteo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3	0
2	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	2	0	1	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	13	0
4	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0	2	0	0



## APENDICE 2

### METODOLOGIA PARA EL CALCULO DEL VALOR GERMINATIVO

Tres factores son tomados en cuenta en la aplicación de este método:

1. Velocidades de germinación diaria: Estos son computados diariamente dividiendo los porcentajes de germinación acumulado por el número de días. Tomando la velocidad máxima de germinación (el cual Czabator llama el valor pico) y usando solo este valor en la fórmula dará resultados erróneos. Generalmente el valor pico no puede representar la velocidad total de germinación durante la duración de los ensayos.
2. El porcentaje de germinación: el porcentaje de germinación podría ser calculado en la fórmula independientemente del tiempo, esto se debe a que el factor tiempo o duración de germinación esta ya considerado en la velocidad de germinación diaria.
3. Duración del ensayo: la fórmula tiene que ser adecuado para indicar la duración del ensayo de germinación hasta su finalización.

Considerando estos tres factores y observando los resultados de ensayos de germinación en varias especies (Pinus eldarica, Pinus ponderosa, Pinus taeda, Eucalyptus sp., Juniperus virginiana, Juniperus polycarpus, Juniperus scopulorum, Quercus sp. etc) e incluyendo información disponible proveniente del manejo de semillas en laboratorios, se estableció la siguiente fórmula:

$$GV = \frac{DGS}{N} \times (GP \times 10)$$

N

Donde GV es el valor de germinación, DGS es la velocidad de germinación diaria el cual se computa dividiendo el porcentaje de germinación acumulado por el número de días desde el

principio del ensayo. DGS debe ser calculado diariamente, pero si no hay información disponible de cada día entonces debe ser calculado a un intervalo de dos días.

N es la frecuencia o número de DGS que son calculados durante el ensayo. GP es el porcentaje de germinación al concluir los ensayos y es utilizado en la fórmula como el número de germinación de semillas sobre 100 (por ejemplo si el porcentaje de germinación al final del ensayo es 89, en la fórmula será 89/100). Por lo que la fórmula puede ser explicada como:

$$GV = \frac{DGS \times \text{número de germinación de semillas}}{N \times 100} \times 10$$

El número 10 es una constante que ha sido determinado mediante varios ensayos de germinación. Se ha determinado que los resultados de la fórmula usando esta constante se asemejan al número de plantaciones que sobreviven por lo que aumentan la objetividad de la fórmula.

#### ***Indicación de la fórmula sobre la terminación del ensayo.***

Es muy importante determinar la duración del ensayo. Semillas débiles o lentas que germinen al final del ensayo pueden cambiar la interpretación de los resultados. No existen métodos normalizados que determinen la finalización de un ensayo. Períodos sugeridos de duración de la germinación, por ejemplo 42 días para el pino slash y pino de hojalarga, o 25 a 30 días para una siembra seca del pino sureño y 10 a 20 días para un lote estratificado, son solamente ideas para completar la duración de la germinación. Estas figuras no son empleados en la fórmula ya que la duración de la germinación está estrechamente relacionado a condiciones físicas y químicas del medio de cultivo, lotes de semillas y pretratamientos. Por lo que, estos varían aún dentro de la misma especie. Generalmente la germinación de semillas

comienza a disminuir en los últimos días del ensayo, y esta germinación lenta puede continuar por varios días o semanas. Por lo tanto, cuándo se puede considerar el ensayo finalizado?

### **Ventajas de la fórmula**

1. Una definición exacta del valor de germinación es la plantación esperada proveniente de campos o plantaciones de laboratorio. El valor obtenido por esta fórmula es muy cercano al número de plantaciones sobrevivientes de los campos.
2. La fórmula no proporciona resultados erróneos debido a las diferentes velocidades de germinación los que ocurren durante el ensayo.
3. La fórmula determina mediante operaciones matemáticas el final del ensayo así como un modelo normalizado para la duración del ensayo común para todas las semillas. Mediante esta fórmula la calidad del lote de semillas no descenderá por semillas débiles que germinen en los últimos días. Esta fórmula es muy sensible en cuanto a la determinación del fin del ensayo para cualquier tipo de germinación (lento o rápido).
4. Esta fórmula presenta mejores resultados que la fórmula de Czabator para los casos en que los archivos de germinación diaria no son posibles e información para intervalos de dos días es disponible.

### **Mecanismo de cálculo del valor de germinación**

El valor de germinación podría ser tempranamente calculado mediante la fórmula  $GV = (DGS \cdot GP \cdot 10/N)$  como fue explicado previamente. Este valor de germinación no necesita ser calculado para cada día, pero puede ser calculado para los últimos días y de allí podemos regresar del final del ensayo para obtener el GV máximo.

**APENDICE 3**

**Cuadro 44 A      Porcentaje de germinación diario Phitecollobium saman (Jacq)**

Tratamientos	Porcentajes de Germinación obtenidos durante 15 días.
Testigo.(T1)	5
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico al 75% durante 10 minutos.(T2)	26
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 10 minutos.(T3)	51
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 30 minutos.(T4)	31
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 30 minutos.(T5)	55
Inmersión de la semilla en una solución de 100 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T6)	2
Inmersión de la semilla en una solución de 100 ppm de giberelina durante 1 hora.(T7)	2
Inmersión de la semilla en una solución de 200 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T8)	6
Inmersión de la semilla en una solución de 200 ppm de giberelina durante 1 hora.(T9)	3
Inmersión de la semilla en agua a temperatura ambiente durante 12 horas.(T10)	1
Inmersión de la semilla en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.(T11)	1

### APENDICE 4

**Cuadro 45 A**      **Análisis de varianza para el porcentaje de germinación en Phitecollobium saman (Jacq)**

---

FUENTE DE VARIACION	G.L	S.C.	C.M.	F.C.	F.T (0.01)
Tratamientos	10	112	35	7	43
Error	33	5	5		
Total	43	117			

---

C.V. 23

**CUADRO 46 A**      **Análisis de varianza para el valor germinativo en Phitecollobium saman (Jacq)**

---

FUENTE DE VARIACION	G.L	S.C.	C.M.	F.C.	F.T (0.01)
Tratamientos	10	279	27	40	41
Error	33	22	0.673		
Total	43	301			

---

C.V. 29

## APENDICE 5

**Cuadro 47 A**      **Valores de germinación obtenidos en cada uno de los tratamientos pregerminativos Phitecollobium saman (Jacq)**

Tratamientos	Valor de Germinación
Testigo.(T1)	5
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico al 75% durante 10 minutos.(T2)	9
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 10 minutos.(T3)	43
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 30 minutos.(T4)	19
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 30 minutos.(T5)	34
Inmersión de la semilla en una solución de 100 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T6)	0.056
Inmersión de la semilla en una solución de 100 ppm de giberelina durante 1 hora.(T7)	1.654
Inmersión de la semilla en una solución de 200 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T8)	0.217
Inmersión de la semilla en una solución de 200 ppm de giberelina durante 1 hora.(T9)	0.070
Inmersión de la semilla en agua a temperatura ambiente durante 12 horas.(T10)	0.007
Inmersión de la semilla en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.(T11)	0.008

**APENDICE 6**

**Cuadro 48 A      Porcentaje de germinación diario Cassia lumbosa (Britton)**

Tratamientos	Porcentaje de Germinación obtenidos durante 10 días.
Testigo.(T1)	3
Inmersión de la semilla en agua hasta alcanzar una temperatura de 100 grados centígrados y dejando la semilla durante 1 minuto de hervor.(T2)	24
Inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos.(T3)	27
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 10 minutos.(T4)	26
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 30 minutos.(T5)	18
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 5 minutos.(T6)	20
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 10 minutos.(T7)	61
Inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 100 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T8)	30
Inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 100 ppm de giberelina durante 1 hora.(T9)	23
Inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 200 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T10)	24
Inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 200 ppm de giberelina durante 1 hora.(T11)	30

## APENDICE 7

**Cuadro 49 A**      **Análisis de varianza para el porcentaje de germinación en Cassia lumbosa (Britton)**

---

FUENTE DE VARIACION	G.L	S.C.	C.M.	F.C.	F.T (0.01)
Tratamientos	10	69	21	4.5	18
Error	33	6	5		
Total	43	75			

---

C.V. 15

**Cuadro 50 A**      **Análisis de varianza para el valor germinativo en Cassia lumbosa (Britton)**

---

FUENTE DE VARIACION	G.L	S.C.	C.M.	F.C.	F.T (0.01)
Tratamientos	10	135	13	24	25
Error	33	17	0.524		
Total	43	153			

---

C.V. 20

**APENDICE 8**

**Cuadro 51 A      Valores de germinación obtenidos en cada uno de los tratamientos pregerminativos Cassia lumbosa (Britton)**

<b>Tratamientos</b>	<b>Valor de Germinación</b>
Testigo.(T1)	0.607
Inmersión de la semilla en agua hasta alcanzar una temperatura de 100 grados centígrados y dejando la semilla durante 1 minuto de hervor.(T2)	4
Inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos.(T3)	8
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 10 minutos.(T4)	9
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 75% durante 30 minutos.(T5)	3
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 5 minutos.(T6)	6
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 95% durante 10 minutos.(T7)	62
Inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 100 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T8)	12
Inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 100 ppm de giberelina durante 1 hora.(T9)	7
Inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 200 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T10)	7
Inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos, luego inmersión en una solución de 200 ppm de giberelina durante 1 hora.(T11)	11

## APENDICE 9

**Cuadro 52 A      Porcentaje de germinación diarios Delonix regia (Bojer)**

Tratamientos	Porcentaje de Germinación obtenidos durante 15 días.
Corte de la semilla con tijeras.(T1)	49
Corte de la semilla e inmersión en una solución 100 ppm de giberelina durante 1 hora.(T2)	46
Corte de la semilla e inmersión en una solución 200 ppm de giberelina durante 1 hora.(T3)	45
Corte de la semilla, luego inmersión en una solución 100 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T4)	48
Corte de la semilla e inmersión en una solución de giberelina 200 ppm durante 30 minutos.(T5)	38
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 100% durante 1 hora.(T6)	8
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 100% durante 30 minutos.(T7)	2
Corte de la semilla e inmersión en agua a temperatura ambiente durante 12 horas.(T8)	19
Inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos, dejándola en inmersión durante 24 horas.(T9)	3
Corte de la semilla e inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.(T10)	15
Testigo.(T11)	0

### APENDICE 10

**Cuadro 53 A      Análisis de varianza para el porcentaje de germinación en Delonix regia (Bojer)**

---

FUENTE DE VARIACION	G.L	S.C.	C.M.	F.C.	F.T (0.01)
Tratamientos	10	118	37	7	49
Error	33	4	5		
Total	43	122			

---

C.V. 17

**Cuadro 54 A      Análisis de varianza para el valor germinativo en Delonix regia (Bojer)**

---

FUENTE DE VARIACION	G.L	S.C.	C.M.	F.C.	F.T (0.01)
Tratamientos	10	80	8	41.3	42
Error	33	6	0.189		
Total	43	86			

---

C.V. 17

## APENDICE 11

**Cuadro 55 A**      **Valores de germinación obtenidos en cada uno de los tratamientos pregerminativos Delonix regia (Bojer)**

TRATAMIENTOS	VALOR DE GERMINACIÓN
Corte de la semilla con tijeras.(T1)	16
Corte de la semilla e inmersión en una solución 100 ppm de giberelina durante 1 hora.(T2)	14
Corte de la semilla e inmersión en una solución 200 ppm de giberelina durante 1 hora.(T3)	15
Corte de la semilla, luego inmersión en una solución 100 ppm de giberelina durante 30 minutos.(T4)	16
Corte de la semilla e inmersión en una solución de giberelina 200 ppm durante 30 minutos.(T5)	9
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 100% durante 1 hora.(T6)	0.295
Inmersión de la semilla en una solución de ácido sulfúrico 100% durante 30 minutos.(T7)	0.040
Corte de la semilla e inmersión en agua a temperatura ambiente durante 12 horas.(T8)	2
Inmersión de la semilla en agua a 100 grados centígrados durante 5 minutos, dejándola en inmersión durante 24 horas.(T9)	0.163
Corte de la semilla e inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.(T10)	1
Testigo.(T11)	0



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
 AGRONOMICAS

Sem-30/97

LA TESIS TITULADA: RESPUESTA DE LAS SEMILLAS DE TRES ESPECIES FORESTALES, Phitecollobium saman, Cassia jumbosa y Delonix regia A DIFERENTES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS.

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JOSE MIGUEL MIRANDA MUÑOZ

Carnet No: 84-30630

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Edgar O. Franco R.  
 Ing. Agr. Boris Mendez

Los asesores y las autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

  
 Ing. Agr. César Telón  
 ASESOR

  
 Ing. Agr. Raúl Escobar  
 ASESOR

  
 Ing. Agr. Fernando Rodríguez  
 DIRECTOR DEL IIA



IMPRIMASE

  
 Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio  
 DECANO



APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770