

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE SEIS ESPECIES FORESTALES  
BAJO TRES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS  
EN VIVERO COMUNAL, SAPECHO - ALTO BENI**

**ANEL JIMENEZ HURTADO**

**La Paz- Bolivia**

**2014**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE SEIS ESPECIES FORESTALES  
BAJO TRES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS  
EN VIVERO COMUNAL, SAPECHO – ALTO BENI**

Tesis de grado presentado como requisito  
parcial para optar al título de  
Ingeniero Agrónomo

**ANEL JIMENEZ HURTADO**

**Asesores:**

Ing. Ph.D. David Cruz Choque

Ing. Freddy Alcón Cano

**Tribunal revisor:**

Ing. Ph.D. Abul Kalam Kurban

Ing. M.Sc. Ramiro Mendoza Nogales

Ing. M.Sc. Ángel Pastrana Albis

**Presidente Tribunal Examinador:**

**Aprobada**

La Paz, Bolivia

2014

## **DEDICATORIA**

Con todo cariño y veneración, a mis padres Mary Luz Hurtado Salvatierra y Miguel Jimenez Nina, que con amor, esfuerzo y concejos impulsaron mi formación profesional.

A mis hermanos Zuely Virginia y Denis Miguel por su apoyo y cariño.

Del mis modo a mis queridos abuelitos Carmen Nina, Manuel Jimenez (*t*), Ana Salvatierra (*t*) y Daniel Hurtado (*t*).

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por la vida y por ser mi fortaleza en los momentos más difíciles.

A la Universidad Mayor de San Andrés y al plantel Docente de la Facultad de Agronomía por mi formación profesional.

Al Programa Nacional de Cambios Climáticos, del Ministerio de Medio Ambiente y Agua por haber hecho posible el presente trabajo de investigación.

A SIPADEM (Servicio Integral para el Desarrollo de la Mujer), por el apoyo constante durante el transcurso de la tesis.

Al Ing. Ph.D. David Cruz Choque e Ing. Freddy Alcón Cano, por el Asesoramiento y comprensión.

Agradezco a los miembros del Tribunal Revisor conformado por el Ing. Ph.D. Abul Kalam Kurban, Ing. M.Sc. Ramiro Mendoza Nogales e Ing. M.Sc. Ángel Pastrana Albis, por compartir sus conocimientos y constante orientación.

A los productores de Alto Beni que fueron parte del Proyecto “Incremento de la capacidad de absorción del dióxido de carbono, mediante la reforestación de áreas degradadas, con árboles nativos y valiosos de rápido crecimiento bajo sistemas agroforestales en la región del Alto Beni”, por su apoyo y conocimientos; especialmente a la comunidad de Buena Vista y a la Sra. Carlota.

A mis amigos (as) y compañeros (as); Marcelo, René, Susana y Susy, por toda su colaboración durante la investigación en la etapa de campo.

A mis queridas amigas (os) y compañeros (as) de la Facultad de Agronomía por su apoyo y amistad incondicional.

# ÍNDICE GENERAL

---

	<b>Página</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<i>i</i>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<i>vii</i>
<b>ÍNDICE DE MAPAS</b>	<i>ix</i>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>	<i>x</i>
<b>ANEXOS</b>	<i>xii</i>
<b>RESUMEN</b>	<i>xiii</i>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Objetivos.....	<b>3</b>
1.1.1 Objetivo General.....	<b>3</b>
1.1.2. Objetivos Específicos.....	<b>3</b>
1.2. Hipótesis.....	<b>3</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Definición de evaluación.....	<b>4</b>
2.2. Definición de especie.....	<b>4</b>
2.3. Huasicucho ( <i>Centrolobium ochroxylum</i> ).....	<b>4</b>
2.3.1. Clasificación taxonómica.....	<b>5</b>
2.3.2. Características morfológicas.....	<b>5</b>
2.3.2.1. Forma del tronco y la copa.....	<b>5</b>
2.3.2.2. Hojas.....	<b>5</b>
2.3.2.3. Frutos.....	<b>6</b>
2.3.2.4. Semilla.....	<b>6</b>
2.3.2.5. Flores.....	<b>6</b>
2.3.2.6. Plántulas.....	<b>6</b>
2.3.3. Características ecológicas.....	<b>7</b>
2.3.3.1. Origen y Distribución geográfica.....	<b>7</b>
2.3.3.2. Silvicultura.....	<b>7</b>
2.3.4. Cualidades de la madera.....	<b>8</b>
2.3.4.1. Usos.....	<b>8</b>
2.4. Quina Quina ( <i>Myroxylon balsamum</i> ).....	<b>9</b>
2.4.1. Clasificación taxonómica.....	<b>9</b>
2.4.2. Características morfológicas.....	<b>9</b>
2.4.2.1. Forma del tronco y la copa.....	<b>9</b>
2.4.2.2. Hojas.....	<b>10</b>

2.4.2.3. Frutos.....	10
2.4.2.4. Flores.....	10
2.4.2.5. Plántulas.....	10
2.4.3. Características ecológicas.....	11
2.4.3.1. Origen y Distribución geográfica.....	11
2.4.3.2. Silvicultura.....	11
2.4.4. Cualidades de la madera.....	11
2.4.4.1. Usos.....	12
2.5. Teca ( <i>Tectona grandis</i> ).....	13
2.5.1. Clasificación taxonómica.....	13
2.5.2. Características morfológicas.....	13
2.5.2.1. Forma del tronco y la copa.....	13
2.5.2.2. Hojas.....	14
2.5.2.3. Inflorescencia.....	14
2.5.2.4. Flores.....	14
2.5.2.5. Fruto.....	14
2.5.3. Características ecológicas.....	15
2.5.3.1. Origen y Distribución geográfica.....	15
2.5.4. Cualidades de la madera.....	15
2.5.4.1. Usos.....	16
2.6. Cedro Blanco ( <i>Cedrela fissilis</i> ).....	17
2.6.1. Clasificación taxonómica.....	17
2.6.2. Características morfológicas.....	17
2.6.2.1. Forma del tronco y la copa.....	17
2.6.2.2. Hojas.....	18
2.6.2.3. Frutos.....	18
2.6.2.4. Flores.....	18
2.6.2.5. Plántulas.....	18
2.6.3. Características ecológicas.....	19
2.6.3.1. Origen y Distribución geográfica.....	19
2.6.3.2. Silvicultura.....	19
2.6.4. Cualidades de la madera.....	20
2.6.4.1. Usos.....	20
2.7. Tarara ( <i>Platymiscium fragans</i> ).....	21
2.7.1. Clasificación taxonómica.....	21
2.7.2. Características morfológicas.....	21
2.7.2.1. Forma del tronco y la copa.....	21

2.7.2.2. Hojas.....	22
2.7.2.3. Frutos.....	22
2.7.3. Características ecológicas.....	22
2.7.3.1. Origen y Distribución geográfica.....	22
2.7.3.2. Silvicultura.....	22
2.7.4. Cualidades de la madera.....	23
2.7.4.1. Usos.....	23
2.8. Mara ( <i>Swietenia macrophylla</i> ).....	24
2.8.1. Clasificación taxonómica.....	24
2.8.2. Características morfológicas.....	24
2.8.2.1. Forma del tronco y la copa.....	24
2.8.2.2. Hojas.....	25
2.8.2.3. Frutos.....	25
2.8.2.4. Semilla.....	25
2.8.2.5. Flores.....	25
2.8.3. Características ecológicas.....	26
2.8.3.1. Origen y distribución geográfica.....	26
2.8.3.2. Silvicultura.....	26
2.8.4. Cualidades de la madera.....	26
2.8.4.1. Usos.....	27
2.9. Plagas y patógenos forestales.....	28
2.10. Semilla.....	29
2.10.1. Partes de la semilla.....	29
2.11. Propiedades externas de la semilla.....	29
2.11.1. Pureza física.....	29
2.11.2. Número de semillas por kilogramo.....	29
2.11.3. Contenido de humedad.....	30
2.11.3.1. Clasificación de la semilla de acuerdo al contenido de humedad.....	30
2.11.3.1.1. Semillas ortodoxas.....	30
2.11.3.1.2. Semillas recalcitrantes.....	31
2.11.4. Porcentaje de germinación.....	32
2.12. Propiedades internas de la semilla.....	32
2.12.1. Germinación y emergencia.....	32
2.12.2. Viabilidad.....	33
2.12.3. Energía germinativa.....	33
2.12.4. Periodo de energía.....	33
2.12.5. Sanidad.....	34

2.13. Proceso de la germinación.....	34
2.14. Factores que influyen en la velocidad de germinación.....	34
2.14.1. Agua.....	34
2.14.2. Luz.....	35
2.14.3. Temperatura.....	35
2.14.4. Oxígeno.....	36
2.14.5. Longevidad de las semillas.....	36
2.15. Tipos de germinación.....	36
2.15.1. Germinación epigea.....	36
2.15.2. Germinación hipogea.....	37
2.16. Latencia.....	37
2.16.1. Tipos de latencia.....	38
2.17. Crecimiento de los plantines.....	39
2.18. Tratamientos pregerminativos.....	39
2.18.1. Lixiviación.....	40
2.18.2. Escarificación en agua caliente.....	41
2.18.3. Estratificación.....	42
2.19. El vivero.....	42
2.19.1. Vivero comunal.....	43
2.20. Sustratos en viveros forestales.....	43
2.20.1. Sustrato.....	43
2.20.2. Tierra del lugar.....	44
2.20.3. Lama o limo.....	44
2.20.4. Aserrín descompuesto.....	45
2.21. Embolsado.....	45
2.21.1. Preparación de las bolsas.....	45
2.21.2. Llenado de los contenedores.....	45
2.22. Siembra.....	46
2.22.1. Siembra directa en bolsas.....	46
2.23. Cuidados culturales.....	46
2.23.1. Riego.....	46
2.23.2. Deshierbe.....	46
2.23.3. Semisombra.....	47
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>48</b>
3.1. Localización.....	48
3.1.1. Ubicación geográfica.....	48
3.1.2. Características ecológicas.....	48

3.1.2.1. Clima.....	48
3.1.2.2.2. Suelos.....	49
3.1.2.3. Vegetación.....	49
3.2. Materiales.....	51
3.2.1. Material vegetal.....	51
3.2.1.1. Información del material vegetal.....	51
3.2.2. Material, equipo y herramientas de campo.....	52
3.2.3. Material y equipo de laboratorio.....	53
3.3. Metodología.....	53
3.3.1. Procedimiento experimental.....	53
3.3.1.1. Construcción de vivero.....	53
3.3.1.2. Preparación del sustrato y llenado de bolsas.....	53
3.3.1.3. Tratamientos pregerminativos.....	54
3.3.1.3.1. Estratificación.....	54
3.3.1.3.2. Escarificación en agua caliente.....	54
3.3.1.3.3. Lixiviación.....	54
3.3.1.4. Siembra experimental (en bolsas de polietileno).....	55
3.3.1.5. Labores culturales.....	55
3.3.2. Diseño experimental.....	56
3.3.3. Formulación de tratamientos.....	57
3.3.1. Factores de estudio.....	57
3.3.4. Dimensiones del área experimental.....	59
3.3.5. Variables de respuesta.....	60
3.3.5.1. Determinación del porcentaje de germinación.....	60
3.3.5.2. Determinación del porcentaje de emergencia.....	60
3.3.5.3. Altura de plantines.....	60
3.3.5.4. Diámetro de tallo.....	61
3.3.5.5. Número de hojas.....	61
3.3.5.6. Longitud radicular.....	61
3.3.6. Análisis económico.....	61
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>62</b>
4.1. Resultados previos.....	62
4.1.1. Comportamiento agroclimático.....	62
4.2. Determinación de las variables de respuesta.....	65
4.2.1. Porcentaje de germinación.....	65
4.2.2. Porcentaje de emergencia.....	73
4.2.3. Altura de planta.....	80

4.2.4. Diámetro de tallo.....	86
4.2.5. Número de hojas.....	92
4.2.6. Longitud radicular.....	99
4.3. Variables económicas.....	106
4.3.1. Análisis de costos parciales.....	106
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>111</b>
<b>6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>114</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>115</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

---

	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1.</b> Características de los árboles semilleros de cada especie.....	51
<b>Cuadro 2.</b> Localización de los árboles semilleros de cada especie.....	52
<b>Cuadro 3.</b> Características de las semillas de cada especie.....	52
<b>Cuadro 4.</b> Tratamientos aplicados en el área experimental.....	58
<b>Cuadro 5.</b> Croquis del experimento.....	59
<b>Cuadro 6.</b> Análisis de varianza para el porcentaje de germinación.....	65
<b>Cuadro 7.</b> Prueba de Duncan: Medias estimadas de los tratamientos pregerminativos del porcentaje de germinación (%)......	66
<b>Cuadro 8.</b> Prueba de Duncan: Medias estimadas de las especies respecto al porcentaje de germinación (%)......	68
<b>Cuadro 9.</b> Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia.....	73
<b>Cuadro 10.</b> Prueba de Duncan: Medias estimadas de los tratamientos pregerminativos del porcentaje de emergencia (%)......	74
<b>Cuadro 11.</b> Prueba de Duncan: Medias estimadas de las especies respecto al porcentaje de emergencia (%)......	76
<b>Cuadro 12.</b> Análisis de varianza para altura de planta.....	80
<b>Cuadro 13.</b> Prueba de Duncan: Medias estimadas de los tratamientos pregerminativos para altura de planta(cm)......	80
<b>Cuadro 14.</b> Prueba de Duncan: Medias estimadas de las especies respecto la variable altura de planta (cm)......	82
<b>Cuadro 15.</b> Análisis de varianza para diámetro de tallo.....	86
<b>Cuadro 16.</b> Prueba de Duncan: Medias estimadas de los tratamientos pregerminativos para el diámetro de tallo (mm)......	87
<b>Cuadro 17.</b> Prueba de Duncan: Medias estimadas de las especies respecto la variable diámetro de tallo (mm)......	88
<b>Cuadro 18.</b> Análisis de varianza para el número de hojas.....	92
<b>Cuadro 19.</b> Prueba de Duncan: Medias estimadas de los tratamientos pregerminativos para el número de hojas.....	93
<b>Cuadro 20.</b> Prueba de Duncan: Medias estimadas de las especies respecto la variable número de hojas.....	94
<b>Cuadro 21.</b> Análisis de varianza para longitud radicular.....	99
<b>Cuadro 22.</b> Prueba de Duncan: Medias estimadas de los tratamientos pregerminativos para longitud radicular.....	100

<b>Cuadro 23.</b> Prueba de Duncan: Medias estimadas de las especies respecto la variable longitud radicular.....	102
<b>Cuadro 24.</b> Análisis económico por el método de presupuestos parciales.....	106
<b>Cuadro 25.</b> Análisis de Dominancia.....	108
<b>Cuadro 26.</b> Análisis marginal de costos variables.....	110

## ÍNDICE DE MAPAS

---

	<b>Página</b>
<b>Mapa 1.</b> Ubicación de la localidad de Sapecho – Provincia Sud Yungas.....	50

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

---

	<b>Página</b>
<b>Gráfico 1.</b> Temperaturas medias registradas en Sapecho durante el período de estudio (2008-2009).....	62
<b>Gráfico 2.</b> Humedad Relativa registrada en Sapecho durante el período de estudio (2008-2009).....	63
<b>Gráfico 3.</b> Precipitación Pluvial registrada en Sapecho durante el período de estudio (2008-2009).....	64
<b>Gráfico 4.</b> Promedio del porcentaje de germinación (%) para los diferentes tratamientos pregerminativos.....	66
<b>Gráfico 5.</b> Promedio del porcentaje de germinación (%) para las distintas especies forestales.....	69
<b>Gráfico 6.</b> Promedio del porcentaje de germinación (%) de la interacción tratamientos pregerminativos*Especies forestales.....	71
<b>Gráfico 7.</b> Promedio del porcentaje de emergencia (%) para los diferentes tratamientos pregerminativos.....	74
<b>Gráfico 8.</b> Promedio del porcentaje de emergencia (%) para las distintas especies forestales.....	77
<b>Gráfico 9.</b> Promedio del porcentaje de emergencia (%) de la interacción tratamientos pregerminativos*Especies forestales.....	78
<b>Gráfico 10.</b> Promedio de la altura de planta (cm) para los diferentes tratamientos pregerminativos.....	81
<b>Gráfico 11.</b> Promedio de altura de planta (cm) para las distintas especies forestales.....	83
<b>Gráfico 12.</b> Promedio de de altura de planta (cm) de la interacción tratamientos pregerminativos*Especies forestales.....	84
<b>Gráfico 13.</b> Promedio de diámetro de tallo (mm) para los diferentes tratamientos pregerminativos.....	87

<b>Gráfico 14.</b> Promedio de diámetro de tallo (mm) para las distintas especies forestales.....	89
<b>Gráfico 15.</b> Promedio de diámetro de tallo (mm) para la interacción tratamientos pregerminativos*Especies forestales.....	90
<b>Gráfico 16.</b> Promedio del número de hojas para los diferentes tratamientos pregerminativos	93
<b>Gráfico 17.</b> Promedio del número de hojas para las distintas especies forestales.....	95
<b>Gráfico 18.</b> Promedio del número de hojas para la interacción tratamientos pregerminativos*Especies forestales.....	97
<b>Gráfico 19.</b> Promedio de longitud radicular para los diferentes tratamientos pregerminativos	101
<b>Gráfico 20.</b> Promedio de longitud radicular para las distintas especies forestales.....	103
<b>Gráfico 21.</b> Promedio de longitud radicular para la interacción tratamientos pregerminativos*Especies forestales.....	104
<b>Gráfico 22.</b> Curva de los beneficios netos.....	109

## ANEXOS

---

- Anexo 1.** Costos de producción para los 18 tratamientos.
- Anexo 2.** Extracción y preparación del sustrato.
- Anexo 3.** Embolsado y distribución de las bolsas de polietileno.
- Anexo 4.** Semillas forestales de Quina Quina, Mara, Tarara, Cedro Blanco, Teca y Huasicucho.
- Anexo 5.** Tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días, en semillas de Mara, Tarara, Quina Quina, Huasicucho, Cedro Blanco y Teca.
- Anexo 6.** Tratamiento pregerminativo por lixiviación durante 24 horas, en semillas de Mara, Quina Quina, Tarara, Teca y Huasicucho.
- Anexo 7.** Tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Mara.
- Anexo 8.** Medición de altura de planta y diámetro de tallo.
- Anexo 9.** Germinación hipogea (alargamiento del epicótilo) en semillas de Mara y Quina Quina.
- Anexo 10.** Germinación epigea (alargamiento del hipocótilo) en semillas de Huasicucho, Teca, Tarara y Cedro Blanco.
- Anexo 11.** Plantines forestales de Quina Quina, Teca, Cedro Blanco, Huasicucho, Tarara y Mara.
- Anexo 12.** Vivero forestal comunal.
- Anexo 13.** Árboles forestales.
- Anexo 14.** Épocas de floración y fructificación de árboles del Alto Beni (PIAF – EL CEIBO).
- Anexo 15.** Resultados obtenidos con el programa SAS Sistem.
- Anexo 16.** Glosario de abreviaturas.

## RESUMEN

Los sistemas agroforestales permiten mitigar el efecto del cambio climático mediante la absorción de dióxido de carbono, también generan ingresos económicos para el agricultor con el aprovechamiento de especies maderables muy valiosas como el Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*), Quina Quina (*Myroxylon balsamum*), Teca (*Tectona grandis*), Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*), Tarara (*Platymiscium fragans*) y Mara (*Swietenia macrophylla*). En las cuales se realizó la aplicación de tres tratamientos pregerminativos: Estratificación durante 8 días, escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos y lixiviación durante 24 horas.

El estudio se llevó a cabo en el vivero comunal de Buena Vista ubicada en la localidad de Sapecho, Alto Beni de la provincia Sud Yungas del departamento de La Paz. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con arreglo factorial de dos factores, aplicando cuatro repeticiones con el fin de disminuir el error experimental donde se contaba con un total de 18 tratamientos, cada uno con 32 réplicas.

De acuerdo al trabajo de investigación se determina que el tratamiento pregerminativo estratificación durante 8 días obtuvo mejores resultados en porcentaje de germinación en las especies forestales Tarara, Mara, Cedro Blanco, con 92.25%, 55.25%, 48.75%, correspondientemente y Huasicucho con 40.00% de semillas germinadas mediante el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas. El mayor porcentaje de emergencia se obtuvo con el tratamiento pregerminativo estratificación durante 8 días en semillas de Tarara, Mara, Cedro Blanco y Huasicucho, con 87.50%, 43.25%, 43.00%, 35.00%, respectivamente.

El tratamiento pregerminativo estratificación durante 8 días, también logró un buen promedio en las variables: altura de planta con 28.54 cm en la especie Huasicucho; diámetro de tallo alcanzando 5.70 mm en plantines de Cedro Blanco y número de hojas presentando el mejor desarrollo en Tarara logrando una media de 18 hojas. En longitud radicular la especie Huasicucho alcanzó 32.18 cm, con el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos.

La evaluación de costos parciales indica que el tratamiento T<sub>5</sub> (tratamiento pregerminativo, estratificación durante 8 días en semillas de Mara) es el más favorable para el agricultor puesto que puede recuperar el boliviano invertido y obtener 1.16 bolivianos adicionales.

## 1. INTRODUCCIÓN

Bolivia cuenta con una superficie total de 1.098.581 km<sup>2</sup> de los que 48% están cubiertos de bosques, de diferentes tipos, desde bosques interandinos hasta bosques amazónicos. El departamento de La Paz presenta una superficie de 133.985 km<sup>2</sup> de los cuales 61.381 km<sup>2</sup> es cobertura boscosa, representando el 45.82%. Entre los departamentos más deforestados desde 1990 se encuentra La Paz con el 15.4 % es decir aproximadamente 10.000 ha/año (Muñoz, 2001).

El año 2004 a causa de la deforestación existió una pérdida de 276.000 ha de cobertura forestal a nivel nacional (Superintendencia Forestal BO, 2006).

Po tal motivo nuestro país presenta un nivel de gases de efecto invernadero (GEI), el sector con mayor preponderancia en las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el sector del uso del suelo y cambio en el uso del suelo, con 77%, seguido del sector energético con un 21%, y el sector de procesos industriales, con 1.8% (M M A y A, 2010).

La deforestación en Alto Beni tiene sus inicio en 1960, a través del Instituto Nacional de Colonización, destruyendo los bosques a razón de 12 a 15 ha por colonizador, para convertirlos en tierras agrícolas y así justificar la tenencias de tierras, a través de la “roza, tumba y quema”; ocasionando degradación del suelo, deslizamientos y alteraciones en los fenómenos climáticos (PIAF - EL CEIBO, 2002).

En la región de Alto Beni, existen algunos estudios de investigación; mediante instituciones como PIAF – EL CIEBO (Programa de Implementación Agroecológica y Forestal, El Ceibo) con la recolección de semillas forestales induciendo la germinación en viveros forestales para la producción de plantines; asimismo en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía-U.M.S.A, se ejecutan trabajos de tesis en semillas forestales empleando tratamientos pregerminativos.

También el proyecto O.S.C.A.R (Obras Sociales de Caminos de Acceso Rural), Jatun Sach'a, ECOTOP (Asesorías en Desarrollo Rural y Agricultura Ecológica) y la IIAB

(Inter Institucional Alto Beni); mediante un programa Agroecológico capacitan a pobladores de la zona de Alto Beni en la construcción y refacción de viveros forestales comunales y familiares, producción de germoplasma y prácticas en sistemas agroforestales con el fin de que los campesinos se preocupen y asuman tecnologías apropiadas para cuidar el medio ambiente.

Es así que Especies forestales nativas y no nativas (exóticas), como el Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*), Quina Quina (*Myroxylon balsamum*), Teca (*Tectona grandis*), Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*), Tarara (*Platymiscium fragans*) y Mara (*Swietenia macrophylla*); son de gran utilidad y beneficio dentro la implementación y manejo de un Sistema Agroforestal (sistema silvoagrícola), que significa la producción de cultivos asociados con diferentes especies forestales, maderables, frutales, medicinales, palmáceas y otros cultivos de diferentes ciclos de vida. Favoreciendo a la producción del cultivo de cítricos, banano, cacao, café; mediante la incorporación de biomasa, manteniendo y mejorando la fertilidad de los suelos, sin fertilizantes ni abonos químicos.

Dichas especies están disponibles en la zona, son de rápido crecimiento y desarrollo, con gran valor económico y ocupan diferentes estratos verticales que dan sombra, produciendo abundante biomasa que contribuye al mantenimiento del reciclaje de nutrientes, estabilizando la estructura del suelo entre otros beneficios.

Por esta razón al no existir muchos estudios se planteó el presente trabajo de investigación, efectuando la evaluación de tres tratamientos pregerminativos: Estratificación durante 8 días, escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos y lixiviación durante 24 horas, en seis especies forestales: Huasicucho, Quina Quina, Teca, Cedro Blanco, Tarara y Mara. Con la finalidad de acelerar la velocidad de germinación y reducir el tiempo de aparición de las plántulas, lo que permite disminuir el lapso de los cuidados necesarios fundamentalmente en lo que se refiere al riego y desmalezado; además, se reduce el tiempo de exposición de las semillas al ataque de insectos, hongos o cualquier otro factor que pudiera afectarlas disminuyendo los costos de producción (Ruiz, s./f.).

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo general

- Evaluar las semillas de seis especies forestales: Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*), Quina Quina (*Myroxylon balsamum*), Teca (*Tectona grandis*), Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*), Tarara (*Platymiscium fragans*) y Mara (*Swietenia macrophylla*) bajo tres tratamientos pregerminativos en vivero comunal, Sapecho- Alto Beni.

### 1.1.2. Objetivos específicos

- Analizar la influencia de los tres tratamientos pregerminativos sobre la emergencia de las seis especies en estudio.
- Determinar el porcentaje de germinación en los tres tratamientos pregerminativos.
- Describir las características agronómicas y morfológicas de cada especie.
- Evaluar los costos parciales de los tratamientos pregerminativos.

## 1.2. Hipótesis

**Ho.** No existe diferencia en la aplicación de tres tratamientos pregerminativos en semillas de seis especies forestales.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Definición de evaluación**

Proceso encaminado a determinar los cambios generados por los resultados obtenidos mediante la medición de la cantidad de algo (Varela, 2007).

### **2.2. Definición de especie**

Salinas *et al.* (1989) establecen que, es un grupo de individuos que poseen características comunes y pueden reproducirse entre sí.

### **2.3. Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*)**

El Huasicucho es una especie forestal adecuada para Sistemas Agroforestales por el rápido crecimiento de la copa y por su aporte de nutrientes al suelo a través de la descomposición (pudrición) de sus hojas, flores, frutos y ramas (Jatun Sach'a, s./f.).

El mismo autor indica que, puede asociarse con especies agroforestales que necesitan regular su temperatura (café, cacao) las mismas pueden tener además mayor acceso a nutrientes con los que se garantiza una mejor y mayor calidad del fruto a producir. En forma más espaciado, también puede establecerse el Huasicucho en plantaciones de achiote, banano y palmito cuando están en su fase final de producción.

### 2.3.1. Clasificación taxonómica

Según Mostacedo *et al.* (2003), señalan la siguiente clasificación taxonómica:

ORDEN:	Fabales
FAMILIA:	Papilionoideae
GÉNERO:	<i>Centrolobium</i>
ESPECIE:	<i>Ochroxylum</i>
NOMBRE CIENTÍFICO:	<i>Centrolobium ochroxylum</i> Rose ex Rudd.
NOMBRE COMÚN:	Huasicucho, Tejeyeque, Tarara, Tarara amarilla.

### 2.3.2. Características morfológicas

#### 2.3.2.1. Forma del tronco y la copa

Mostacedo *et al.* (2003) mencionan que, Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*), son árboles medianos de hasta 30 m de altura y 80 cm de d.a.p. copa globosa hasta asimétrica de color verde claro intenso. Fuste cilíndrico con pequeños aletones tornado la base algo sinuosa. Corteza externa gris a negruzca con placas irregulares en árboles grandes y con estrías paralelas en individuos jóvenes. Corteza interna amarillo-crema que oxida a marrón claro, con fibras rojizas y puntos de savia roja.

#### 2.3.2.2. Hojas

Limongi *et al.* (2011) señalan que, las hojas son alternas, compuestas, imparipinadas con grandes pinnas, cuando son jóvenes miden de 6 a 20 cm de largo y de 5 a 14 cm de ancho. Estípulas pareadas de más o menos 6 mm, aterciopeladas, con peciolo de más o menos 5 cm. El haz es de color verde, aunque algunas presentan tonalidades verde claro o verde oscuro. El envés de color verde a gris mate con puntos glandulosos rojizo y escamas amarillentas.

### **2.3.2.3. Frutos**

Grandes, samaroidales de hasta 17 cm de largo y 10 cm de ancho, verde cuando inmaduros, marrón oscuro y de consistencia quebradiza cuando maduros, con numerosas espinas aciculares en la cámara seminífera (donde se hallan las semillas), ala distal hasta tres veces mayor a la cámara, está recubierta por escamas peltadas en su superficie, con 1 a 3 semillas casi triangulares, aplanadas de color anaranjado claro, hasta de 1 cm de largo; apetecidos por un insecto perforador no identificado (PIAF - EL CEIBO, 2002).

### **2.3.2.4. Semilla**

Justiniano y Fredericksen (1998) señalan que, las semillas se encuentran en número de 2 a 3 por fruto, rodeadas por tejido fibro-leñoso. Tienen forma algo cilíndrica, no recta y más bien sinuosa, con apariencia de gusano de hasta 1.5 cm de largo, color crema-blanquecino de apariencia y consistencia de nuez.

### **2.3.2.5. Flores**

Según Mostacedo *et al.* (2003), las Inflorescencias son terminales, vistosas, de color amarillo-anaranjado.

### **2.3.2.6. Plántulas**

Mostacedo *et al.* (2003) señalan que, las hojas son similares a las de árboles adultos, recubiertas por las glándulas peltadas que al estrujarlas son pegajosas. Generalmente la regeneración se reproduce por medio de rebrotes de raíz.

### **2.3.3. Características ecológicas**

#### **2.3.3.1. Origen y Distribución geográfica**

Justiniano y Fredericksen (1998) mencionan que, Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*), es originario de Sudamérica, distribuida desde Panamá hasta Bolivia y Brasil. La distribución de la especie en Bolivia aún no está debidamente determinada.

Mostacedo *et al.* (2003) señalan que, en Bolivia es una especie común en la cuenca del río Ichilo, en los departamentos de Santa Cruz, Cochabamba y Beni. Se encuentra en altitudes entre 250 y 750 m.s.n.m.

En Alto Beni se halla en altitudes entre 600 y 850 m.s.n.m., en bosques submontanos o montano húmedo, de topografía ondulada hasta accidentada, en laderas expuestas y en suelos firmes desde franco arenoso a franco arcilloso (PIAF - EL CEIBO, 2002).

#### **2.3.3.2. Silvicultura**

Especie con capacidad de rebrote excepcional, con buena regeneración natural en lugares intervenidos, con floración desde fines de diciembre hasta abril, época en la que se inicia la fructificación cuya duración es de aproximadamente seis meses, es decir hasta septiembre y octubre, lapso que coincide con la época de caída de hojas, en la que se recomienda recolectar las semillas para su diseminación (PIAF - EL CEIBO, 2002).

El mismo autor indica que, esta actividad debe ejecutarse antes de que los frutos caigan naturalmente, comúnmente se puede colectar de 15 a 20 kg de semillas procesadas por árbol (separando las espinas y el ala), las semilla germinan normalmente entre los 21 y 30 días. Cada kg contiene 90 semillas (procesadas).

### **2.3.4. Cualidades de la madera**

Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*), su madera es semidura, de color marrón claro con veteados oscuros, se deja trabajar fácilmente, con durabilidad garantizada incluso en lugares tropicales húmedos (PIAF - EL CEIBO, 2002).

#### **2.3.4.1. Usos**

Se utiliza preferentemente en la carpintería para la construcción de muebles, láminas de enchape, parquet, pisos, tejas para techo y en Sistemas Agroforestales Multiestrato (Jatun Sach'a, s./f.).

## **2.4. Quina Quina (*Myroxylon balsamum*)**

Mayorga y Jiménez (s./f.) señalan que, Quina Quina puede usarse como ornamental por su copa frondosa y amplia. Se emplea como sombra en las plantaciones de café y otros cultivos. Se ha utilizado para restauración de bosques de protección, ya sea mediante plantación o manejo de la regeneración; también se recomienda para recuperación de suelos degradados, entre otras cualidades, por su capacidad de fijación de nitrógeno.

### **2.4.1. Clasificación taxonómica**

Según Mostacedo *et al.* (2003) mencionan que, la Quina Quina se clasifica de la siguiente manera:

ORDEN:	Fabales
FAMILIA:	Fabaceae
GÉNERO:	<i>Myroxylon</i>
ESPECIE:	<i>Balsamum</i>
NOMBRE CIENTÍFICO:	<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms.
NOMBRE COMÚN:	Quina, Quina - Quina, Balsamina, Bálsamo, Bálsamo negro, Estoraque, Palo Trébol, Sahumerio.

### **2.4.2. Características morfológicas**

#### **2.4.2.1. Forma del tronco y la copa**

Mostacedo *et al.* (2003) señalan que, Quina Quina (*Myroxylon balsamum*), es un árbol mediano hasta grande, de 40 m de alto y un máximo de 100 cm de d.a.p. Fuste recto y cilíndrico; base de fuste como pata de elefante. Copa redondeada y mediana, el follaje verde oscuro y denso. Corteza externa grisácea, fisurada y lenticilada. Corteza interna crema muy aromática, al igual que la madera.

#### **2.4.2.2. Hojas**

Compuestas, alternas e imparipinnadas, foliolos coriáceos, elípticos enteros, de 4 a 5 cm de longitud y 3 cm de ancho; nervios notorios, con numerosos puntos translúcidos; cara superior de color verde oscuro, cara inferior verde amarillenta; al ser estrujada entre los dedos despiden un olor típico a vainas (PIAF - EL CEIBO, 2002).

#### **2.4.2.3. Frutos**

Samaras invertidas, verdes cuando tiernas y blanquecinas cuando maduras, de 6 a 8 cm de largo, indehiscentes, con una semilla apical reniforme (como un gusano blanco), envuelta en una sustancia aceitosa de olor típico e impregnante y de sabor picante (PIAF - EL CEIBO, 2002).

#### **2.4.2.4. Flores**

Mostacedo *et al.* (2003) señalan que, las flores son de color blanco-anaranjadas dispuestas en racimos axilares.

#### **2.4.2.5. Plántulas**

Mostacedo *et al.* (2003) mencionan que, las hojas son compuestas imparipinnadas, fácilmente reconocibles por los foliolos elípticos, el ápice acuminado, pero sobre todo por la numerosa cantidad de puntos translúcidos en la lámina de los foliolos.

### **2.4.3. Características ecológicas**

#### **2.4.3.1. Origen y Distribución geográfica**

Quina Quina (*Myroxylon balsamum*), nativo de Centroamérica y Sudamérica. Se extiende desde el Sur de México hasta Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Brasil (Duque, 1981).

Mostacedo *et al.* (2003) mencionan que, en nuestro país está presente en los departamentos de La Paz, Santa Cruz, Beni y Cochabamba, desde los 235 hasta los 1500 m.s.n.m.

Tolerante a la sombra, regularmente distribuida en Alto Beni, presente en bosques submontanos, frecuentemente en lugares con suelos relativamente pobres y seco desde los 450 hasta 800 m.s.n.m. (PIAF - EL CEIBO, 2002).

#### **2.4.3.2. Silvicultura**

Tolerante a la poda, con una regeneración natural bastante regular, con flores desde enero hasta marzo, los frutos maduran de marzo a septiembre. Las semillas se pueden coleccionar en septiembre del árbol o del suelo, sembrar preferiblemente en macetas, germinan entre los 19 y 23 días. Cada kg contiene 750 a 800 semillas (PIAF - EL CEIBO, 2002).

#### **2.4.4. Cualidades de la madera**

Quina Quina (*Myroxylon balsamum*), madera pesada de color castaño rojiza, uniforme, lustrosa, olorosa, fácil de trabajar (Lara, 1988).

PIAF - EL CEIBO (2002) indica que, es una madera semidura a dura y semipesada a pesada, peso específico básico medio entre 700 a 900 kg/m<sup>3</sup>. Albura de color

blanco con bandas grises, cuando seca de color crema con bandas, duramen marrón hasta morado, un abrupto contraste de color entre ambas capas.

El mismo autor indica que, presenta un olor típico, moderadamente hasta altamente brillante, grano recto, textura fina, vetado con línea delgadas parcialmente onduladas, se deja trabajar fácilmente, cuando está seca se hace necesario el uso de herramientas diamantadas, albura susceptible al ataque de insectos.

#### **2.4.4.1. Usos**

Empleada en construcciones, vigas, carrocerías, orcones, tablas, carbón, se extrae el bálsamo del Perú que es muy aromático (Lara, 1988).

## **2.5. Teca (*Tectona grandis*)**

Fonseca (2004) menciona que, las plántulas de la Teca son usadas en Sistemas Agroforestales combinándola con cultivos anuales (arroz, maíz, soya, jengibre), árboles frutales (mango, papaya, guayaba, banano) y especies arbóreas de uso múltiple y de crecimiento rápido (mara, palo rosa); también se han establecido plantaciones puras para luego usarlas en pastoreo.

### **2.5.1. Clasificación taxonómica**

Según Fonseca (2004), la Teca se clasifica de la siguiente manera:

ORDEN:	Lamiales
FAMILIA:	Lamiaceae (Verbenaceae)
GÉNERO:	<i>Tectona</i>
ESPECIE:	<i>Grandis</i>
NOMBRE CIENTÍFICO:	<i>Tectona grandis</i> L. F.
NOMBRE COMÚN:	Teca, Sagun (India), Teck (Francia, Inglaterra y Holanda), Kyun (Birmania), Jati (Indonesia).

### **2.5.2. Características morfológicas**

#### **2.5.2.1. Forma del tronco y la copa**

Teca (*Tectona grandis*), en su lugar de origen el árbol grande, decíduo, puede alcanzar más de 50 m de altura y 2 m de diámetro. En América Central alcanza alturas superiores a los 30 m (Chaves, 1991).

El mismo autor menciona que, es un árbol de fuste recto, con corteza áspera y delgada (12 mm), fisurada, de color café claro que se desprende en placas grandes y delgadas; sin olor o sabor característico. Los árboles generalmente presentan

dominancia apical, que se pierde con la madurez o cuando florece a temprana edad, dando una copa más amplia con ramas numerosas.

#### **2.5.2.2. Hojas**

Las hojas son simples opuestas, grandes, de 11 a 85 cm de largo y de 6 a 50 cm de ancho, con peciolo gruesos (Fonseca, 2004).

Chaves (1991) señala que, los limbos son membranáceos o subcoriáceos, nervios prominentes en ambas caras.

#### **2.5.2.3. Inflorescencia**

Fonseca (2004) menciona que, las inflorescencias se encuentran en panículas erectas terminales de 40 cm de largo hasta 1.0 m de largo.

Pedicelos de 1 a 4 mm de largo. Brácteas grandes foliáceas. Bractéolas numerosas lineal – lanceoladas (Chaves, 1991).

#### **2.5.2.4. Flores**

Fonseca (2004) señala que, el cáliz es campanulado, de color amarillo verdoso, de borde dentado, los pétalos se juntan formando un tubo corto, 5 o 6 estambres insertados debajo del tubo de la corola, anteras amarillas, ovadas y oblongas. Estilo blanco amarillento más o menos pubescente con pelos ramificados, estigma blanco amarillento bífido, ovario ovado o cónico densamente pubescente con cuatro celdas.

#### **2.5.2.5. Fruto**

Fonseca (2004) establece que, el fruto es subgloboso más o menos tetrágono, aplanado; exocarpo delgado, algo carnosos cuando fresco y tomentoso; endocarpo

grueso, óseo, corrugado con cuatro celdas que encierran generalmente una o dos semillas de 5 mm de largo.

### **2.5.3. Características ecológicas**

#### **2.5.3.1. Origen y Distribución geográfica**

Teca (*Tectona grandis*), es originaria del Sureste Asiático: India, Malasia y Birmania ahora Myanmar. Otros países donde se han establecido plantaciones son: Bolivia, Perú, Brasil, El Salvador, Honduras, Ecuador, Costa Rica, Panamá y Nicaragua (Fonseca, 2004).

BASFOR (2007) citado por Quenallata (2008) menciona que, en la actualidad las zonas de plantación de teca son escasas y se encuentran ubicados en los Yungas tropicales de Bolivia a 450 y 1300 m.s.n.m., en las regiones de mayor humedad y calor atmosférica durante todo el año: Norte de La Paz, Beni, Cochabamba y Santa Cruz, las cuales cuentan con condiciones climáticas parecidas a los países de origen.

El mismo autor señala que, actualmente los Yungas del Trópico de Sapecho del Norte del departamento de La Paz cuenta con pocas plantaciones de Teca (*Tectona grandis*), razón por la cual esta especie no fue objeto de estudio para su aprovechamiento.

#### **2.5.4. Cualidades de la madera**

La albura es amarillenta blancuzca, o pálida, el duramen es de color verde oliva, moreno o dorado, con vetas más oscuras, al cortarse se torna café oscuro. La madera es moderadamente dura, pesada, con mucha resistencia y presenta anillos de crecimiento (Fonseca, 2004).

El mismo autor indica que la madera adulta tiene un aceite natural antiséptico que la hace muy resistente y la protege del ataque de insectos y hongos.

#### **2.5.4.1. Usos**

La madera posee una albura angosta, de tonalidad clara y bien delimitada del durámen. Este último es color marrón intenso y brillante. La densidad media es de  $0.64 \text{ g/cm}^3$ . El olor de la madera fresca es parecido al cuero. La teca una de las mejores y más bellas maderas que existen, de excelente calidad, extraordinaria durabilidad natural y resistente al ataque de insectos y de hongos. Por naturaleza es resistente a las termitas, pero es relativamente susceptible a las brocas marinas (Lamprecht, 1990).

El mismo autor señala que, la madera de teca es considerada, justificadamente, como la mejor para la construcción de embarcaciones, es extraordinariamente adecuada para la construcción terrestre y acuática, así para acabados de interiores y mueblería de lujo. La madera contiene un aceite que impide la oxidación de los clavos. Es una materia prima muy apreciada por la industria de chapas y de madera terciada. Además, en toda el área natural, la teca produce una madera de alta demanda para leña y carbonización.

## **2.6. Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*)**

Toledo *et al.* (2008) señalan que, es considerado un árbol melífero rico en néctar y polen utilizado en la crianza de abejas como proveedora de néctar, polen y propóleos.

Los mismos autores mencionan que, Cedro Blanco es una especie importante para la rehabilitación forestal de áreas deterioradas, es utilizada con éxito como sombra en cafetales y en plantaciones de cacao en Sistemas Agroforestales.

### **2.6.1. Clasificación taxonómica**

Según Mostacedo *et al.* (2003) mencionan que, el Cedro Blanco se clasifica de la siguiente manera:

ORDEN:	Sapindales
FAMILIA:	Meliaceae
GÉNERO:	<i>Cedrela</i>
ESPECIE:	<i>Fissilis</i>
NOMBRE CIENTÍFICO:	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.
NOMBRE COMÚN:	Cedro, Cedro Blanco.

### **2.6.2. Características morfológicas**

#### **2.6.2.1. Forma del tronco y la copa**

Mostacedo *et al.* (2003) señalan que, Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*), es un árbol grande de 40 m o más y hasta 150 cm de d.a.p. copa irregular grande, algo densa. Fuste cilíndrico a cónico, con aletones pequeños de hasta 60 cm de alto. Corteza externa corchosa con fisuras paralelas y de color café grisáceo. Corteza interna

rosada, con olor característico. Hojas alternas imparipinnadas con olor fuerte al estrujarlas, envés pubescente y la base de foliolos asimétrica.

#### **2.6.2.2. Hojas**

Compuestas, imparipinnadas o a veces paripinnadas con el foliolo terminal poco desarrollado, alternas, dispuestas en espiral, de 40 a 80 cm de longitud, con 12 a 20 foliolos opuestos o alternos, verde oscuro en la cara superior y verde pálido en la cara inferior, raquis amarillento; al ser estrujadas en los dedos despiden un fuerte olor a cebolla o ajo (PIAF - EL CEIBO, 2002).

#### **2.6.2.3. Frutos**

PIAF - EL CEIBO (2002) indica que, el fruto es una cápsula ovoide leñosa, grisácea, de 4 a 8 (-15) cm de longitud, con numerosas, manchas blancas, con 4 a 5 valvas que al abrirse forman una especie de roseta; semillas pequeñas, con alas membranáceas, de color canela, de 2 a 3 cm de largo.

#### **2.6.2.4. Flores**

Mostacedo *et al.* (2003) mencionan que, las flores son pequeñas, blanquecinas, en panículas terminales grandes y fragantes.

#### **2.6.2.5. Plántulas**

Según Mostacedo *et al.* (2003), las hojas son similares a las de árboles maduros, compuestas e imparipinnadas y fácil de identificar por el fuerte olor a ajo cuando se las estruja. Se diferencia de otras especies del género, por tener indumentos de pelos simples y los foliolos más grandes.

### **2.6.3. Características ecológicas**

#### **2.6.3.1. Origen y Distribución geográfica**

Toledo *et al.* (2008) señalan que, Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*), es originario de Centroamérica y de Sudamérica, desde Costa Rica, sur de Brasil, norte de Argentina y Bolivia.

Mostacedo *et al.* (2003) mencionan que, en Bolivia se distribuye en los departamentos de Pando, Beni, norte de La Paz, noreste de Cochabamba y gran parte de Santa Cruz. En suelos y topografías variables pero que requieren de buen drenaje.

En Alto Beni se encuentra distribuida entre los 400 y 600 m.s.n.m., en bosques submontanos, con poca frecuencia en bosques de transición amazónica y rara vez en bosques montanos húmedos en suelos profundos comúnmente franco arenosos y moderadamente ondulados (PIAF - EL CEIBO, 2002).

#### **2.6.3.2. Silvicultura**

Florece desde octubre a diciembre, la maduración de los frutos tarda desde abril hasta septiembre, defolia por completo entre agosto y octubre de 1 a 2 meses. Si bien produce grandes cantidades de semillas, al parecer las condiciones existentes bajo el dosel no son las adecuadas para la regeneración natural, se recomienda recolectar los frutos del árbol, antes de que se abran las cápsulas. Las semillas germinan de 12 a 15 días, cada kg contiene 25.000 semillas aproximadamente (PIAF - EL CEIBO, 2002).

#### **2.6.4. Cualidades de la madera**

Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*), madera mediana de color rosado amarillento a castaño con veteado, fácil de trabajar (Lara, 1988).

##### **2.6.4.1. Usos**

Mueblería, carpintería, enchapados, compensados y molduras (Lara, 1988).

Asimismo es muy utilizada en Sistemas Agroforestales Multiestratos encaminados por PIAF - EL CEIBO, mostrándose en este estado bastante saludables con pocos casos de ataque por *Hypsiphylia grandella* (PIAF - EL CEIBO, 2002).

## **2.7. Tarara (*Platymiscium fragans*)**

Ortiz y Somarriba (2005) señalan que, Tarara es utilizada en Sistemas Agroforestales como árbol de sombra en las plantaciones de cacao; aporta beneficios ecológicos, económicos y sociales al hogar, al ambiente y a la sociedad.

### **2.7.1. Clasificación taxonómica**

Según PIAF - EL CEIBO (2002) indica que, la Tarara se clasifica de la siguiente manera:

ORDEN: Fabales  
FAMILIA: Papilionoideae  
GÉNERO: *Platymiscium*  
ESPECIE: *fragans*  
NOMBRE CIENTÍFICO: *Platymiscium fragans* Rusby.  
NOMBRE COMÚN: Tarara, Tamamosi, Macacauba.

### **2.7.2. Características morfológicas**

#### **2.7.2.1. Forma del tronco y la copa**

Tarara (*Platymiscium fragans*), árbol mediano a grande, hasta 30 m de altura y 80 cm de diámetro; fuste cilíndrico, recto con siete a nueve aletones medianamente desarrollados; copa hemisférica, amplia, frondosa, caducifolia. Corteza externa de color grisáceo hasta ceniza en la base y con manchas de color naranja en la parte superior, ligeramente fisurada, fibrosa; corteza interna de color blanquecino, de 1 cm de grosor, con finísimas fibras en forma de hilachas, se oxida hasta mostrarse de un color marrón oscuro, olor típico a vainas frescas, sabor algo picante, sin ningún tipo de exudado (PIAF - EL CEIBO, 2002).

### **2.7.2.2. Hojas**

Compuestas, opuestas hasta verticiladas, de hasta 30 cm de largo, imparipinnadas, 9 a 11 foliolos opuestos, oblongos, elípticos, de ápice apicalado, haz de color verde oscuro y glabro, envés de color verde claro (en ramas tiernas con pelitos de color café), con pulvínulos en la base del peciolo; peciolulo con estípulas interpeciolares y caducas (PIAF - EL CEIBO, 2002).

### **2.7.2.3. Frutos**

Samaras elípticas, colgantes, de color verde claro, de 3 cm de largo y 1.5 cm de ancho, indehiscentes, membranáceas, con una ala delgada marginal, con pelitos cuando tiernas, glabras cuando maduras (lampiñas), con una semilla aplanada, elíptica y quebradiza en el centro del fruto (PIAF - EL CEIBO, 2002).

## **2.7.3. Características ecológicas**

### **2.7.3.1. Origen y Distribución geográfica**

Saslis *et al.* (2008) señalan que, Tarara (*Platymiscium fragans*), es originario de Sudamérica. Distribuidas desde México hasta el sur de Brasil.

En Alto Beni se encuentra en los boques submontanos húmedos en lugares con topografía ondulada y pendiente moderadas, en altitudes entre los 400 y 650 m.s.n.m., mayormente en suelos profundos de textura franco arenosa y franco limosa (PIAF - EL CEIBO, 2002).

### **2.7.3.2. Silvicultura**

PIAF - EL CEIBO (2002) indica que, la floración de esta especie tiene lugar en octubre, los frutos pueden cosecharse desde el suelo o desde el árbol en julio hasta

incluso octubre, un árbol maduro produce aproximadamente 14 kg de semilla, un kg contiene 2500 a 3000 semillas, se recomienda realizar la siembra en almácigos primeramente, tomando en cuenta sobre todo el riego. La diseminación de esta especie es a través de plantines de la regeneración natural no tiene problemas de adaptabilidad.

#### **2.7.4. Cualidades de la madera**

Según PIAF - EL CEIBO (2002) indica que, Tarara (*Platymiscium fragans*), es considerada como alternativa en la zona de por ser una de las mejores, con un peso específico básico alto entre 750 y 950 kg/m<sup>3</sup>, de color blanco rosáceo y el duramen marrón rojizo, de lustre medio.

##### **2.7.4.1. Usos**

CADEFOR (2010) indica que, se utiliza para la elaboración de puertas, parquet, pisos, láminas de enchape y construcciones.

## **2.8. Mara (*Swietenia macrophylla*)**

Navarro (1999) señala que, Mara es una especie muy “plástica” en relación con su adaptación a diferentes ambientes. Es más frecuente encontrarla en áreas planas con alta humedad, algunas veces en áreas inundadas, en áreas montañosas y pendientes fuertes; se ha plantado con éxito en sistema Taungya y también en Sistemas Agroforestales con café, cacao y otros cultivos perennes.

### **2.8.1. Clasificación taxonómica**

Según Mostacedo *et al.* (2003), la Mara se clasifica de la siguiente manera:

ORDEN:	Sapindales
FAMILIA:	Meliaceae
GÉNERO:	<i>Swietenia</i>
ESPECIE:	<i>Macrophylla</i>
NOMBRE CIENTÍFICO:	<i>Swietenia macrophylla</i> King.
NOMBRE COMÚN:	Mara, Caoba, Aguano, Mahogany, Acajou.

### **2.8.2. Características morfológicas**

#### **2.8.2.1. Forma del tronco y la copa**

Mostacedo *et al.* (2003) mencionan que, Mara (*Swietenia macrophylla*), es un árbol de 40 m de altura o más y hasta 2 m de d.a.p. Copa redondeada, densa y amplia, con ramas gruesas ascendentes. Fuste cilíndrico y recto, acanalado en la base, con aletones pequeños. Corteza externa de color marrón oscuro, fisurada hasta escamosa, con placas alargadas. Corteza interna rosada a rojiza, fibrosa, de sabor amargo.

#### **2.8.2.2. Hojas**

Compuestas, alternas, de 25 cm de longitud, paripinnadas, con 10 a 12 foliolos elípticos, enteros, glabros, asimétricos en la base; cara superior verde oscuro, cara inferior amarillenta; nervios secundarios amarillos (PIAF - EL CEIBO, 2002).

#### **2.8.2.3. Frutos**

Según Betancour (1983) señala que, los frutos son cápsulas de color gris claro y corteza lisa de forma periforme u ovoide de 10 a 18 cm de largo y de 8 a 10 cm de diámetro, abriéndose en 5 valvas. Pedúnculo leñoso de 10 a 20 cm de longitud y aproximadamente 1 cm de diámetro, encorvado para sostener el fruto en posición vertical.

#### **2.8.2.4. Semilla**

Semillas aladas y esponjosas, frágiles y de color pardo, las cuales miden-incluyendo las alas de 8 a 10 cm de largo y de 2 a 2.5 cm de ancho (PIAF - EL CEIBO, 2002).

#### **2.8.2.5. Flores**

Mostacedo *et al.* (2003) describen que, las flores son verde - amarillentas, perfumadas dispuestas en panículas grandes.

### **2.8.3. Características ecológicas**

#### **2.8.3.1. Origen y distribución geográfica**

Geilfus y Serrano (1991) señalan que, Caoba (*Swietenia macrophylla*), es originaria de los bosques húmedos desde el sur de México hasta la cuenca del Amazonas. Es la especie más comúnmente cultivada.

Mostacedo *et al.* (2003) mencionan que, en Bolivia es una especie distribuida en Pando, Beni, La Paz, Cochabamba y Santa Cruz desde los 100 hasta los 850 m.s.n.m.

Tolera muy poco la sombra, en Alto Beni se encuentra en lugares alejados de los centros poblados, en bosques submontanos y en bosques montanos húmedos, preferentemente siempre verdes desde los 400 hasta 900 m.s.n.m., en suelos firmes con topografía ondulada (PIAF - EL CEIBO, 2002).

#### **2.8.3.2. Silvicultura**

Florece de octubre a diciembre, con frutos de marzo a septiembre. Las semillas se pueden coleccionar del árbol desde junio hasta septiembre, sembrar en almácigos o también en macetas, el riego es muy importante, germinan entre los 21 y 30 días con 70% de poder germinativo. Cada kg contiene de 1800 a 2000 semillas (PIAF - EL CEIBO, 2002).

### **2.8.4. Cualidades de la madera**

Lara (1988) señala que, Mara (*Swietenia macrophylla*); se caracteriza por ser una madera mediana color castaño amarillenta a castaño oscuro uniforme fácil de trabajar.

Viscarra y Lara (1992) mencionan que, presenta una albura de color blanco amarillento, de transición abrupta a duramen color marrón rojizo, olor y sabor no característicos; grano de recto a entrecruzado; veteado suave; anillos de crecimiento claramente diferenciados por bandas concéntricas de parénquima; porosidad difusa, poros solitarios y en múltiples radiales hasta tres, numerosos (de 25 a 40 por milímetro cuadrado).

Es considerada mundialmente como la madera más fina y valiosa, tiene una textura semidura y semipesada, fácil de procesar mecánicamente obteniéndose un buen acabado superficial (PIAF - EL CEIBO, 2002).

#### **2.8.4.1. Usos**

Las características tecnológicas de la madera son altamente dependientes de las condiciones medioambientales. Por ello la densidad, el color, pero también la dureza y la textura presentan grandes variaciones. La densidad media es de  $0.54 \text{ g/cm}^3$ . El color cambia de rojizo-marrón oscuro. El brillo natural que posee le confiere excepcional belleza (Lamprecht, 1990).

Utilizada en ebanistería, compensados, paneles, construcciones, objetos de adorno (Lara, 1988).

En Alto Beni los mosetenes utilizan la corteza para teñir su ropa de color rojo oscuro. Por la poca población existente en los bosques de la zona y por su alto valor comercial PIAF - EL CEIBO emplea gran cantidad de plantas de esta especie en el establecimiento de Sistemas Agroforestales Multiestrato Sucesionales para el aprovechamiento posterior de su madera (PIAF - EL CEIBO, 2002).

## 2.9. Plagas y patógenos forestales

Geilfus y Serrano (1991) señalan que, la plaga más peligrosa que daña a la Mara (*Swietenia macrophylla*) es la mariposa *Hypsipila grandella*, que ataca los brotes terminales y axilares de los arboles jóvenes.

Toledo *et al.* (2008) mencionan que, el Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*) también es hospedero de *Hypsipila grandella*, esta plaga constituye un factor limitante para su cultivo.

Según Justiniano y Fredericksen (1998), el Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*), es un hospedero frecuente de la especie *Philodendron undulatum* (Araceae). Generalmente los parásitos están especializados en ciertas estructuras u órganos del Huasicucho. Estos se hallan, en su mayor parte, en los frutos y no en órganos vegetativos como hojas, troncos y raíces, donde no se ha reportado ningún caso de depredación o infección ocasionada por patógenos, aparte de infecciones causada por la rotura de las ramas o el fuste.

Fonseca (2004) señala que, la Teca (*Tectona grandis*) se encuentra relativamente libre de plagas y enfermedades y es considerada como muy resistente al ataque de hongos e insectos.

Respecto a Quina Quina (*Myroxylon balsamum*) y Tarara (*Platymiscium fragans*) no existe mucha información sobre las plagas que atacan a estas dos especies.

Méndez y Cárdenas (2009) explican que, el damping-off (tumbamiento) es una de las principales enfermedades que ataca a las plantas generalmente en la fase de germinación y crecimiento inicial, es una enfermedad causada por hongos (*Fusarium s.p.*, *Pythium s.p.*, *Rhizoctonia s.p.*), que provoca el oscurecimiento y daño a nivel del cuello de la plantas que se doblan y mueren. Esta enfermedad es la más común en el vivero a causa del exceso de humedad.

## **2.10. Semilla**

Rodríguez (2000) define que, la semilla es “como el embrión en estado de vida latente, acompañado o no de tejido nutritivo y protegido por el episperma”. En otros términos se llama también semilla, “al óvulo fecundado y maduro”.

### **2.10.1. Partes de la semilla**

Las semillas maduras están generalmente formadas por: una cubierta protectora con dos capas, la cubierta externa que tiene diferentes formas (testa) y la interna como de papel (tegumento). Dentro de la semilla estará la planta potencial (embrión) formado por el óvulo fertilizado. En algunas especies de angiospermas el embrión puede ser pequeño y rodeado de un tejido nutritivo (endosperma), o puede que no haya endosperma y en tal caso el embrión llena toda la semilla (Jara, 1996).

## **2.11. Propiedades externas de la semilla**

### **2.11.1. Pureza física**

Tapia (2000) citado por Lohse (1997) menciona que, pureza es un índice que señala los límites máximos de semillas extrañas y materia inerte, por tanto, eliminando semillas rotas y menores a 3/4 partes del tamaño normal, se conoce el peso neto de las semillas puras.

### **2.11.2. Número de semillas por kilogramo**

Cosme (2002) señala que, es el número de semillas que contiene en un kilogramo de peso, y sirve para la densidad de siembra, donde la semilla debe ser pura, libre de semillas deformes y vacías.

Según PIAF – EL CEIBO (2008) indica que, el número de semillas por kilogramo para cada especie es el siguiente:

- Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*), 110 semillas por kilogramo.
- Quina Quina (*Myroxylon balsamum*), 1.092 semillas por kilogramo.
- Teca (*Tectona grandis*), 1.351 semillas por kilogramo.
- Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*), 15.698 semillas por kilogramo.
- Tarara (*Platymiscium fragans*), 1.428 semillas por kilogramo.
- Mara (*Swietenia macrophylla*), 1.754 semillas por kilogramo.

### **2.11.3. Contenido de humedad**

Zeleny (1962) citado por Lohse (1997) menciona que, el contenido de agua en las semillas influye en el tiempo de conservación en ambientes a temperatura normal, cuando la humedad relativa es de 75% y las semillas contienen de 13 a 15% de humedad, estas pierden su vitalidad rápidamente y desarrollan moho y como consecuencia se reduce la viabilidad de la semilla.

#### **2.11.3.1. Clasificación de la semilla de acuerdo al contenido de humedad**

##### **2.11.3.1.1. Semillas ortodoxas**

Bartolomé y Vega (2001) mencionan que, la semilla de la mayoría de las especies forestales son “ortodoxas”, es decir, se conservan perfectamente y durante un largo período de tiempo a baja temperatura y con un contenido de humedad bajo.

Las semillas ortodoxas pueden secarse hasta un contenido de humedad bajo, de alrededor del 5% (peso en húmedo), y almacenarse perfectamente a temperaturas bajas o inferiores a 0°C durante largos períodos (Willan, 1991).

Farías (1997) señala que, sus longevidades aumentan cuando disminuye el contenido de humedad y con la temperatura durante el almacenamiento en una forma cuantificable y predecible.

### **2.11.3.1.2. Semillas recalcitrantes**

Bartolomé y Vega (2001) señalan que, las semillas “recalcitrantes” como ser: bellotas, avellanas, castañas, nueces, etc., se caracterizan porque una pérdida de humedad significa la reducción de su viabilidad. Éstas necesitan un almacenaje húmedo y frío.

Las semillas recalcitrantes no pueden sobrevivir si se las seca más allá de un contenido de humedad relativamente alto (con frecuencia en el intervalo de 20 y 50%, peso en húmedo) y que no toleran el almacenamiento durante largos períodos (Willan, 1991).

Farías (1997) señala que, a pesar de que existe gran variación en el contenido de humedad crítico entre las especies, bajo el cual la viabilidad se reduce, algunas especies comienzan a morir rápidamente aun en equilibrio con una humedad relativa ambiental de 98 – 99%, la mayoría de las semillas muere cuando su contenido de humedad está en equilibrio con una humedad ambiental de 60 – 70% (que corresponde a un contenido de humedad de 16 – 30% sobre el peso fresco). Todavía no existe un método satisfactorio para mantener la viabilidad de las semillas de estas especies, en particular las de origen tropical, por arriba de un período corto, menor a un año.

### **2.11.4. Porcentaje de germinación**

Hartmann y Kester (1997) mencionan que, el porcentaje de germinación, es el número de plantas producido por un número dado de semillas. Son características adicionales de alta calidad de germinación rápida, el crecimiento vigoroso de las plántulas y un aspecto normal de ellas.

$$\% \text{ Germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas ensayadas}} \times 100 \%$$

## **2.12. Propiedades internas de la semilla**

### **2.12.1. Germinación y emergencia**

Jara (1996) menciona que, la germinación es el proceso que termina con la emergencia y crecimiento de la raíz embrionaria (radícula).

Cruz (2007) señala que, la germinación es un proceso que comienza con la rehidratación de los distintos tejidos de la semilla y termina con el inicio del crecimiento de la radícula. Entre los factores que afectan la germinación se tiene a la humedad (rehidratación de los diferentes tejidos que forman la semilla), oxígeno (respiración aerobia, embrión) y temperatura (actividad enzimática).

La germinación se define como el surgimiento y desarrollo, a partir del embrión de la semilla, de las estructuras esenciales que indican la capacidad de la semilla para producir una planta normal en condiciones favorables. Con la desecación de la semilla está asociada una reducción de la actividad metabólica, de manera que el embrión se encuentra temporalmente en un estado de reposo o inactividad, que en las semillas no durmientes puede reactivarse fácilmente mediante las condiciones adecuadas (Willan, 1991).

El mismo autor menciona que, en la mayoría de las semillas la radícula del embrión está cerca del micrópilo, por donde el agua se absorbe con más facilidad y rapidez que atravesando la cubierta seminal. A medida que la radícula se hincha, ejerce una presión sobre la cubierta, que normalmente se abre por vez primera en este punto para liberar la radícula.

Esta da lugar a la raíz primaria, que penetra en el suelo y produce pronto raíces laterales. Las fases siguientes dependen de si la especie presenta germinación epigea, el hipocótilo se alarga y los cotiledones se elevan por encima del suelo; germinación hipogea, no se desarrolla el hipocótilo, y los cotiledones se quedan sobre el suelo o enterrados en él (Willan, 1991).

### **2.12.2. Viabilidad**

Para una población o lote de semillas, la viabilidad es la fracción de semillas que están vivas, por ejemplo, aquellas en las que se dan los procesos metabólicos, aunque en forma lenta. Algunas veces la viabilidad se emplea como sinónimo de vigor para indicar la habilidad del embrión para germinar y continuar el desarrollo, pero esto se debe evitar (Jara, 1996).

### **2.12.3. Energía germinativa**

Justice (1972) citado por Cosme (2002) señala que, es el porcentaje en número de semillas de una muestra determinada que germina hasta llegar al momento de máxima germinación, que generalmente significa el número máximo de germinación en 24 horas.

### **2.12.4. Periodo de energía**

ISTA (1973) citado por Lohse (1997) indica que, es el número de días transcurridos desde la siembra hasta el día en que se llega a la máxima germinación de un lote de semillas en determinadas condiciones.

### **2.12.5. Sanidad**

Anderson y Leach (1962) mencionan que, el estado sanitario se refiere a la presencia o ausencia de enfermedades, parásitos en las semillas, siendo importante conocer las siguientes causas: Un inóculo transmitido por semillas causa daños a los cultivos y por la dispersión o transporte de las semillas se introduce en nuevas regiones, las enfermedades en orden de importancia se caracterizan por ser: hongos, bacterias, virus nematodos y otros.

### **2.13. Proceso de la germinación**

Según Willan (1991), la germinación consiste en tres procesos parcialmente simultáneos:

- 1) absorción de agua, principalmente por imbibición, que hace que la semilla se hinche y acabe abriéndose la cubierta seminal.
- 2) actividad enzimática e incremento de las tasas de respiración y asimilación, que indican la utilización de alimento almacenado y su transposición a las zonas en crecimiento.
- 3) engrandecimiento y divisiones celulares que tienen como consecuencia la aparición de la radícula y la plúmula.

### **2.14. Factores que influyen en la velocidad de germinación**

Rodríguez (2000) menciona, los siguientes factores: El agua, luz, temperatura, oxígeno y longevidad de las semillas.

#### **2.14.1. Agua**

Las moléculas de agua que entran en las semillas secas provocan una fuerza de imbibición considerable, muchas veces suficiente para hacer romper el tegumento. Así en algunas semillas, las limitaciones físicas que la cubierta impone al desarrollo del embrión, se vencen por la rotura de la cubierta, provocada por la fuerza de la imbibición (Rodríguez, 2000).

El mismo autor señala que, en otras especies la cubierta no se rompe a consecuencia de la fuerza de la presión de imbibición, sino que es rota por la presión interna originada por el crecimiento de la radícula o por la digestión enzimática de la cubierta y de otros tejidos que rodean el embrión.

Existen semillas que cuando están intactas, son tan impermeables al agua que en ellas no se realiza la imbibición. Estas semillas sólo germinan cuando son escarificadas. Este término se utiliza para indicar cualquier tratamiento mecánico o químico del que resulta el adelgazar o romper el tegumento (Rodríguez, 2000).

#### **2.14.2. Luz**

Respecto a la germinación las semillas varían considerablemente en cuanto a su respuesta a la luz. Algunas semillas tienen unas necesidades de luz absolutas para germinar, en otras semillas la exposición a la luz actúa como inhibidora de la germinación y en un tercer grupo, la germinación está relacionada con una respuesta fotoperiódica; es decir, con una alternancia de periodos de luz y oscuridad. Todo esto resulta aún más complejo por el hecho de que la temperatura puede interactuar con la luz durante la germinación de muchas semillas (Rodríguez, 2000).

#### **2.14.3. Temperatura**

Rodríguez (2000) señala que, las semillas de cualquier especie germinan dentro de una gama específica de temperatura. En temperaturas superiores o inferiores a los valores límites de esa gama, la germinación no se verifica. De una manera general las semillas de las especies espontáneas de las regiones templadas, germinan a temperaturas más bajas que las semillas de especies nativas de regiones tropicales o subtropicales.

#### **2.14.4. Oxígeno**

Los tegumentos secos son generalmente menos permeables al oxígeno que los que embebieron agua. Sin embargo la variación de permeabilidad al oxígeno está, de un modo general, asociada a las células muertas del tegumento, es posible que la permeabilidad al oxígeno de la membrana de las células vivas internas, sea también directa o indirectamente afectada, cuando la semilla embebe agua. La importancia

del oxígeno en el proceso de la germinación proviene de su acción en la respiración aeróbica (Rodríguez, 2000).

#### **2.14.5. Longevidad de las semillas**

La longevidad de las semillas varía de algunas semanas a muchos años, conforme las especies y las condiciones ambientales a que las semillas están sujetas. Las semillas de la mayoría de las plantas cultivadas, tienen una vida relativamente corta en condiciones normales de almacenamiento, permaneciendo vivas, apenas unos tres años (Rodríguez, 2000).

El mismo autor menciona que, la longevidad de esta semilla puede, en muchos casos, aumentar francamente, si ellas se mantuvieran en condiciones adecuadas. En otro extremo, hay algunas semillas que se mantienen vivas durante más de cien años.

#### **2.15. Tipos de germinación**

##### **2.15.1. Germinación epigea**

En otras especies, el hipocótilo comienza a crecer rápidamente una vez que la radícula está suficientemente desarrollada. Esto generalmente hace que brote un arco fuera del suelo y después se endereza. El hipocótilo se hace más fuerte y los cotiledones se expanden, se vuelven verdes y comienzan a funcionar como hojas. Durante este tiempo la cubierta de la semilla se cae (Jara, 1996).

El mismo autor señala que, poco después el epicótilo comienza a crecer y la plúmula se desarrollará para convertirse en el tallo primario y producir las primeras hojas verdaderas. Si la semilla tiene un endosperma, este es absorbido por los cotiledones durante el crecimiento inicial.

### **2.15.2. Germinación hipogea**

El punto de crecimiento (epicótilo) que está sobre los cotiledones comienza a crecer rápidamente formando un brote que termina en hojas rudimentarias (plúmula). La plúmula se dobla hacia atrás mientras que el brote sale del suelo, pero eventualmente se vuelve hacia la luz, y forma las primeras hojas de la plántula (Jara, 1996).

El mismo autor indica que durante este periodo, los nutrientes de los cotiledones son absorbidos hasta secarse. Luego la plántula se nutre por si sola mediante la raíz y las hojas verdes con capacidad de fotosíntesis.

### **2.16. Latencia**

El término “latencia” se refiere a una condición de una semilla viable que impide que ésta germine en presencia de los factores que normalmente se consideran suficientes para la germinación: temperatura adecuada, humedad y medio ambiente gaseoso. Una semilla viable es la que puede germinar en condiciones favorables, siempre que en su caso se elimine la latencia que pueda estar presente (Willan, 1991).

El mismo autor menciona que, la intensidad de la latencia en la semilla varía no solo entre especies, sino también entre árboles de la misma especie. Algunas veces es causada por las condiciones ambientales prevalecientes durante el desarrollo de la semilla. Un manejo inapropiado puede hacer que entre en este estado. Ciertas especies tienen semillas que germinan inmediatamente después de estar totalmente desarrolladas y maduras.

Las semillas entran en latencia al estar en contacto con el oxígeno y condiciones más secas, ya que desarrollan una cubierta dura que evita la entrada de agua y por consiguiente la germinación. Si las semillas se secan al vacío o en una atmósfera con nitrógeno, la cubierta permanece verde y permeable al agua y germinarán inmediatamente (Jara, 1996).

Varela y Arana (2011) explican que, se considera que la latencia es una adaptación que contribuye a la supervivencia del individuo, ya que restringe la germinación cuando los factores ambientales son desfavorables para el desarrollo de la plántula. Mediante la aplicación de tratamientos pregerminativos en vivero es posible disminuir la latencia a un grado mínimo, promoviendo la germinación de la semilla; estos tratamientos varían según la especie.

### **2.16.1. Tipos de latencia**

Según Willan (1991), la latencia puede ser de varios tipos distintos, y a veces la misma semilla presenta más de un tipo. La clasificación más sencilla distingue entre a) latencia exógena o del pericarpo/cubierta seminal; b) latencia endógena o del embrión, y c) latencia combinada, en la que la latencia afecta al mismo tiempo a la cubierta seminal y al embrión.

#### a) Latencia exógena

- Física: Es decir, impermeabilidad de la cubierta o el pericarpo al agua.
- Química: Es decir, inhibidores en el pericarpo o la cubierta.
- Mecánica: Es decir, resistencia mecánica del pericarpo o la cubierta al crecimiento del embrión.

#### b) Latencia endógena (morfológica)

- Morfológica: Es decir, subdesarrollo del embrión.

#### bi) Latencia endógena (fisiológica)

- Fisiológica: Es decir, mecanismo fisiológico inhibitor que impide la germinación.
- Superficial: Mecanismo inhibitor débil.
- Intermedia: Mecanismo inhibitor intermedio.
- Profunda: Mecanismo inhibitor fuerte.

c) Latencia combinada morfofisiológica

- Combinación de subdesarrollo del embrión con mecanismo fisiológico inhibidor fuerte.
- Combinación de subdesarrollo del embrión con mecanismo fisiológico inhibidor fuerte del crecimiento del epicótilo.

ci) Latencia combinada exógena/endógena

- Diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpo con latencia fisiológica endógena.

## **2.17. Crecimiento de los plantines**

Rodríguez (1991) citado por Mamani (2006) define que, el crecimiento vegetativo es un proceso fisiológico muy complicado y depende de la mayoría de los otros factores que tienen lugar en una planta, como: la fotosíntesis, respiración, absorción de agua y sustancias nutritivas minerales y orgánicas. Los procesos fisiológicos se caracterizan por el desarrollo de los órganos de asimilación, como las raíces, tallos y hojas.

## **2.18. Tratamientos pregerminativos**

Para Acuña (2000) citado por Poblete (2007) señala que, los tratamientos para eliminar la latencia son: Estratificación, escarificación, lixiviación, combinación de tratamientos, hormonas y otros estimulantes químicos.

Varela y Arana (2011) mencionan que, los tratamientos pregerminativos, son todos aquellos procedimientos necesarios para romper la latencia de las semillas, esto es, el estado en que se encuentran algunas tal que, estando vivas, no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio sean las adecuadas para ello.

El tratamiento de semillas antes de la siembra es necesario para semillas con reposo vegetativo interno que puede retrasar la germinación por meses o años. La germinación irregular y retrasada es desastrosa para los viveros, porque las plantas

deben alcanzar tamaño uniforme para la plantación en fechas específicas. El propósito de tratamientos previos es abreviar el reposo vegetativo para obtener una germinación más uniforme (Ruiz, 2002).

### **2.18.1. Lixiviación**

Fossati y Olivera (1996) explican que, el método más simple para ayudar a germinar a las semillas es remojarlas en agua limpia por 24 o 48 horas y bajo techo (sombra). Una vez terminado este proceso, se pueden sembrar las que se han hinchado directamente en bolsas de polietileno.

Varela y Arana (2011) mencionan que, las semillas son remojadas en agua corriente con la finalidad de remover los inhibidores químicos presentes en la cubierta. Este tratamiento también es empleado con el objetivo de ablandar la testa. El tiempo de remojo puede ser de 12, 24, 48 y hasta 72 horas, y en algunos casos cambiándoles el agua con cierta frecuencia; habitualmente el remojo se efectúa en agua a temperatura ambiente.

Este tratamiento en húmedo combinan a veces dos efectos, el de ablandar la cubierta dura y el de extraer por lixiviación los inhibidores químicos (Willan, 1991).

Mérola y Díaz (2012) mencionan que, las semillas pueden contener varias sustancias químicas que impiden la germinación y que reciben el nombre de inhibidores. Entre estos se mencionan la lactona, cumarina y sus derivados; amoníaco, ácido cianhídrico, aceites esenciales, glucósidos, etc.

### **2.18.2. Escarificación en agua caliente**

Ruiz (2002) señala que, el método de humedecimiento en agua caliente envuelve el calentamiento del agua a temperatura de 77°C a 100°C (171 a 121°F).

Fossati y Olivera (1996) mencionan que, se prepara una olla con agua hirviendo. Al mismo tiempo, se coloca un manojito de semillas dentro de un trapo o tela delgada. Se sumerge el trapo con las semillas dentro del agua hirviendo por el tiempo de 3 a 4 minutos, teniendo el cuidado de menear la tela o red para que los efectos del

tratamiento alcancen a todas las semillas. Con este tratamiento se suaviza la capa dura que protege la semilla para permitir la entrada de la humedad, de este modo la semilla empieza a germinar.

Mesén *et al.* (1996) señalan que, el método de escarificación en agua caliente permite la entrada de agua y facilita el intercambio de gases lo cual ayuda positivamente a la germinación de la semilla.

El tratamiento con agua caliente ha dado buenos resultados en varias semillas de leguminosas. Por lo general se colocan las semillas en agua hirviendo, que se retira inmediatamente de la fuente de calor y se deja enfriar poco a poco. Por imbibición, las semillas se van hinchando a medida que se enfría el agua (Willan, 1991).

El mismo autor menciona que, la relación adecuada entre el volumen de agua y el volumen de semillas puede determinarse experimentalmente. Puede variar de una manera considerable según la especie de que se trate, y se ha sugerido que la cantidad de agua sea mayor que la de semilla en 2-3 veces, 4-5 veces, y 5-10 veces.

Fossati y Olivera (1996) mencionan que, luego de este proceso se debe seleccionar las semillas hinchadas, ya que inmediatamente se debe realizar la siembra directa en bolsas de polietileno, una semilla por bolsa; obteniendo así un excelente porcentaje de germinación, ahorrándose los trabajos que significan el almácigo y repique.

### **2.18.3. Estratificación**

La estratificación es un método que sensu stricto consiste en colocar las semillas en capas que alternan con otras de un medio que conserva la humedad, como arena, turba o vermiculita (Willan, 1991).

Varela y Arana (2011) señalan que, en el caso de la estratificación cálida, esta se basa en la necesidad de las semillas de estar sometidas a altas temperaturas para poder germinar. En este caso la temperatura empleada oscila entre 22°C y 33°C.

Fossati y Olivera (1996) manifiestan que, en este método es muy importante el mantener la humedad de la arenilla siempre alta, lo que significa que se debe regar dos veces por semana. Las semillas deben permanecer en la caja o bandeja de estratificación por un periodo no mayor a 10 días. Una vez terminado el plazo las semillas hinchadas serán sembradas directamente en bolsas de polietileno y las demás serán desechadas.

Solórzano (2005) menciona que, la caja o bandeja de estratificación debe estar en un lugar con sombra. Las semillas se las retira una vez que aparezca el punto blanco del tallito. Esto puede suceder de varias semanas o meses según la especie.

## **2.19. El vivero**

El vivero forestal es el sitio donde nacen y se crían las plantas forestales, permaneciendo el tiempo necesario para lograra la altura y el vigor indispensables para llevarlas al sitio definitivo de la forestación (Díaz, s./f.).

Huchani y Carvajal (2005) mencionan que, el vivero es una infraestructura adecuada para la producción y cuidado de plantas desde el almacigado o enraizamiento de estacas hasta el momento de trasplante al lugar definitivo.

### **2.19.1. Vivero comunal**

Méndez y Cárdenas (2009) señalan que, es donde un grupo de personas de las familias trabajan juntas para producir plantines para todos los miembros de la comunidad y en partes iguales.

## **2.21. Sustratos en viveros forestales**

### **2.21.1. Sustrato**

Sustrato es el medio donde germina la semilla, sirve de sostén y alimento a la nueva planta en la primera etapa de su vida (Varela, 2007).

Fossati y Olivera (1996) explican que, un sustrato es la mezcla de distintos materiales utilizados en un vivero, entre los que encontramos: Tierra vegetal, tierra negra, arenilla, lama, guano, compost y tierra vegetal.

Los mismos autores mencionan que, el sustrato utilizado para el llenado de bolsas debe tener contener un mayor número de nutrientes y una textura franco limosa a franco arcillosa. En este sustrato las plántulas crecen y se desarrollan hasta su establecimiento en plantación.

Según Bartolomé y Vega (2001) señalan que, el sustrato debe tener las siguientes características concretas:

- Ser el soporte físico de las plantas.
- Tener la alta capacidad de absorción de agua y de rehidratación para disminuir la frecuencia del riego.
- Poseer alta porosidad para suplir el aporte de oxígeno a las raíces y un buen drenaje, evitando así encharcamientos.
- Presentar pH ligeramente ácido, para evitar ataque de hongos y desequilibrios en la absorción de nutrientes por parte de la planta. También deberán tener gran capacidad de retención y cesión de nutrientes, con los que alimentara a la planta.
- Ser ligeros para reducir el esfuerzo de transporte y facilitar el manejo en el cultivo y la plantación.
- Ser estériles, es decir, no contener agentes patógenos que puedan afectar a las plantas o semillas de hierbas anuales o invasivas.
- Tener una textura fibrosa para la formación de cepellones consistentes.

### **2.21.2. Tierra del lugar**

Fossati y Olivera (1996) mencionan que, aquellas tierras ubicadas en sitios sobre los 3.000 m.s.n.m o en zonas húmedas, presentan características de suelos de textura mediana (franco arcillosos) y reacción ácida, semejantes a la tierra negra. En

cambio, aquellos suelos de zonas por debajo de los 3.000 m.s.n.m presentan características desde ligeramente ácidas a ligeramente alcalinas, con suelos livianos o franco arenosos y suelos semi pesados o franco limosos (estos últimos compuestos de arcillas rojas con pocos nutrientes).

Los mismos autores señalan que, la función de la tierra del lugar es substituir, en forma barata y sencilla, a materiales del sustrato que son difíciles de encontrar. Además le da a la planta un medio parecido al que tendrá en su sitio de plantación.

### **2.21.3. Lama o limo**

Fossati y Olivera (1996) mencionan que, este material, cuando esta húmedo, no se pega ni se rompe fácilmente al contacto de los dedos. Tiene una reacción ligeramente ácida a neutra (pH 6.0 a 7.0), variando de acuerdo a su lugar de origen. Se encuentra en las orillas de los ríos, formando bancos de diferentes tamaños. Su función es la de mantener una estructura adecuada para el crecimiento de las raíces, mantener la humedad y aportar nutrientes en pequeña escala.

Son partículas fragmentarias que derivan, en su mayoría de la arena, por lo cual, también predomina el cuarzo. En el limo ya aparecen algunas propiedades de plasticidad, adhesividad y absorción, debido a las películas de arcilla que las recubren (Miranda, 2002).

### **2.21.4. Aserrín descompuesto**

Coarite (2000) citado por Mamani (2006) señala que, el aserrín descompuesto tiene la ventaja de facilitar las labores culturales, fácil manipulación para el repique de plántulas.

Villachica (1996) citado por Mamani (2006) menciona que, el aserrín descompuesto que da mejor resultado es el originado en maderas rojas, el que aparentemente tiene efecto fungicida o insecticida por los taninos que poseen.

Navarro *et al.* (1995) señalan que, el aserrín puede ser empleado como sustrato de cultivos, con poca intervención en la nutrición de la planta pero con una interesante capacidad de retención hídrica.

## **2.22. Embolsado**

### **2.22.1. Preparación de las bolsas**

Según Huchani y Carvajal (2005), las bolsas negras deben tener dos huecos en la base para que salga el agua de riego sobrante, evitando así que los plantines mueran.

### **2.22.2. Llenado de los contenedores**

Si los contenedores son bolsas de polietileno, deben llenarse hasta que tomen la forma semejante a un cilindro y con sustrato hasta 1 cm antes del borde. Para el llenado, tomar un poco de sustrato, compactarlo (sujetar la bolsita con las manos y golpearla contra el piso), apretar con los dos dedos, y volver a repetir las operaciones hasta la bolsita se llene (Díaz, s./f.).

## **2.23. Siembra**

Huchani y Carvajal (2005) señalan que, la profundidad de siembra debe ser la suficiente para que el agua de riego no destape la semilla, no debe ser mayor a dos veces el tamaño de la semilla.

### **2.23.1. Siembra directa en bolsas**

Méndez y Cárdenas (2009) mencionan que, Utilizada generalmente con semillas grandes que tienen alto porcentaje de germinación.

## **2.24. Cuidados culturales**

### **2.24.1. Riego**

Méndez y Cárdenas (2009) señalan que, el riego debe hacerse antes y después de la siembra para obtener un buen crecimiento de los plantines la humedad inicial depende de la cantidad de agua utilizada, por lo que es importante regar uniforme y lentamente.

### **2.24.2. Deshierbe**

Méndez y Cárdenas (2009) mencionan que, es un trabajo manual que si no se realiza a tiempo ocasiona graves pérdidas en la producción puesto que las hierbas compiten con las plantas por nutrientes, luz y agua.

### **2.24.3. Semisombra**

Méndez y Cárdenas (2009) explican que, la semisombra puede ser alta o baja y se utiliza en la mayoría de los casos para que las especies no reciban directamente la luz del sol, especialmente en la fase inicial y gradualmente se puede controlar su exposición al sol. Cuando existe demasiada sombra las plantas son más altas, delgadas, inclinadas y sus hojas son de color verde oscuro. La semisombra puede ser de hojas de palmera o de tela milimétrica.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización**

##### **3.1.1. Ubicación geográfica**

El presente estudio de investigación se realizó en la comunidad de Buena Vista ubicada a 1 km de la localidad de Sapecho en la región de Alto Beni, provincia Sud Yungas, del departamento de La Paz. Sapecho geográficamente se encuentra ubicada entre 15°31' de latitud sur y 67°26' de longitud oeste y una altitud aproximada de 450 m.s.n.m., situada a una distancia de 235 km de la ciudad de La Paz (CUMAT – COTESU, 1985).

##### **3.1.2. Características ecológicas**

###### **3.1.2.1. Clima**

El clima de Alto Beni se caracteriza por ser cálido y húmedo sin embargo las variaciones topográficas influyen en la distribución de las precipitaciones. Las temperaturas medias anuales, oscilan entre 24 a 25°C. Los promedios mensuales fluctúan entre los 22°C y 26°C, mientras que las temperaturas extremas máximas mensuales superan los 34°C, y las temperaturas extremas mínimas mensuales descienden de lo 16°C (CUMAT - COTESU, 1985).

Las precipitaciones anuales varían entre 1.300 mm y 1.600 mm. Sin embargo, subiendo a las serranías se nota un marcado aumento en las precipitaciones a 950 m.s.n.m. La época de lluvias dura 5 meses, de noviembre a marzo. El carácter estacional es marcado por una época seca entre mayo y septiembre, durante la cual esta área está sujeta a marcados descensos de temperatura debido a la afluencia de frentes fríos conocidos como “surazos”, que pueden durar hasta una semana (López, 2001).

### 3.1.2.2. Suelos

Elbers (1995) citado por López (2001) explica que, la mayoría de los suelos de la zona de Alto Beni están libres de carbonatos, es decir no hay incidencia de concreciones calcáreas en la arenisca terciaria, que es el material parental predominante. Respecto a la fertilidad se agruparon en dos: Al primer grupo pertenecen los acrisoles háplicos y los cambisoles dístricos que son poco fértiles. Son suelos franco-arenosos, muy ácido, pobre en nutrientes, con baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) y baja saturación de bases.

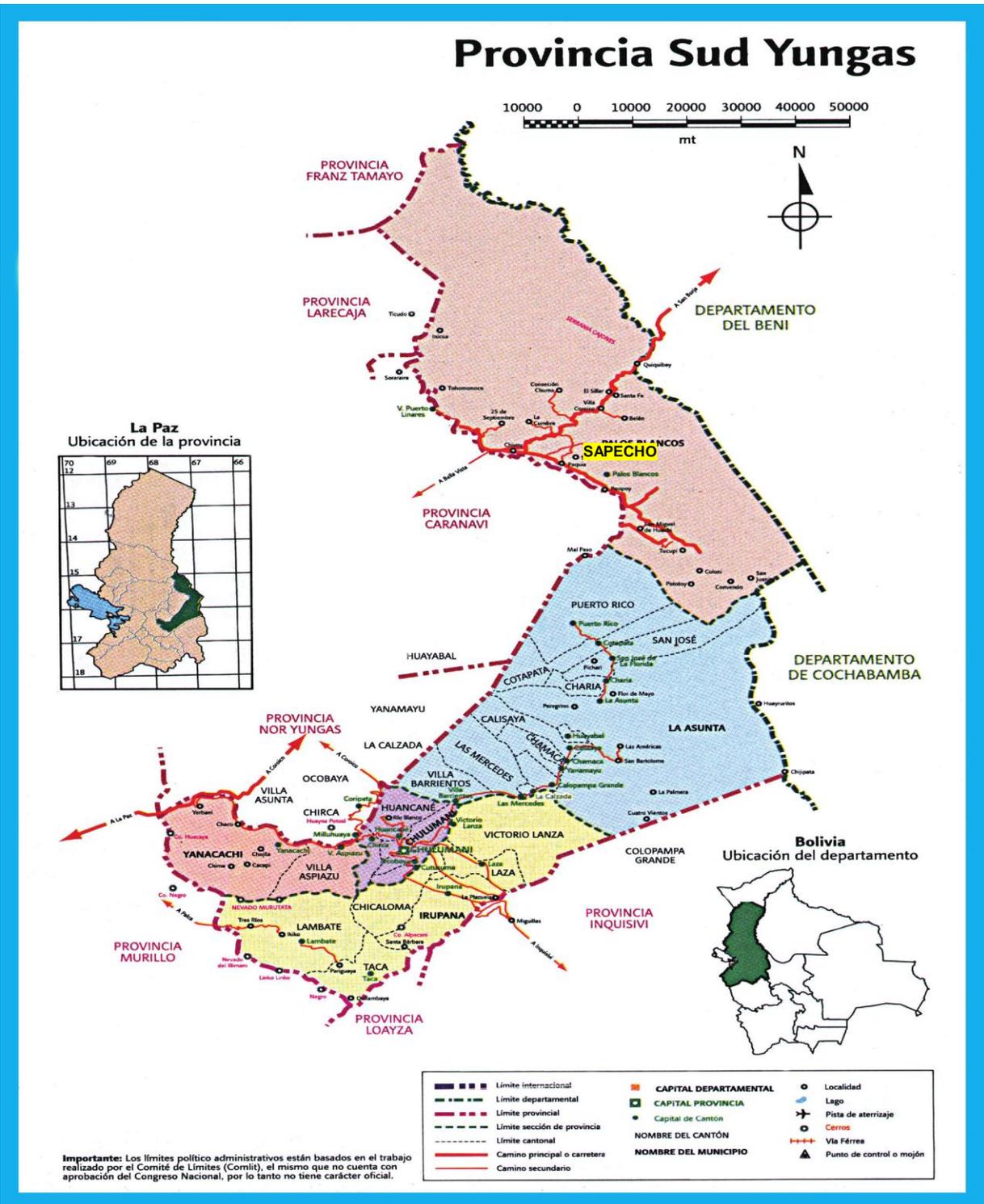
El mismo autor menciona que, el segundo grupo está formado por cambisoles crómicos y lixisoles háplicos de buena fertilidad. Se trata de suelos con textura más fina (franco, franco - arcillosa), moderadamente ácidos, mayor CIC y saturación de bases.

### 3.1.2.3. Vegetación

Según Morales citado por Ordoñez (2005) señala que, biográficamente clasifican a esta zona de vida como bosque húmedo sub andino. La vegetación está constituida por un bosque siempre verde relativamente alto y tupido que en algunas áreas conserva todavía manchones de bosque virgen.

El mismo autor indica que, los bosques aún no alterados, presentan estratos arbóreos superpuestos y una gran diversidad de especies como ser: Bibosi (*Ficus spp.*), Chima (*Bactris gasipaes*), Leche Leche (*Brosimum alicastrum*), Laurel (*Nectandra spp.*), Quina Quina (*Myroxylon balsamum*), Mara (*Swietenia macrophylla*), Cedrillo (*Spondias mombin*), Ambaibo (*Cecropia spec*), entre otros.

Morales citado por Ordoñez (2005) menciona que, entre los cultivos sobresalen el Cacao (*Theobroma cacao*), Banano (*Musa acuminata*), Plátano (*Musa balbisiana*), Papaya (*Carica papaya*), Yuca (*Manihot esculenta*), Arroz (*Oryza sativa*) y forrajes; la mayoría de ellos en forma de sistemas agroforestales y/o producción orgánica. Algunos sectores bajos y mal drenados están cubiertos por vegetación natural.



Fuente: Provincias de La Paz (2009)

Mapa 1. Ubicación de la localidad de Sapecho – Provincia Sud Yungas

## 3.2. Materiales

### 3.2.1. Material vegetal

Se utilizó semillas de Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*), Quina Quina (*Myroxylon balsamum*), Teca (*Tectona grandis*), Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*), Tarara (*Platymiscium fragans*) y Mara (*Swietenia macrophylla*), las cuales fueron obtenidas del Banco de Semillas de PIAF - EL CEIBO, en la localidad de Sapecho, provincia Sud Yungas.

La cantidad de semillas adquiridas para los tres tratamientos y cuatro repeticiones fueron las siguientes: Huasicucho (3491 g), Cedro Blanco (25 g), Mara (219 g), Quina Quina (352 g), Teca (284 g), Tarara (269 g).

#### 3.2.1.1. Información del material vegetal

**Cuadro 1. Características de los árboles semilleros de cada especie**

Nº	Especie	DAP (cm)	Altura Fuste (m)	Altura Total (m)	Edad Actual	Distribución de Ramas	Forma del Fuste	Observaciones (Estado fitosanitario, base del árbol, especies en el entorno, etc.)
1	MARA	51.00	5	12	Maduro	Bueno	Bueno	Cacao, Toronja, Mandarina, Majo, Palta.
2	QUINA QUINA	52.00	9	18	Maduro	Bueno	Bueno	Cacao, Chima, Citricos, Platano.
3	CEDRO BLANCO	25.48	6	13	Maduro	Bueno	Bueno	Sano (Toronja,cacao).
4	TARARA	58.00	7	16	Maduro	Bueno	Bueno	Gabetillo, Huairuro,Huasicucho, Cuchi.
5	HUASICUCHO	43.00	7	13	Maduro	Bueno	Regular	Gabetillo, Mandarina, Cacao, Motacu.
6	TECA	*	*	*	*	*	*	*

**Fuente:** Banco de semillas PIAF – EL CEIBO (2009)

**Cuadro 2. Localización de los árboles semilleros de cada especie**

Nº	Especie	Comunidad	Tipo de suelo	Origen	Altitud (m.s.n.m)
1	MARA	Brecha "F"	Franco arcilloso	Plantación	571
2	QUINA QUINA	San Antonio	*	Plantación	460
3	CEDRO BLANCO	Brecha "G"	*	Plantación	508
4	TARARA	Tupiza "B"	*	Plantación	468
5	HUASICUCHO	Buena Vista	Franco limoso	Plantación	607
6	TECA	Litoral	*	*	*

Fuente: Banco de semillas PIAF – EL CEIBO (2009)

**Cuadro 3. Características de las semillas de cada especie**

Nº	Especie	Germinación (%)	Pureza (%)	Viabilidad	Año de colecta
1	MARA	77.0	80	3 años	2008
2	QUINA QUINA	45.5	75	1 años	2008
3	CEDRO BLANCO	61.0	85	1 años	2008
4	TARARA	57.0	90	8 meses	2008
5	HUASICUCHO	80.0	95	1 años	2008
6	TECA	70.0	85	3 años	2008

Fuente: Banco de semillas PIAF – EL CEIBO (2009)

### 3.2.2. Material, equipo y herramientas de campo

Sustratos: Tierra del lugar, lama o limo y aserrín descompuesto, postes, estacas, hojas de motacú, vernier, cámara fotográfica, libreta y planillas de registro, 2.304 bolsas de polietileno negro de 80 micras de grosor y de 12 x 20 cm de tamaño, pala, picota, machete, tamizador, regadera, flexómetro, rastrillo, clavos, guantes, sogas, alambre tejido y pala de jardinería.

### **3.2.3. Material y equipo de laboratorio**

Tela de algodón, agua corriente, balanza de precisión (digital), termómetro de 100°C, seis bandejas de plástico, hornilla, seis bolsas negras.

## **3.3. Metodología**

### **3.3.1. Procedimiento experimental**

#### **3.3.1.1. Construcción de vivero**

Una vez ubicado el lugar para la construcción del vivero se realizó la delimitación, nivelación y deshierbe del terreno; se utilizó materiales del lugar para la instalación de postes en las cuatro esquinas y caña hueca en la parte superior usando como semisombra hojas de motacú, a una altura de 2 m sobre el nivel del suelo.

Se protegió el área experimental con cerco de alambre tejido dejando una puerta de acceso en la zona de trabajo.

#### **3.3.1.2. Preparación del sustrato y llenado de bolsas**

Se preparó sustrato con una proporción de tierra del lugar al 50%, 30% de lama y 20% de aserrín descompuesto, con el fin de tener una mezcla suelta con capacidad de aireación y buen drenaje.

Para ello se acopió tierra del mismo lugar donde se instaló el vivero, se recolectó lama a orillas del río Beni y el aserrín descompuesto de un aserradero del pueblo.

Una vez obtenido y transportado hacia el vivero se procedió a la mezcla y tamizado mediante una malla metálica con el fin de eliminar raíces y otros rastrojos; finalmente se realizó el llenado de las bolsas de polietileno.

### **3.3.1.3. Tratamientos pregerminativos**

#### **3.3.1.3.1. Estratificación**

La estratificación se realizó en bandejas plásticas una para cada especie, colocando las semillas en capas alternando con lama húmeda posteriormente cada bandeja fue introducida en una bolsa nylon de color negro ubicándolas después bajo techo (sombra), debido a que este tratamiento conserva la humedad y temperatura la cual fue de 30°C al interior de la bandeja. En este método es importante mantener la humedad de la lama siempre alta, por lo que se regó dos veces por semana.

Las semillas permanecieron en la bandeja por un periodo de 8 días. Una vez terminado el plazo, las semillas hinchadas fueron sembradas directamente en bolsas de repique (macetas).

#### **3.3.1.3.2. Escarificación en agua caliente**

Se preparó un recipiente de aluminio con agua poniéndola sobre una hornilla, esperando a que caliente a una temperatura de 85°C (registrada por el termómetro), posteriormente se colocaron las semillas dentro de una tela de algodón delgada sumergiéndolas por un tiempo de 3 minutos con el cuidado de remover constantemente la tela que contenía las semillas; dicho procedimiento se realizó para cada especie, finalmente se efectuó la siembra directa en bolsas de repique (macetas).

#### **3.3.1.3.3. Lixiviación**

Se dispusieron 6 bandejas de plástico para cada especie en ellas se colocaron las semillas cubriéndolas con agua limpia corriente, por un tiempo de 24 horas bajo techo (sombra), terminando el proceso se realizó la siembra directa en bolsas de repique (macetas).

#### **3.3.1.4. Siembra experimental (en bolsas de polietileno)**

Después de preparar y ordenar los contenedores (macetas) en el área experimental, en las 4 repeticiones distribuyendo al azar los 18 tratamientos en cada repetición y una vez concluida la aplicación de las diferentes técnicas pregerminativas en las semillas forestales: estratificación durante 8 días, escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos, lixiviación durante 24 horas; se efectuó la siembra experimental.

Posteriormente se procedió al riego con el fin de dar las condiciones adecuadas para el proceso de germinación y emergencia.

#### **3.3.1.5. Labores culturales**

La frecuencia de riego se ajustó a las condiciones climáticas locales de la zona ya que la siembra se realizó en el mes de diciembre (época de lluvia) por lo que el riego no fue constante.

El deshierbe se realizó después de la emergencia de las plántulas, hasta el cuarto mes de estudio con el fin de evitar la competitividad.

Para el control de plagas se preparó un insecticida natural a base de ajo (una cabeza), cebolla (una cabeza) y locoto (tres unidades), cortándolas finamente para macerarlas durante 48 horas, filtrándolo y mezclándola posteriormente en dos litros de agua para su aplicación cada 15 días; con el fin de evitar una alta incidencia especialmente del lepidóptero barrenador *Hypsiphylia grandella*.

Referente a enfermedades se presentó damping - off o mal de almaciguera de dos tipos: pudrición de semillas y damping - off post - emergente causando baja en los plantines, por tal motivo se realizó la separación y eliminación manual de plantines infectados; la causa de esta enfermedad fue el exceso de humedad por la presencia de lluvias.

### 3.3.2. Diseño experimental

Para la evaluación del presente trabajo de investigación se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial de dos factores (Ochoa, 2007); asignándose 18 tratamientos con 4 repeticiones obteniendo un total de 72 unidades experimentales.

#### Modelo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Una observación.

$\mu$  = Media poblacional.

$\alpha_i$  = Efecto del i - esimo nivel del factor A.

$\beta_j$  = Efecto del j - esimo nivel del factor B.

$\alpha\beta_{ij}$  = Interacción del i - esimo nivel del factor A, con el j - esimo nivel del factor B (interacción A x B).

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental.

### 3.3.3. Formulación de tratamientos

#### 3.3.3.1. Factores de estudio

**Factor A:** Tratamientos pregerminativos.

a<sub>1</sub>= Estratificación durante 8 días.

a<sub>2</sub>= Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos.

a<sub>3</sub> = Lixiviación durante 24 horas.

**Factor B:** Especies forestales.

b<sub>1</sub>= Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*).

b<sub>2</sub>= Quina quina (*Myroxylon balsamum*).

b<sub>3</sub>= Teca (*Tectona grandis*).

b<sub>4</sub>= Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*).

b<sub>5</sub>= Mara (*Swietenia macrophylla*).

b<sub>6</sub>= Tarara (*Platymiscium fragans*).

#### Cuadro 4. Tratamientos aplicados en el área experimental

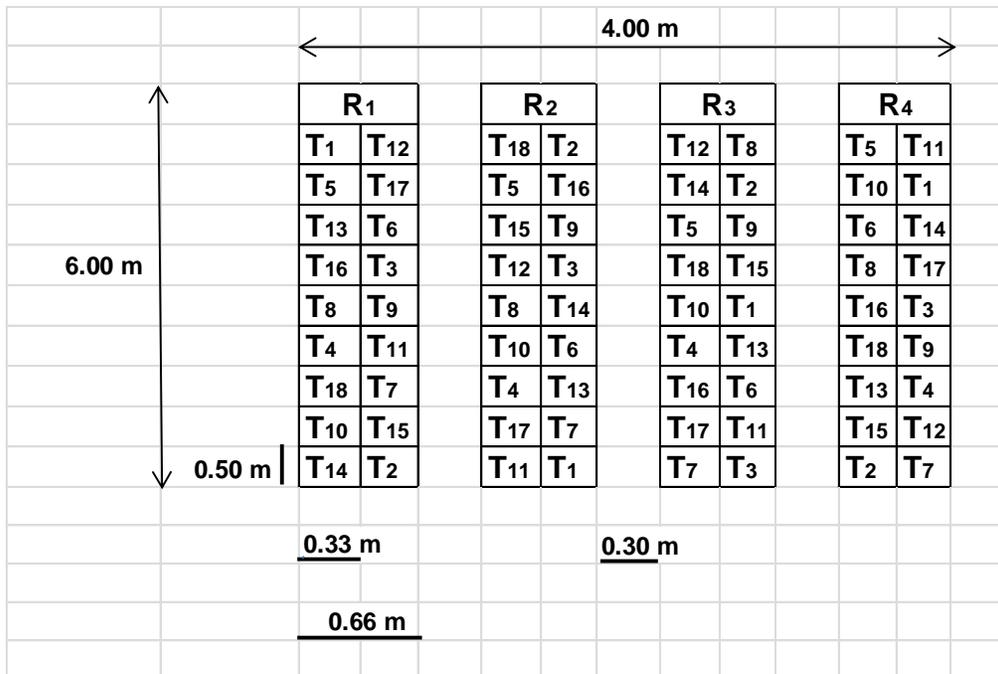
T1 = a1b1	T7 = a2b1	T13 = a3b1
T2 = a1b2	T8 = a2b2	T14 = a3b2
T3 = a1b3	T9 = a2b3	T15 = a3b3
T4 = a1b4	T10 = a2b4	T16 = a3b4
T5 = a1b5	T11 = a2b5	T17 = a3b5
T6 = a1b6	T12 = a2b6	T18 = a3b6

Fuente: Elaboración propia

T <sub>1</sub> = a1b1	Trat. Preger., estratificación durante 8 días en semillas de Huasicucho.
T <sub>2</sub> = a1b2	Trat. Preger., estratificación durante 8 días en semillas de Quina Quina.
T <sub>3</sub> = a1b3	Trat. Preger., estratificación durante 8 días en semillas Teca.
T <sub>4</sub> = a1b4	Trat. Preger., estratificación durante 8 días en semillas de Cedro Blanco.
T <sub>5</sub> = a1b5	Trat. Preger., estratificación durante 8 días en semillas de Mara.
T <sub>6</sub> = a1b6	Trat. Preger., estratificación durante 8 días en semillas de Tarara.
T <sub>7</sub> = a2b1	Trat. Preger., escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Huasicucho.
T <sub>8</sub> = a2b2	Trat. Preger., escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Quina Quina.
T <sub>9</sub> = a2b3	Trat. Preger., escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Teca.
T <sub>10</sub> = a2b4	Trat. Preger., escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Cedro Blanco.
T <sub>11</sub> = a2b5	Trat. Preger., escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Mara.
T <sub>12</sub> = a2b6	Trat. Preger., escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Tarara.
T <sub>13</sub> = a3b1	Trat. Preger., lixiviación durante 24 horas en semillas de Huasicucho.
T <sub>14</sub> = a3b2	Trat. Preger., lixiviación durante 24 horas en semillas de Quina Quina.
T <sub>15</sub> = a3b3	Trat. Preger., lixiviación durante 24 horas en semillas de Teca.
T <sub>16</sub> = a3b4	Trat. Preger., lixiviación durante 24 horas en semillas de Cedro Blanco.
T <sub>17</sub> = a3b5	Trat. Preger., lixiviación durante 24 horas en semillas de Mara.
T <sub>18</sub> = a3b6	Trat. Preger., lixiviación durante 24 horas en semillas de Tarara.

### 3.3.4. Dimensiones del área experimental

Área total del experimento	= 24 m <sup>2</sup>
Área neta del experimento	= 12.24 m <sup>2</sup>
Largo de la unidad experimental	= 0.50 m
Ancho de la unidad experimental	= 0.33 m
Área de la unidad experimental	= 0.17 m <sup>2</sup>
Número de semillas por unidad experimental	= 32 semillas
Número total de semillas para el experimento	= 2.304 semillas



**Cuadro 5. Croquis del experimento**

### 3.3.5. Variables de respuesta

#### 3.3.5.1. Determinación del porcentaje de germinación

La germinación en semillas de Mara (*Swietenia macrophylla*) y Quina Quina (*Myroxylon balsamum*) fue hipogea, por la aparición del epicótilo en forma de arco exponiendo una terminación llamada plúmula; sin embargo en las semillas de Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*), Teca (*Tectona grandis*), Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*) y Tarara (*Platymiscium fragans*) la germinación fue epigea por la presencia del hipocótilo elevando los cotiledones. El conteo de las semillas germinadas se efectuó diariamente hasta los 60 días desde la siembra en cada tratamiento y repetición.

Se tomo en cuenta la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas ensayadas}} \times 100\%$$

#### 3.3.5.2. Determinación del porcentaje de emergencia

Se realizó cuando empezaron a emerger las primeras hojas verdaderas, registrando diariamente dicho proceso para cada tratamiento durante el ensayo.

El porcentaje de emergencia fue calculada con la siguiente relación:

$$\% \text{ Emergencia} = \frac{\text{Semillas emergidas}}{\text{Semillas totales sembradas}} \times 100\%$$

#### 3.3.5.3. Altura de plantines

La medición se realizó desde el cuello hasta el ápice de la plántula; registrando los datos cada quince días hasta el cuarto mes de crecimiento. Se efectuó tomando ocho mediciones al azar identificándolas previamente en cada tratamiento y en cada repetición.

#### **3.3.5.4. Diámetro de tallo**

Se realizó dejando 1 cm de altura sobre el nivel del sustrato, efectuando ocho mediciones al azar en cada tratamiento y repetición. Los datos fueron registrados quincenalmente hasta el cuarto mes de crecimiento.

#### **3.3.5.5. Número de hojas**

Se determinó por conteo desde la aparición de las primeras hojas verdaderas en ocho plántulas elegidas al azar e identificadas en cada tratamiento y repetición, registrando los datos cada quince días hasta el cuarto mes de crecimiento.

#### **3.3.5.6. Longitud radicular**

La medición de longitud radicular se efectuó desde el cuello de la raíz hasta la piloriza de la raíz principal, datos que fueron registrados en cuatro oportunidades cada cuarenta días.

#### **3.3.6. Análisis económico**

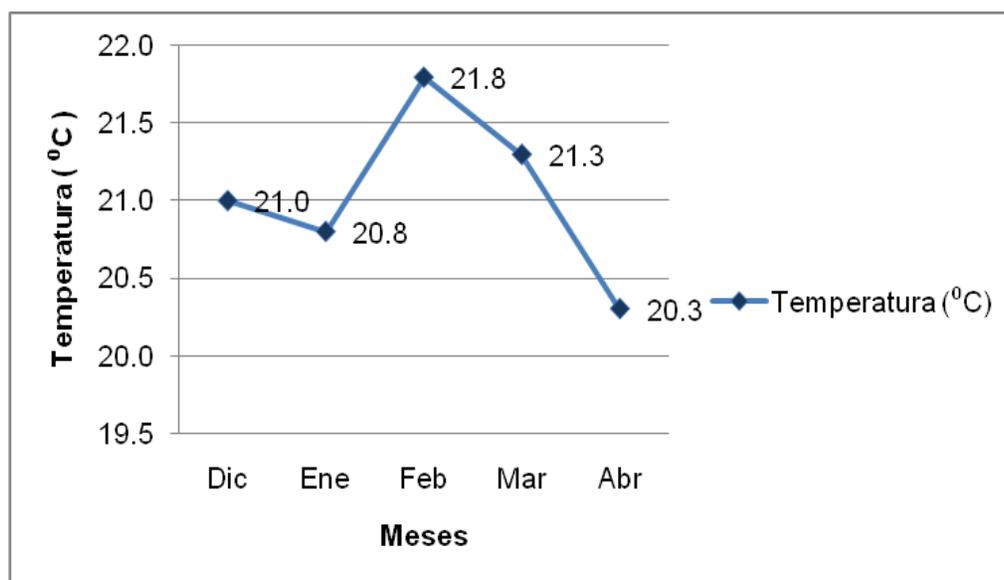
El análisis económico de los tratamientos se realizó mediante el método de evaluación de presupuestos parciales propuesto por el CIMMYT (1988) el cual permite tomar la decisión de usar o no un tratamiento asimismo diferenciar un tratamiento del otro. De acuerdo a estos parámetros se podrá identificar las especies y tratamientos pregerminativos que otorguen mayor beneficio económico a los agricultores.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados previos

#### 4.1.1. Comportamiento agroclimático

De acuerdo a las características de los objetivos planteados, se ha visto por conveniente presentar los datos climáticos, obtenidos de la estación meteorológica ubicada en Sapecho a cargo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), período 2008 y 2009.

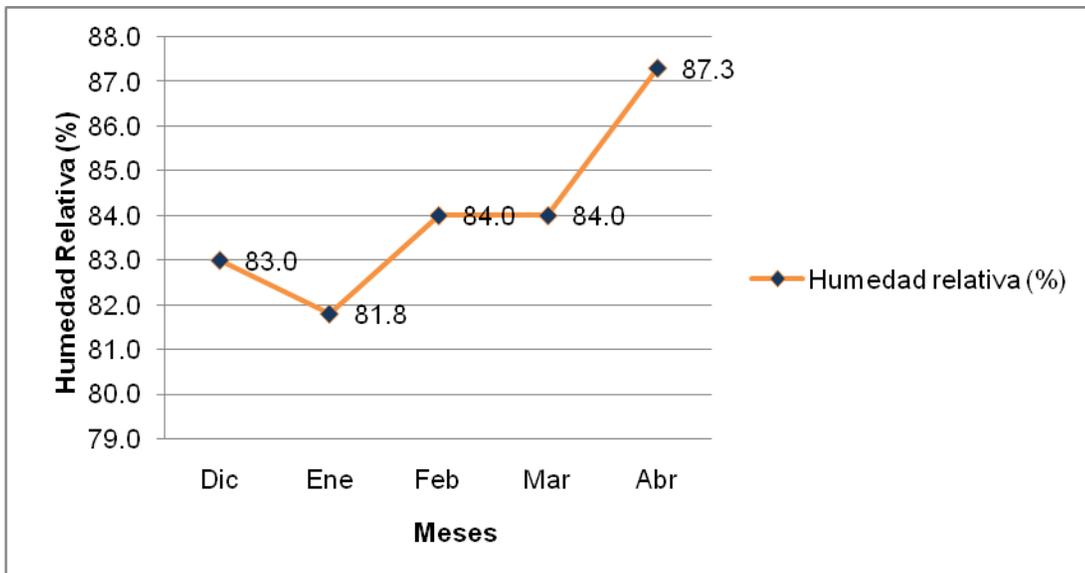


Fuente: SENAMHI (2009)

**Gráfico 1. Temperaturas medias registradas en Sapecho durante el período de estudio (2008-2009).**

En el gráfico 1, se observa que la temperatura media máxima fue de 21.8°C en el mes de febrero y la temperatura mínima de 20.3°C en el mes de abril; las cuales no tuvieron incidencia negativa en el experimento.

El gráfico 2, presenta variaciones de humedad relativa en la localidad de Sapecho durante la fase de estudio.

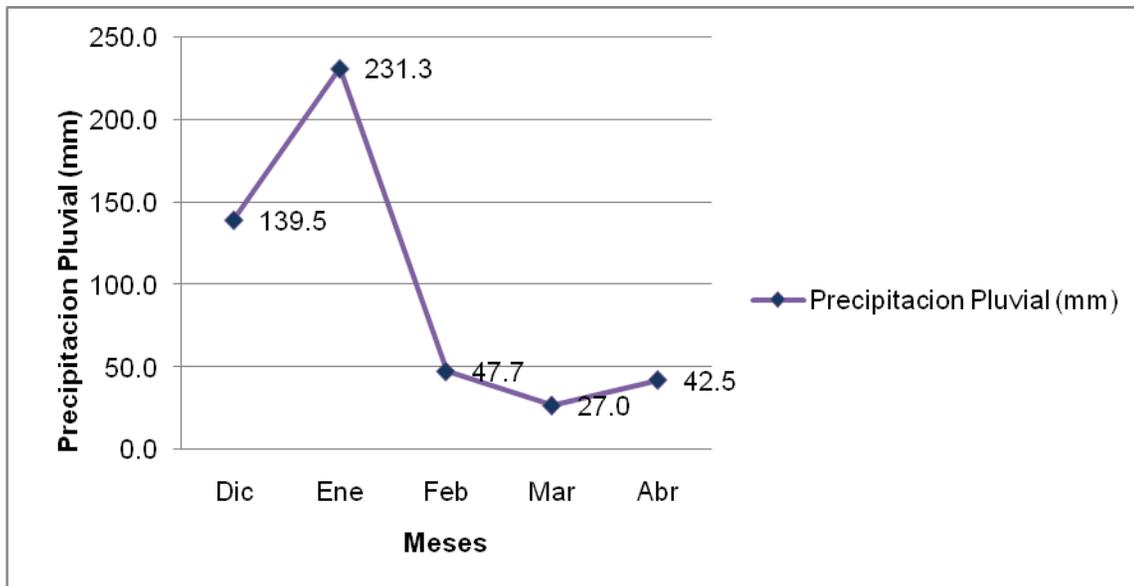


Fuente: SENAMHI (2009)

**Gráfico 2. Humedad Relativa registrada en Sapecho durante el período de estudio (2008-2009).**

En el gráfico 2, se observa que el menor porcentaje de humedad relativa fue registrada en el mes enero con 81.8% y el mayor porcentaje de humedad relativa fue en el mes de abril con 87.3%, ya que en la localidad de Sapecho (Alto Beni) el ambiente es húmedo.

El gráfico 3, presenta las variaciones de precipitación pluvial en la localidad de Sapecho.



Fuente: SENAMHI (2009)

**Gráfico 3. Precipitación Pluvial registrada en Sapecho durante el período de estudio (2008-2009).**

En el gráfico 3, se observa que la mayor precipitación pluvial fue en el mes de enero con 231.3 mm, sin embargo el mes de marzo solo registró 27.0 mm.

La precipitación pluvial total durante el periodo de estudio fue de 488.0 mm. Las precipitaciones altas en el mes de diciembre y enero no fueron muy favorables pues coincidía con la época de siembra, causando pudrición de semillas y damping - off post – emergente debido a la excesiva humedad.

## 4.2. Determinación de las variables de respuesta

### 4.2.1. Porcentaje de germinación

El análisis de varianza para el porcentaje de germinación (cuadro 6), presenta un coeficiente de variación de 24.02% resultado que indica que los datos son confiables ya que se encuentra por debajo del 30% indicando confiabilidad de los datos (Calzada, 1970).

Existen diferencias significativas entre los tratamientos, especies forestales y la interacción tratamiento \* especie, lo cual indica que la aplicación de estas tres técnicas pregerminativas si afectan al porcentaje de germinación de cada especie, como se observa en el cuadro 6.

**Cuadro 6. Análisis de varianza para el porcentaje de germinación**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Tratamiento	2	5278.583	2639.291	49.15	0.0001 *
Especie	5	36173.333	7234.666	134.71	0.0001 *
Tratamiento*Especie	10	3542.083	354.208	6.60	0.0001 *
Error	54	2900.000	53.703		
Total	71	47893.999			

CV = 24.02 %

\* = Significativo al nivel de 5%

Mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5% cuyas medias se analizan en el cuadro 7, se establece que existen diferencias significativas entre los tres tratamientos pregerminativos, el primer tratamiento estratificación durante 8 días (a<sub>1</sub>) muestra un mayor porcentaje de germinación con un promedio de 40.75% respecto al tratamiento por lixiviación durante 24 horas (a<sub>3</sub>) con 30.96% y escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos (a<sub>2</sub>) presentando el 19.79% de semillas germinadas.

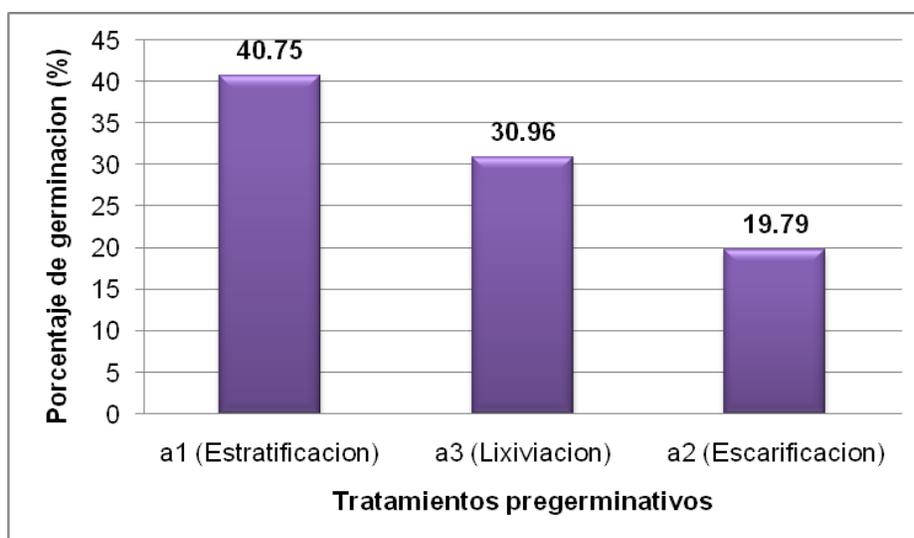
**Cuadro 7. Prueba de Duncan: Medias estimadas de los tratamientos pregerminativos del porcentaje de germinación (%).**

Tratamientos pregerminativos	Promedio semillas germinadas (%)	Comparación de medias
Estratificación durante 8 días (a <sub>1</sub> )	40.75	A
Lixiviación durante 24 horas (a <sub>3</sub> )	30.96	B
Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos (a <sub>2</sub> )	19.79	C

Letras iguales estadísticamente son no significativas

Letras desiguales estadísticamente son significativas

El tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días (a<sub>1</sub>) muestra el mejor promedio de semillas germinadas con 40.75%, debido a que la lama concentró una temperatura de 30°C al interior de la bandeja asimismo suficiente humedad, como se observa en el gráfico 4.



**Gráfico 4. Promedio del porcentaje de germinación (%) para los diferentes tratamientos pregerminativos.**

Al respecto Fossati y Olivera (1996) señalan que, el método de la estratificación es un proceso de rehidratación lenta y asegura un mayor porcentaje de germinación y menos pérdida de semilla.

Por otro lado Dulfus y Slaughter (1980) mencionan que, la germinación es la absorción de agua (imbibición) a un rango de temperatura adecuada, en la mayoría de los casos hay oxidación de sustancias orgánicas en el sistema celular con liberación gradual de energía.

El tratamiento pregerminativo por lixiviación durante 24 horas (a<sub>3</sub>) alcanzó un valor promedio de 30.96% de semillas germinadas quedando en segundo lugar, ya que el remojo en agua fría y limpia permite la hidratación de las semillas presentando una superficie lisa, brillante y de mayor tamaño. Con esta técnica se obtiene la hidratación e hinchamiento aproximadamente del 100% de las semillas (Willan, 1991).

En tercer lugar el tratamiento pregerminativo por escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos (a<sub>2</sub>) presentando un promedio muy bajo de semillas germinadas del 19.79%. Probablemente, se deba al tiempo de aplicación en agua caliente, pues se corre el peligro de cocer la semilla por un calentamiento excesivo hasta matarla (Fossati y Olivera, 1996).

Los datos obtenidos son mínimos debido a la excesiva precipitación pluvial durante el trabajo de investigación, respecto al porcentaje de germinación son resultados promediados de manera colectiva para las semillas de: Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*), Quina Quina (*Myroxylon balsamum*), Teca (*Tectona grandis*), Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*), Tarara (*Platymiscium fragans*) y Mara (*Swietenia macrophylla*).

En cuanto al porcentaje de germinación para cada una de las especies que se observa en el cuadro 8, la prueba de Duncan, indica que estadísticamente existen diferencias significativas a un nivel del 5% entre especies en relación al porcentaje de germinación, Tarara (b<sub>6</sub>) con 64.75% respecto de Teca (b<sub>3</sub>), Quina Quina (b<sub>2</sub>), Cedro Blanco (b<sub>4</sub>), Huasicucho (b<sub>1</sub>) y Mara (b<sub>5</sub>), con 1.58%, 3.00%, 33.83%, 34.42%, 45.42% de germinación respectivamente.

No existen diferencias en el promedio de semillas germinadas entre las especies de Huasicucho (b<sub>1</sub>) y Cedro Blanco (b<sub>4</sub>) con 34.42% y 33.83%. Las diferencias entre el porcentaje de germinación en semillas de Quina Quina (b<sub>2</sub>) con un promedio de 3% y Teca (b<sub>3</sub>) con 1.58% son no significativas.

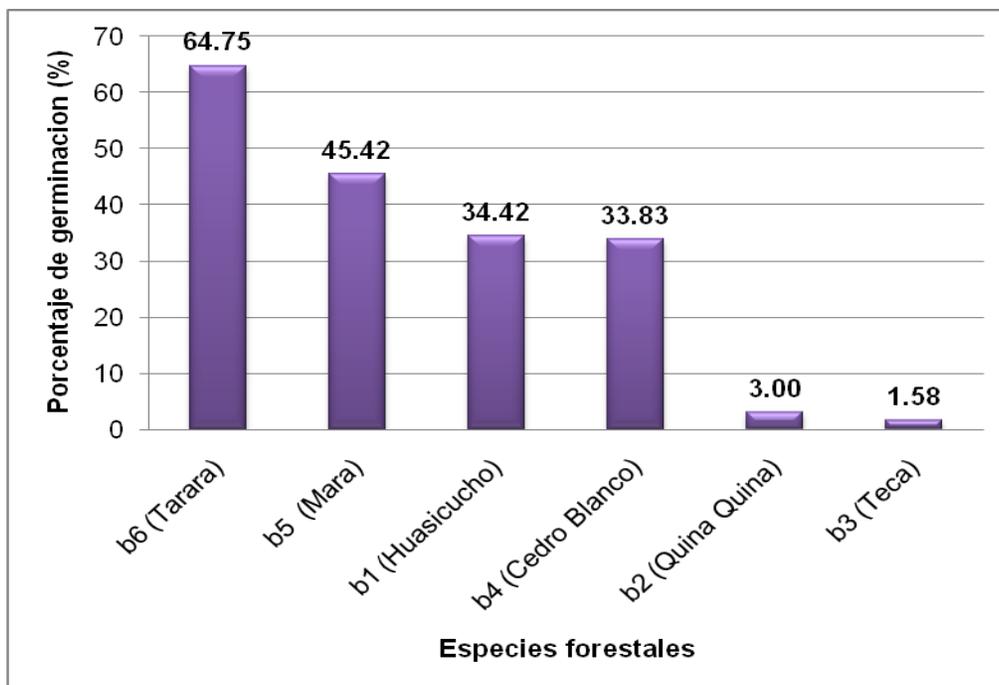
**Cuadro 8. Prueba de Duncan: Medias estimadas de las especies respecto al porcentaje de germinación (%).**

Especies forestales	Promedio semillas germinadas (%)	Comparación de medias
Tarara ( <i>Platymiscium fragans</i> ), (b <sub>6</sub> )	64.75	A
Mara ( <i>Swietenia macrophylla</i> ), (b <sub>5</sub> )	45.42	B
Huasicucho ( <i>Centrolobium ochroxylum</i> ), (b <sub>1</sub> )	34.42	C
Cedro Blanco ( <i>Cedrela fissilis</i> ), (b <sub>4</sub> )	33.83	C
Quina quina ( <i>Myroxylon balsamum</i> ), (b <sub>2</sub> )	3.00	D
Teca ( <i>Tectona grandis</i> ), (b <sub>3</sub> )	1.58	D

Letras iguales estadísticamente son no significativas

Letras desiguales estadísticamente son significativas

El resultado de los tres tratamientos pregerminativos (estratificación, lixiviación y escarificación) sobre el promedio de las semillas germinadas en Tarara (*Platymiscium fragans*) fue superior con 64.75%, como se observa en el gráfico 5.



**Gráfico 5. Promedio del porcentaje de germinación (%) para las distintas especies forestales.**

PIAF - EL CEIBO (2002) indica que, las semillas de Tarara (*Platymiscium fragans*) germinan normalmente entre los 8 a 10 días con un 80% de poder germinativo.

Las semillas de Mara (*Swietenia macrophylla*), Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*) y Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*) mediante la aplicación de los tres tratamientos pregerminativos presentaron un menor porcentaje de germinación con 45.42%, 34.42% y 33.83% respectivamente.

Lamprecht (1990) menciona que, las semillas grandes de Mara germinan mejor 90% de germinación, semillas medianas 86.6% y pequeñas 79.1% de germinación.

La siembra de las semillas de Huasicucho se realiza en almácigos o directamente en el lugar definitivo de esta manera y con el riego adecuado presentan un 80% de poder germinativo (PIAF - EL CEIBO, 2002).

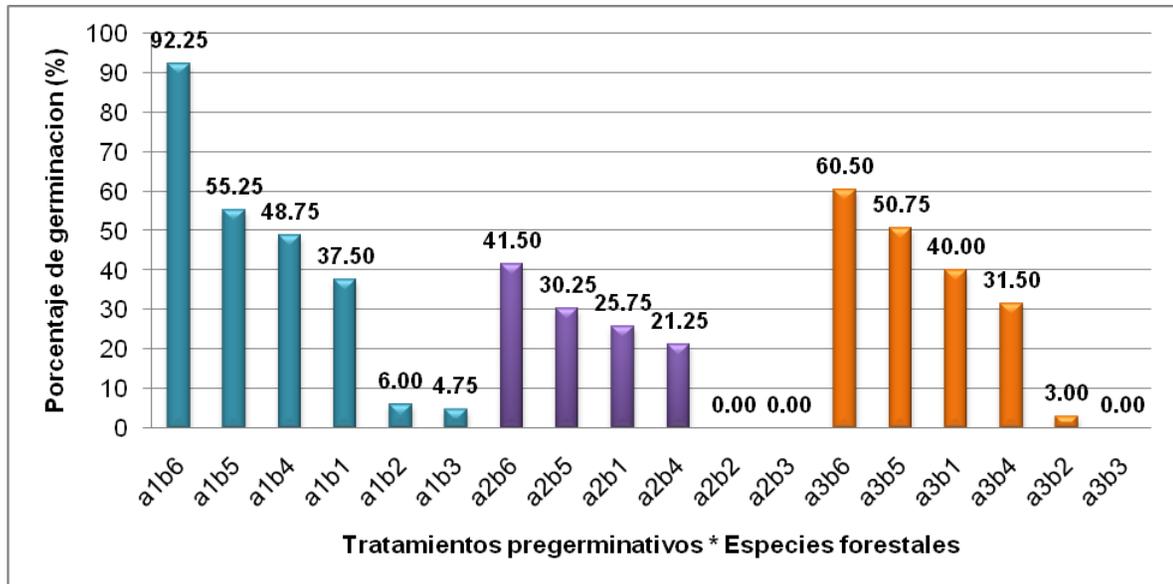
El mismo autor indica que, después de procesar las semillas de Cedro Blanco, sembrar al boleó, en almácigos, de esta manera logran germinar entre 60% de las semillas.

El efecto de los tres tratamientos pregerminativos en semillas de Teca (*Tectona grandis*) y Quina Quina (*Myroxylon balsamum*) fue mínimo, con un promedio 3.00% y 1.58% de germinación; debido a que las semillas de Teca presentan una testa dura y las semillas de Quina Quina no toleran el exceso de humedad.

Weaver (1993) citado por Quenallata (2008) menciona que, los porcentajes de germinación de la Teca varían considerablemente con valores reportados de entre el 10 y 80%. Por otra parte Lemckert (1980) referido por el mismo autor, reporta de 10 a 70% en germinación.

Por otro lado PIAF - EL CEIBO (2002) indica que, las semillas de Quina Quina germinan en un 80%.

Para la interacción tratamientos pregerminativos \* especies forestales es necesario realizar un análisis con el fin de observar los resultados obtenidos del porcentaje de germinación en cada especie, como se muestra en el gráfico 6.



- a1b1 = Estratificación durante 8 días en semillas de Huasicucho.
- a1b2 = Estratificación durante 8 días en semillas de Quina Quina.
- a1b3 = Estratificación durante 8 días en semillas Teca.
- a1b4 = Estratificación durante 8 días en semillas de Cedro Blanco.
- a1b5 = Estratificación durante 8 días en semillas de Mara.
- a1b6 = Estratificación durante 8 días en semillas de Tarara.
- a2b1 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Huasicucho.
- a2b2 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Quina Quina.
- a2b3 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Teca.
- a2b4 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Cedro Blanco.
- a2b5 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Mara.
- a2b6 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Tarara.
- a3b1 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Huasicucho.
- a3b2 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Quina Quina.
- a3b3 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Teca.
- a3b4 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Cedro Blanco.
- a3b5 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Mara.
- a3b6 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Tarara.

**Gráfico 6. Promedio del porcentaje de germinación (%) de la interacción tratamientos pregerminativos \* Especies forestales.**

Tarara (*Platymiscium fragans*) con la aplicación del tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) tuvo el mayor porcentaje de germinación alcanzando un valor de 92.25%, en segundo lugar el tratamiento pregerminativo lixivación durante 24 horas ( $a_3$ ) con 60.50% y por último el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) por 3 minutos con 41.50%.

Las semillas de Mara (*Swietenia macrophylla*) germinaron mejor con el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) presentando el 55.25%,

posteriormente el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) con 50.75% y en tercer lugar con un menor porcentaje de semillas germinadas el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) por 3 minutos con 30.25%.

Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*) obtuvo un mejor porcentaje de germinación con el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) con un valor de 48.75%, el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) con 31.50% de germinación y por último con 21.25% de semillas germinadas el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) por 3 minutos.

Las semillas de Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*) mediante el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) obtuvo un mejor promedio de germinación con un valor de 40.00%, el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) presentó el 37.50% de semillas germinadas y el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) el 25.75% de germinación.

El promedio de germinación en las semillas de Quina Quina (*Myroxylon balsamum*) fue mínimo, el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) alcanzó solo el 6.00%, el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) obtuvo un valor de 3.00% y el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) fue nulo 0.00%.

Teca (*Tectona grandis*) adquirió simplemente el 4.75% de semillas germinadas mediante la aplicación del tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ), sin embargo los tratamientos pregerminativo por lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) y escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) fueron nulos 0.00% de germinación.

#### 4.2.2. Porcentaje de emergencia

Efectuando un análisis de varianza para el porcentaje de emergencia, mostró un coeficiente de variación de 22.37%, indicando que los datos son confiables ya que se encuentra por debajo del 30% (Calzada, 1970).

**Cuadro 9. Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Tratamiento	2	5071.361	2535.680	79.79	0.0001 *
Especie	5	25023.111	5004.622	157.49	0.0001 *
Tratamiento*Especie	10	4148.805	414.880	13.06	0.0001 *
Error	54	1716.000			
Total	71	35959.277			

CV = 22.37 %

\* = Significativo al nivel de 5%

El análisis de varianza del cuadro 9, a un nivel de significancia del 5% muestra que existen diferencias significativas entre tratamientos, especies forestales e interacción tratamiento \* especie; debido a que los tres tratamientos pregerminativos empleados en cada especie forestal si influye en la emergencia de las plántulas.

Mediante la prueba de Duncan con un nivel de significancia del 5% que se observa en el cuadro 10, indica que existen diferencias significativas entre los tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días (a<sub>1</sub>), lixiviación durante 24 horas (a<sub>3</sub>), escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos (a<sub>2</sub>); concerniente al porcentaje de emergencia con 36.29%, 23.29%, 16% respectivamente. La excesiva humedad por la época de lluvias afectó de gran manera el porcentaje de emergencia de las plántulas.

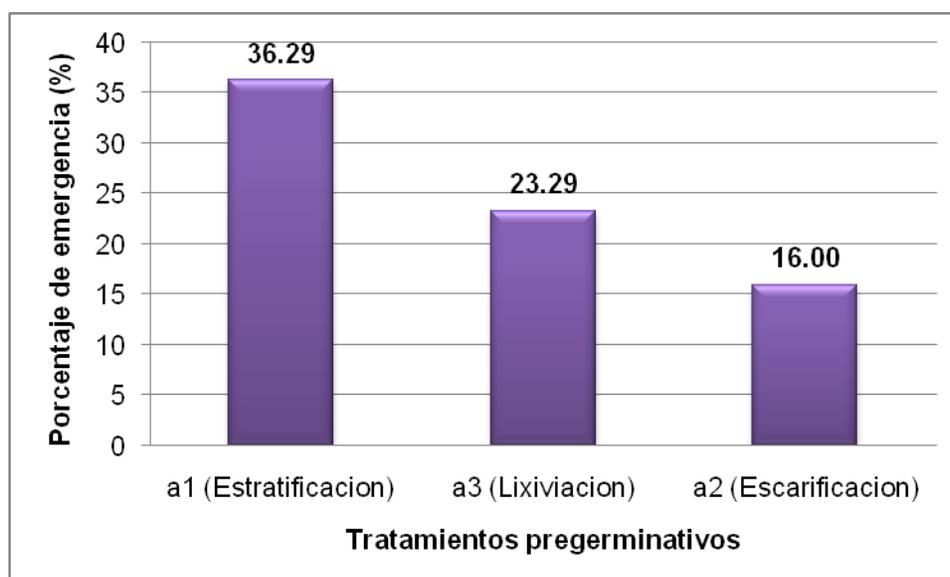
**Cuadro 10. Prueba de Duncan: Medias estimadas de los tratamientos pregerminativos del porcentaje de emergencia (%).**

Tratamientos pregerminativos	Promedio (%) Emergencia	Comparación de medias
Estratificación durante 8 días ( $a_1$ )	36.29	A
Lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ )	23.29	B
Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ )	16.00	C

Letras iguales estadísticamente son no significativas

Letras desiguales estadísticamente son significativas

En el gráfico 7, se observa el porcentaje de emergencia por tratamiento pregerminativo de manera general para las seis especies forestales, donde el primer tratamiento por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) presentó un mejor comportamiento con 36.29%, seguido del tratamiento por lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) con un valor de 23.29%, sin embargo el tratamiento pregerminativo de escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ ) solo alcanzó el 16.00%.



**Gráfico 7. Promedio del porcentaje de emergencia (%) para los diferentes tratamientos pregerminativos.**

Al respecto Varela y Arana (2011) mencionan que, los tratamientos pregerminativos son de gran relevancia para mejorar la producción de plantines a partir de un lote de semillas; por lo tanto mediante la aplicación de protocolos pregerminativos en vivero es posible disminuir la latencia a un grado mínimo, promoviendo la germinación de la semilla. Estos protocolos varían según la especie.

Jara (1996) menciona que, la cantidad de agua ingerida durante la imbibición depende de la naturaleza de la semilla; esta es relativamente poca y puede que no exceda 2 a 3 veces el peso seco de la semilla. Muchos tipos de semillas aumentan en tamaño, algunas veces duplicándolo.

El mismo autor señala que, el contacto de la semilla con el suelo depende no solo de su estructura, sino del tamaño y naturaleza de la cubierta de la semilla. Un buen contacto es más importante donde el suelo no está saturado de agua.

En cuanto al porcentaje de emergencia mediante la aplicación de los tres tratamientos pregerminativos que se analizan en el cuadro 11, la prueba de Duncan indica que estadísticamente existen diferencias significativas a un nivel del 5% entre las seis especies forestales; Tarara (b<sub>6</sub>) con un promedio de emergencia de 55.42% respecto de Teca (b<sub>3</sub>), Quina Quina (b<sub>2</sub>), Cedro Blanco (b<sub>4</sub>), Huasicucho (b<sub>1</sub>) y Mara (b<sub>5</sub>), con 1.00%, 3.00%, 29.17%, 29.92%, 32.67% respectivamente.

**Cuadro 11. Prueba de Duncan: Medias estimadas de las especies respecto al porcentaje de emergencia (%).**

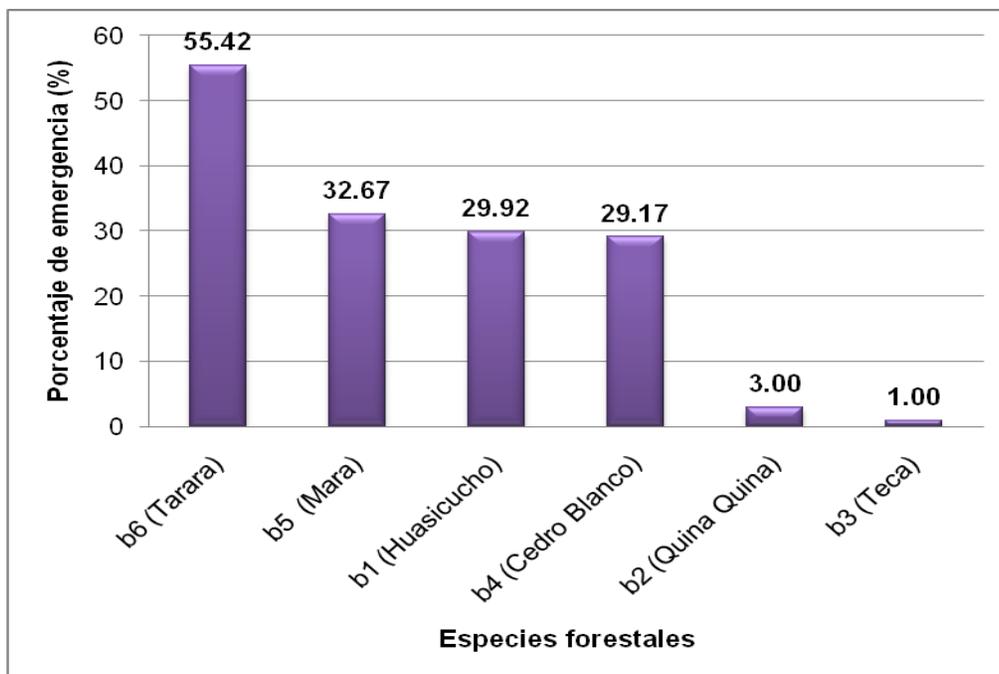
<b>Especies forestales</b>	<b>Promedio (%) Emergencia</b>	<b>Comparación de medias</b>
Tarara ( <i>Platymiscium fragans</i> ), (b <sub>6</sub> )	55.42	A
Mara ( <i>Swietenia macrophylla</i> ), (b <sub>5</sub> )	32.67	B
Huasicucho ( <i>Centrolobium ochroxylum</i> ), (b <sub>1</sub> )	29.92	B
Cedro Blanco ( <i>Cedrela fissilis</i> ), (b <sub>4</sub> )	29.17	B
Quina quina ( <i>Myroxylon balsamum</i> ), (b <sub>2</sub> )	3.00	C
Teca ( <i>Tectona grandis</i> ), (b <sub>3</sub> )	1.00	C

Letras iguales estadísticamente son no significativas

Letras desiguales estadísticamente son significativas

No existen diferencias significativas en el porcentaje de emergencia de Mara (b<sub>5</sub>) con un promedio de 32.67%, Huasicucho (b<sub>1</sub>) con 29.92% y Cedro Blanco (b<sub>4</sub>) con 29.17%. De igual manera entre las especies de Quina Quina (b<sub>2</sub>) con un promedio de 3.00% y Teca (b<sub>3</sub>) con 1.00% de plántulas emergidas.

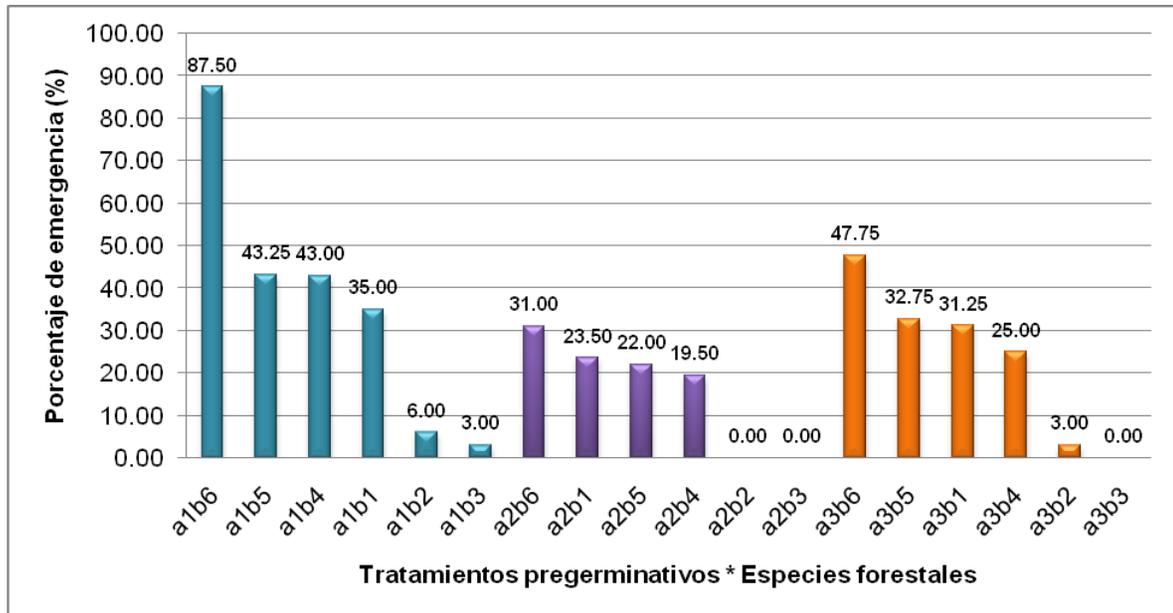
El promedio del porcentaje de emergencia por especie que se observa en el gráfico 8, indica que el efecto de los tratamientos pregerminativos por estratificación durante 8 días, lixiviación durante 24 horas y escarificación en agua caliente a 85°C, tuvo un mejor efecto en las semillas de Tarara (b<sub>6</sub>) reportando el mayor promedio de emergencia alcanzando el 55.25%, seguido por la especie Mara (b<sub>5</sub>) con un promedio de 32.67% de plántulas emergidas, en tercer lugar se encuentra Huasicucho (b<sub>1</sub>) y Cedro Blanco (b<sub>4</sub>) con 29.92%, 29.17% respectivamente, por último Quina Quina (b<sub>2</sub>) donde emergió solo el 3.00% y Teca (b<sub>3</sub>) el 1.00%.



**Gráfico 8. Promedio del porcentaje de emergencia (%) para las distintas especies forestales.**

Las seis especies forestales presentan un valor de 60% a 80% de poder germinativo; sin embargo como se observa en el gráfico 8, Tarara, Mara, Huasicucho, Cedro Blanco, presentan mayor porcentaje de emergencia debido a que son resistentes a la excesiva humedad debido a la época de lluvia; las especies Quina Quina y Teca, en condiciones de suelo demasiado húmedo restringen el intercambio gaseoso y la falta de oxígeno puede ser un factor limitante, como señala Deluoché (1964) citado por Marca (2001).

Los efectos en la interacción tratamientos pregerminativos \* especies forestales concerniente al porcentaje de emergencia se muestran en el gráfico 9.



- a1b1 = Estratificación durante 8 días en semillas de Huasicucho.
- a1b2 = Estratificación durante 8 días en semillas de Quina Quina.
- a1b3 = Estratificación durante 8 días en semillas Teca.
- a1b4 = Estratificación durante 8 días en semillas de Cedro Blanco.
- a1b5 = Estratificación durante 8 días en semillas de Mara.
- a1b6 = Estratificación durante 8 días en semillas de Tarara.
- a2b1 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Huasicucho.
- a2b2 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Quina Quina.
- a2b3 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Teca.
- a2b4 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Cedro Blanco.
- a2b5 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Mara.
- a2b6 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Tarara.
- a3b1 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Huasicucho.
- a3b2 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Quina Quina.
- a3b3 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Teca.
- a3b4 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Cedro Blanco.
- a3b5 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Mara.
- a3b6 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Tarara.

**Gráfico 9. Promedio del porcentaje de emergencia (%) de la interacción tratamientos pregerminativos \* Especies forestales.**

Tarara (*Platymiscium fragans*) con la aplicación del tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días (a<sub>1</sub>) adquirió el mayor porcentaje de emergencia con un valor de 87.50%, seguido del tratamiento pregerminativo por lixiviación durante 24 horas (a<sub>3</sub>) con 47.75% y por último el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C (a<sub>2</sub>) por 3 minutos con 31.00%.

Mara (*Swietenia macrophylla*) presentó un mejor promedio de emergencia con el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días (a<sub>1</sub>) con 43.25%,

posteriormente el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) con 32.75% y con un menor porcentaje de plántulas emergidas el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ ) con 22.00%.

Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*) obtuvo un mejor resultado con el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) con un valor de 43.00%, el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) con 25.00% de emergencia y por último con 19.50% el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ ).

Las semillas de Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*) mediante el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) obtuvo un mejor promedio de plántulas emergidas con un valor de 35.00%, el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) presentó el 31.25% y por último el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) con un promedio de 23.50% de emergencia.

El promedio en cuanto al porcentaje de emergencia en Quina Quina (*Myroxylon balsamum*) fue muy bajo, el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) alcanzó solo el 6.00%, el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) obtuvo un valor de 3.00% y el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) fue nulo 0.00%.

Teca (*Tectona grandis*) alcanzó un valor exiguo del 3.00% de plántulas emergidas mediante la aplicación del tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ), sin embargo los tratamientos pregerminativo por lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) y escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) fueron nulos 0.00%.

### 4.2.3. Altura de planta

El análisis de varianza del cuadro 12, indica que el coeficiente de variación obtenido es de 16.14% hallándose por debajo del 30% encontrando confiabilidad en los datos (Calzada, 1970).

**Cuadro 12. Análisis de varianza para altura de planta**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Tratamiento	2	962.000	481.000	71.96	0.0001 *
Especie	5	5345.074	1069.015	159.93	0.0001 *
Tratamiento*Especie	10	429.302	42.930	6.42	0.0001 *
Error	54	360.952	6.684		
Total	71	7097.328			

CV = 16.14 %

\* = Significativo al nivel de 5%

Con respecto al tratamiento pregerminativo, especies forestales y la interacción tratamiento pregerminativo \* especie forestal existen diferencias significativas indicando que los tres tratamiento aplicados en las seis especies forestales si afectan a la altura de planta.

Según el análisis de varianza del cuadro 12, se encontró diferencias entre los tratamientos pregerminativos, cuyas medias se analizan en el cuadro 13 y gráfico 10, mediante la prueba de Duncan.

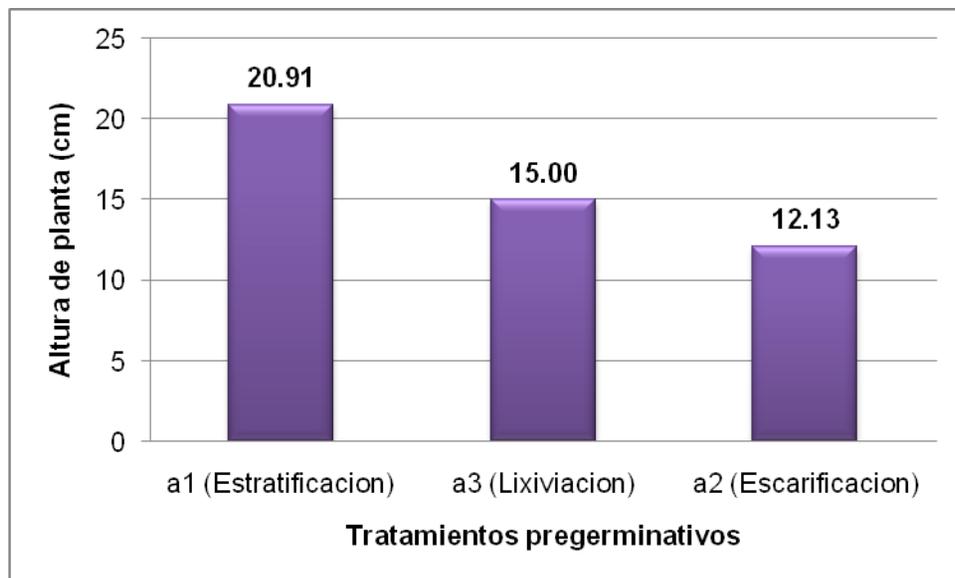
**Cuadro 13. Prueba de Duncan: Medias estimadas de los tratamientos pregerminativos para la altura de planta (cm).**

Tratamientos pregerminativos	Altura de planta (cm)	Comparación de medias
Estratificación durante 8 días ( $a_1$ )	20.91	A
Lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ )	15.00	B
Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ )	12.13	C

Letras iguales estadísticamente son no significativas

Letras desiguales estadísticamente son significativas

En la prueba de medias a un nivel de significancia del 5% del cuadro 13 y gráfico 10, el efecto de los tratamientos pregerminativos referente a la altura de planta se observa que existen diferencias significativas, donde el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) muestra una mayor altura de planta alcanzando un valor de 20.91 cm, seguido del tratamiento pregerminativo por lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) con 15 cm, sin embargo el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) obtuvo un valor de 12.13 cm en altura de planta.



**Gráfico 10. Promedio de la altura de planta (cm) para los diferentes tratamientos pregerminativos.**

Varela y Arana (2011) señalan que, los tratamientos pregerminativos ofrecen una buena opción y solución para el manejo de semillas sobre todo con semillas de especies de importancia forestal. Mediante estos se homogenizan y se aumentan los porcentajes de germinación. Esto facilita la manipulación de las semillas, tanto en condición fresca como después de almacenamiento. Contribuyen a su vez a la simplificación y planificación de las labores de producción de plántulas en vivero.

Para Willan (1991), los beneficios de un tratamiento pueden ser ahorro en semillas y espacio en la cama de siembra, un período de trasplante predecible y concentrado y una existencia más uniforme a nivel de vivero.

En la prueba de medias del cuadro 14, se comprueba que existen diferencias significativas entre la especie forestal Huasicucho (b<sub>1</sub>) que muestra una mayor altura de planta con un valor de 25.02 cm respecto de Teca (b<sub>3</sub>), Quina Quina (b<sub>2</sub>), Cedro Blanco (b<sub>4</sub>) y Mara (b<sub>5</sub>), con un valor de 1.30 cm, 7.67 cm, 18.14 cm y 20.94 cm, respectivamente.

No existe diferencias entre la altura de planta de Huasicucho (b<sub>1</sub>) con 25.02 cm y Tarara (b<sub>6</sub>) con 23.05 cm.

No existe diferencias entre la altura de planta de Tarara (b<sub>6</sub>) con 23.05 cm y Mara (b<sub>5</sub>) con 20.94 cm.

**Cuadro 14. Prueba de Duncan: Medias estimadas de las especies respecto la variable altura de planta (cm).**

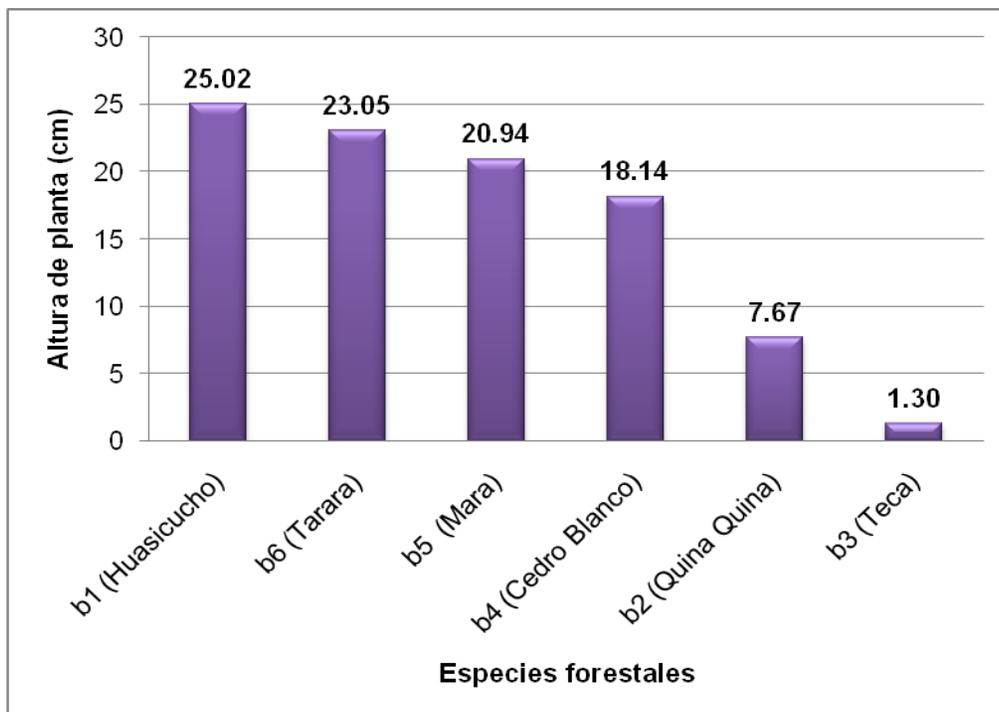
Especies forestales	Altura de planta (cm)	Comparación de medias
Huasicucho ( <i>Centrolobium ochroxylum</i> ), (b <sub>1</sub> )	25.02	A
Tarara ( <i>Platymiscium fragans</i> ), (b <sub>6</sub> )	23.05	A B
Mara ( <i>Swietenia macrophylla</i> ), (b <sub>5</sub> )	20.94	B
Cedro Blanco ( <i>Cedrela fissilis</i> ), (b <sub>4</sub> )	18.14	C
Quina quina ( <i>Myroxylon balsamum</i> ), (b <sub>2</sub> )	7.67	D
Teca ( <i>Tectona grandis</i> ), (b <sub>3</sub> )	1.30	E

Letras iguales estadísticamente son no significativas

Letras desiguales estadísticamente son significativas

Como se puede observar en el gráfico 11, la especie que presenta una mayor altura y mejor resultado con la aplicación de los tres tratamientos peregrinativos es Huasicucho (b<sub>1</sub>) con un valor de 25.02 cm, seguido de las especies Tarara (b<sub>6</sub>), Mara (b<sub>5</sub>), Cedro Blanco (b<sub>4</sub>) con 23.05 cm, 20.94 cm, 18.14 cm respectivamente y por

último Quina Quina (b2) con un promedio bajo de 7.67 cm y Teca (b3) con 1.30 cm de altura.

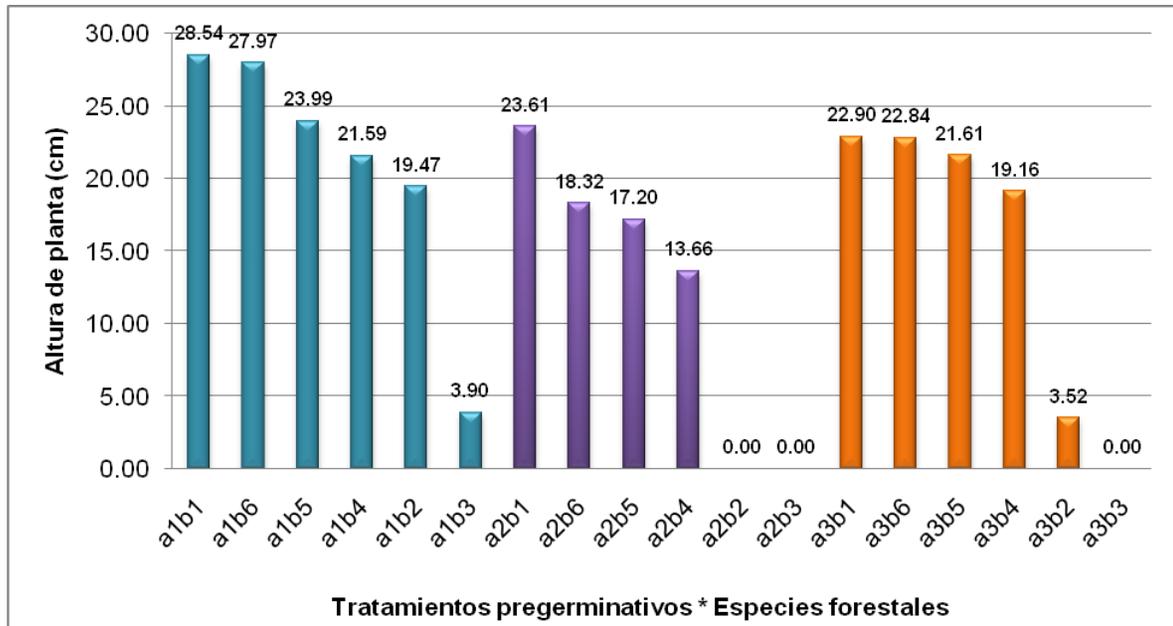


**Gráfico 11. Promedio de altura de planta (cm) para las distintas especies forestales.**

Al respecto Swaine y Whitmore (1988) mencionan que, debido a que la luz es reconocida como factor ambiental que presenta mayor variación, las especies forestales se clasifican en función a su respuesta a la variación de este recurso. Acompañando al gradiente del recurso luz en el ambiente.

El crecimiento se ve afectado por la luz, ya existen especies extremadamente susceptibles a este factor y que influyen en su desarrollo. Las variaciones en el crecimiento se deben a la incidencia de la luz solar (Coarite, 2000).

Para la interacción tratamientos pregerminativos \* especies forestales referido a la variable altura de planta (cm) que se observa en el gráfico 12, es preciso realizar un análisis detallado.



- a1b1 = Estratificación durante 8 días en semillas de Huasicucho.
- a1b2 = Estratificación durante 8 días en semillas de Quina Quina.
- a1b3 = Estratificación durante 8 días en semillas Teca.
- a1b4 = Estratificación durante 8 días en semillas de Cedro Blanco.
- a1b5 = Estratificación durante 8 días en semillas de Mara.
- a1b6 = Estratificación durante 8 días en semillas de Tarara.
- a2b1 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Huasicucho.
- a2b2 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Quina Quina.
- a2b3 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Teca.
- a2b4 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Cedro Blanco.
- a2b5 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Mara.
- a2b6 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Tarara.
- a3b1 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Huasicucho.
- a3b2 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Quina Quina.
- a3b3 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Teca.
- a3b4 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Cedro Blanco.
- a3b5 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Mara.
- a3b6 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Tarara.

**Gráfico 12. Promedio de altura de planta (cm) de la interacción tratamientos pregerminativos \* Especies forestales.**

Los plantines de Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*) mediante el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días (a<sub>1</sub>) presentó el mejor promedio con un valor de 28.54 cm de altura, el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C (a<sub>2</sub>) con una media de 23.61 cm y por último el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas (a<sub>3</sub>) con 22.90 cm. Los resultados fueron efectivos mediante la aplicación de estos tres tratamientos pregerminativos.

Tarara (*Platymiscium fragans*) con el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) obtuvo un valor de 27.97 cm de altura, seguido del tratamiento pregerminativo por lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) con una cuantía de 22.84 cm y por último el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) por 3 minutos con un promedio de 18.32 cm.

Mara (*Swietenia macrophylla*) mostró un mejor resultado con el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) con 23.99 cm referente a la variable altura de planta, posteriormente el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) adquirió un promedio de 21.61 cm, el crecimiento de los plantines mediante el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) por 3 minutos alcanzó solo 17.20 cm.

Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*) obtuvo un promedio de 21.59 cm en altura de planta con el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ), sin embargo el tratamiento pregerminativo por lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) alcanzó un promedio de 19.16 cm y por último con 13.66 cm el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) por 3 minutos.

En cuanto al promedio de crecimiento en plantas de Quina Quina (*Myroxylon balsamum*) el resultado logrado con el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) fue de 19.47 cm, mediante el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) solo se obtuvo una altura de 3.52 cm y el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) fue nulo 0.00%.

Teca (*Tectona grandis*) con la aplicación del tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) solo logró un promedio de 3.90 cm en altura de planta, los tratamientos pregerminativo por lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) y escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) presentaron una respuesta nula de 0.00 cm en términos de altura de planta.

#### 4.2.4. Diámetro de tallo

El análisis de varianza del cuadro 15, muestra que existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos pregerminativos, las seis especies forestales y la interacción tratamiento pregerminativo \* especie forestal; afectando a la variable diámetro de tallo, a un nivel de significancia del 5%.

En el análisis de varianza se obtuvo un coeficiente de variación del 20.68% cuyo valor está por debajo del 30% siendo este el límite de confiabilidad (Calzada, 1970).

**Cuadro 15. Análisis de varianza para diámetro de tallo**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamiento	2	30.611	15.306	48.59	0.0001 *
Especie	5	166.120	33.224	105.47	0.0001 *
Tratamiento*Especie	10	16.480	1.648	5.23	0.0001 *
Error	54	17.011	0.315		
Total	71	230.222			

CV = 20.68 %

\* = Significativo al nivel de 5%

Mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%, se registra diferencias estadísticas entre tratamientos, las cuales se observa en el cuadro 16 y gráfico 13.

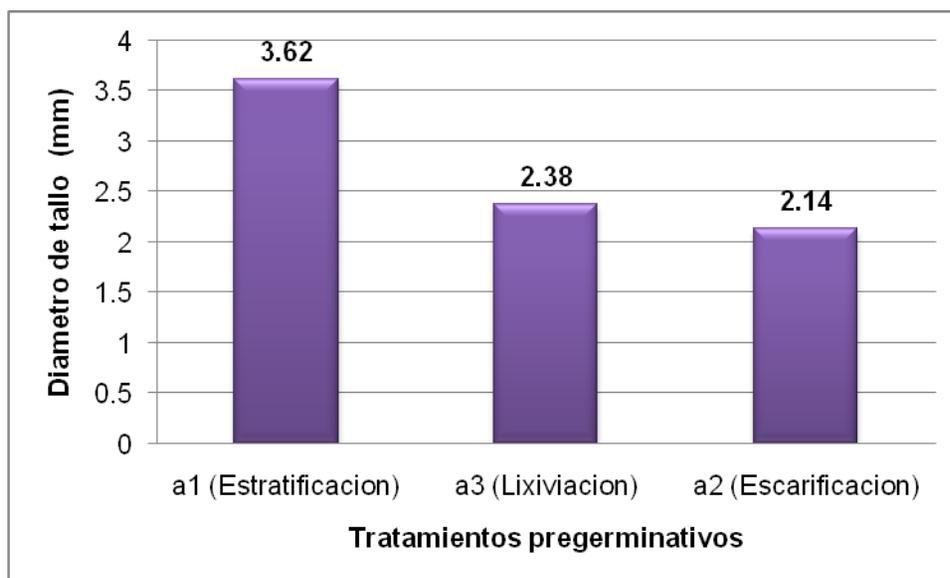
**Cuadro 16. Prueba de Duncan: Medias estimadas de los tratamientos pregerminativos para el diámetro de tallo (mm).**

Tratamientos pregerminativos	Diámetro de tallo (mm)	Comparación de medias
Estratificación durante 8 días ( $a_1$ )	3.62	A
Lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ )	2.38	B
Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ )	2.14	B

Letras iguales estadísticamente son no significativas

Letras desiguales estadísticamente son significativas

En la prueba de medias del cuadro 16 y gráfico 13, muestra que la aplicación del tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) presenta un mayor diámetro de tallo entre las seis especies forestales obteniendo un valor de 3.62 mm, seguido del tratamiento pregerminativo por lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) con 2.38 mm y por último el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) con 2.14 mm de diámetro de tallo; entre estos dos últimos tratamientos cabe indicar que no existen diferencias significativas.



**Gráfico 13. Promedio de diámetro de tallo (mm) para los diferentes tratamientos pregerminativos.**

La aplicación de tratamientos pregerminativos a las semillas que serán sembradas, garantiza que su germinación no se vea afectada por agentes inherentes a ellas y que, por el contrario, se logren cultivos más homogéneos, con plántulas de excelente calidad y tamaño (Ruiz, s./f.).

Mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%, cuyas medias se analizan en el cuadro 17 y gráfico 14; se observa que existen diferencias significativas entre el diámetro de tallo de la especie forestal Cedro Blanco (b<sub>4</sub>) con 4.63 mm valor mayor respecto a Teca (b<sub>3</sub>), Quina Quina (b<sub>2</sub>), Mara (b<sub>5</sub>) y Tarara (b<sub>6</sub>), con 0.28 mm, 1.40 mm, 2.83 mm, 2.87 mm respectivamente.

**Cuadro 17. Prueba de Duncan: Medias estimadas de las especies respecto la variable diámetro de tallo (mm).**

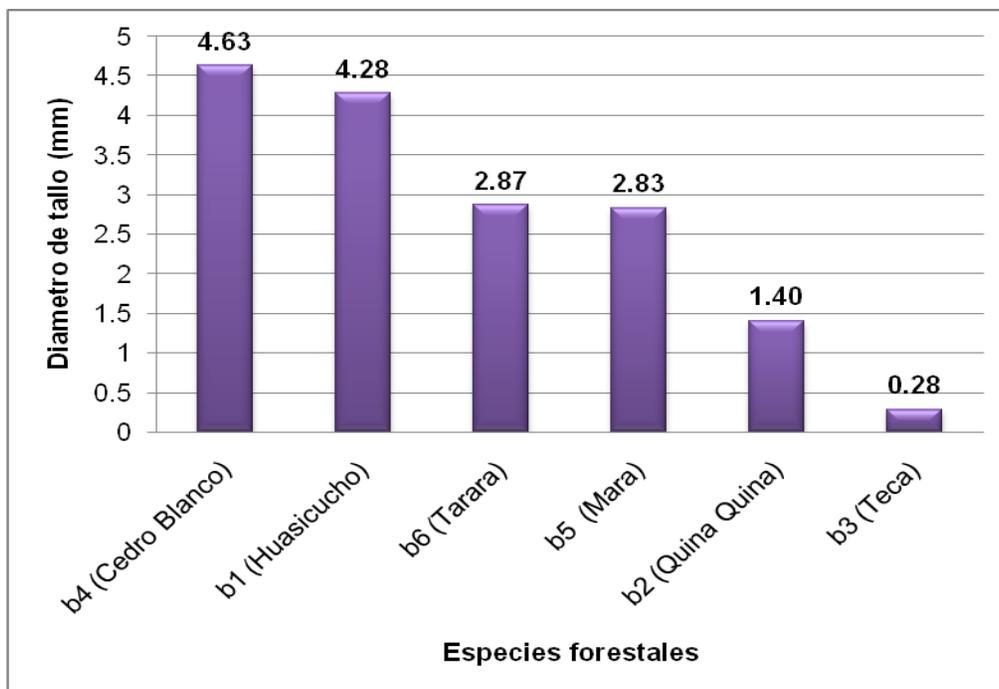
<b>Especies forestales</b>	<b>Diámetro de tallo (mm)</b>	<b>Comparación de medias</b>
Cedro Blanco ( <i>Cedrela fissilis</i> ), (b <sub>4</sub> )	4.63	A
Huasicucho ( <i>Centrolobium ochroxylum</i> ), (b <sub>1</sub> )	4.28	A
Tarara ( <i>Platymiscium fragans</i> ), (b <sub>6</sub> )	2.87	B
Mara ( <i>Swietenia macrophylla</i> ), (b <sub>5</sub> )	2.83	B
Quina quina ( <i>Myroxylon balsamum</i> ), (b <sub>2</sub> )	1.40	C
Teca ( <i>Tectona grandis</i> ), (b <sub>3</sub> )	0.28	D

Letras iguales estadísticamente son no significativas

Letras desiguales estadísticamente son significativas

Asimismo no existe diferencias entre el diámetro de tallo de Cedro Blanco (b<sub>4</sub>) con 4.63 mm en relación a Huasicucho (b<sub>1</sub>) con 4.28 mm.

Las diferencias entre los diámetros de Tarara (b<sub>6</sub>) 2.87 mm y Mara (b<sub>5</sub>) 2.83 mm, son no significativas.

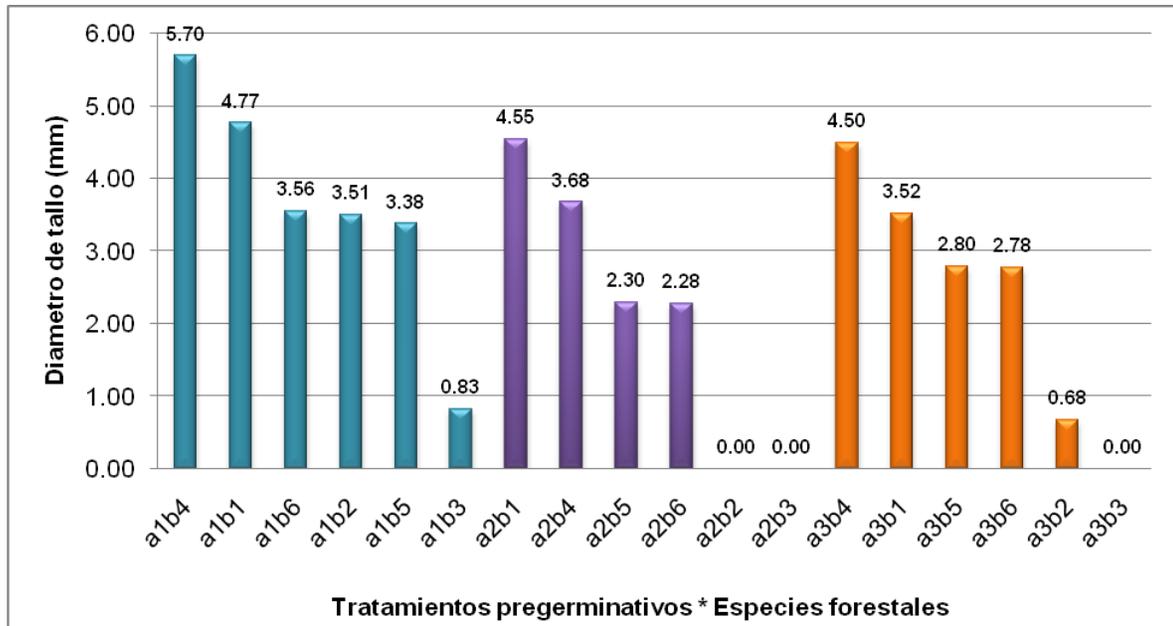


**Gráfico 14. Promedio de diámetro de tallo (mm) para las distintas especies forestales.**

Luna (1992) citado por Alarcón (2007) señala que, el crecimiento o incremento de los árboles es uno de los datos básicos para el manejo y aprovechamiento de los bosques, naturales o plantados. Los factores que influyen en el crecimiento e incremento del árbol en altura, actúan también en el incremento en diámetro, por lo que el crecimiento en diámetro es mayor cuando hay menor competencia y mayor luz.

Delgado citado por Coarite (2000) señala que, el diámetro al cuello de la raíz para todas las especies indica el vigor de la plántula para su desarrollo, que es lo que se busca en toda producción.

En la interacción tratamientos pregerminativos \* especies forestales concerniente a la variable diámetro de tallo (mm) del gráfico 15, se observa en detalle los resultados obtenidos.



- a1b1 = Estratificación durante 8 días en semillas de Huasicucho.
- a1b2 = Estratificación durante 8 días en semillas de Quina Quina.
- a1b3 = Estratificación durante 8 días en semillas Teca.
- a1b4 = Estratificación durante 8 días en semillas de Cedro Blanco.
- a1b5 = Estratificación durante 8 días en semillas de Mara.
- a1b6 = Estratificación durante 8 días en semillas de Tarara.
- a2b1 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Huasicucho.
- a2b2 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Quina Quina.
- a2b3 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Teca.
- a2b4 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Cedro Blanco.
- a2b5 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Mara.
- a2b6 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Tarara.
- a3b1 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Huasicucho.
- a3b2 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Quina Quina.
- a3b3 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Teca.
- a3b4 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Cedro Blanco.
- a3b5 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Mara.
- a3b6 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Tarara.

**Gráfico 15. Promedio de diámetro de tallo (mm) para la interacción tratamientos pregerminativos \* Especies forestales.**

Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*) obtuvo un mejor promedio en diámetro de tallo entre las seis especies forestales mediante la aplicación del tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días (a<sub>1</sub>) alcanzando un valor de 5.70 mm, el tratamiento pregerminativo por lixiviación durante 24 horas (a<sub>3</sub>) alcanzó un promedio de 4.50 mm y 3.68 mm empleando el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos (a<sub>2</sub>).

En segundo lugar la especie Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*) con el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días (a<sub>1</sub>) logró 4.77 mm en

diámetro de tallo, seguido del tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ ) con un valor de 4.55 mm, finalmente el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) con un promedio de 3.52 mm.

Tarara (*Platymiscium fragans*) con el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) adquirió un promedio de 3.56 mm, aplicando el tratamiento pregerminativo por lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) obtuvo un promedio de 2.78 mm y 2.28 mm mediante el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ ).

En los plantines de Quina Quina (*Myroxylon balsamum*) el mejor resultado fue con el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) con un valor de 3.51 mm, sin embargo los tratamientos pregerminativos por lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) y escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ ) no fueron óptimos ya que solo alcanzaron un promedio de 0.68 mm y 0.00 mm respectivamente.

Mara (*Swietenia macrophylla*) alcanzó un diámetro de 3.38 mm empleando el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ), los tratamientos pregerminativos por escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) por 3 minutos y lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) con 2.30 mm y 2.80 mm correspondientemente.

Por último Teca (*Tectona grandis*) con los tratamientos pregerminativos por escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) y lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) fueron nulos 0.00 mm, sin embargo el tratamiento pregerminativo estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) solo logró un promedio de 0.83 mm.

#### 4.2.5. Número de hojas

Mediante el análisis de varianza que se observa en el cuadro 18 muestra que en la variable número de hojas existen diferencias significativas entre los tratamientos pregerminativos y las seis especies forestales a un nivel de significancia del 5%, en la interacción tratamientos pregerminativos por especies forestales no se mostró diferencias significativas.

**Cuadro 18. Análisis de varianza para el número de hojas**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Tratamiento	2	186.721	93.361	23.55	0.0001 *
Especie	5	1573.564	314.713	79.39	0.0001 *
Tratamiento*Especie	10	57.956	5.796	1.46	0.1794 NS
Error	54	214.066	3.964		
Total	71	2032.307			

CV = 25.68 %

\* = Significativo al nivel de 5%

NS = No significativo al nivel de 5%

En el cuadro 18 de análisis de varianza el coeficiente de variación fue de 25.68%, indicando que los datos son confiables por encontrarse debajo del 30% siendo el límite de confiabilidad (Calzada, 1970).

Mediante la prueba de Duncan cuyas medias se analizan en el cuadro 19 y gráfico 16, se observa que existen diferencias significativas entre el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) respecto a los tratamientos pregerminativos por lixiviación durante 24 ( $a_3$ ) y escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ).

No existen diferencias significativas entre los tratamientos pregerminativos por lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) y escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ).

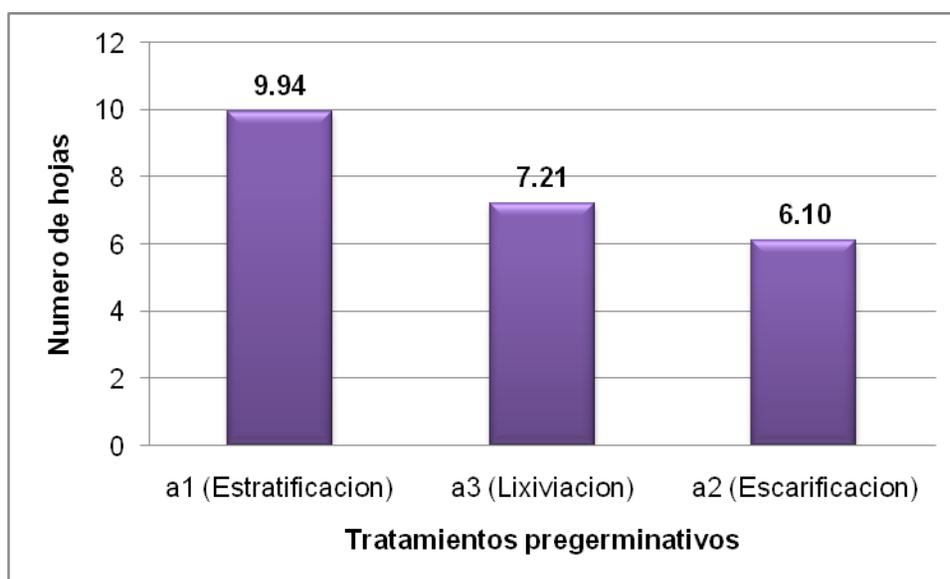
**Cuadro 19. Prueba de Duncan: Medias estimadas de los tratamientos pregerminativos para el número de hojas.**

Tratamientos pregerminativos	Número de hojas	Comparación de medias
Estratificación durante 8 días ( $a_1$ )	9.94	A
Lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ )	7.21	B
Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ )	6.10	B

Letras iguales estadísticamente son no significativas

Letras desiguales estadísticamente son significativas

En la prueba de medias del cuadro 19 y gráfico 16, el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) es el que tuvo una mejor respuesta en la variable número de hojas entre los plantines de las seis especies forestales con un promedio de 10 hojas, seguido del tratamiento lixiviación de semillas durante 24 horas ( $a_3$ ) con 7 hojas, no obstante el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C durante tres minutos obtuvo una media de 6 hojas.



**Gráfico 16. Promedio del número de hojas para los diferentes tratamientos pregerminativos.**

Jara (1996) menciona que, para muchas especies, las reservas alimenticias se pueden agotar después de 7 días, y cualquier desarrollo posterior de la plántula, dependerá de la fotosíntesis. Durante la movilización de estas reservas, los productos resultantes se trasladan rápidamente entre las partes en crecimiento del embrión y allí se usa en la generación de enzimas y tejido.

El mismo autor señala que, en la mayoría de las semillas con generación endosperma, gran parte de las reservas de alimento provienen de este. En muchos casos, un embrión que ha sido cortado puede germinar sin las reservas de nutrientes del endosperma, pero su desarrollo posterior requiere inicio temprano del proceso de fotosíntesis.

A través de la prueba de Duncan que se observa en el cuadro 20, se confirma que existen diferencias significativas entre especies forestales, donde Tarara (b<sub>6</sub>) presenta una media de 15 hojas con relación a Huasicucho (b<sub>1</sub>), Mara (b<sub>5</sub>), Cedro Blanco (b<sub>4</sub>), Quina Quina (b<sub>2</sub>) y Teca (b<sub>3</sub>), los cuales presentan una media de 10 hojas, 9 hojas, 9 hojas, 2 hojas y 1 hoja, respectivamente.

**Cuadro 20. Prueba de Duncan: Medias estimadas de las especies respecto la variable número de hojas.**

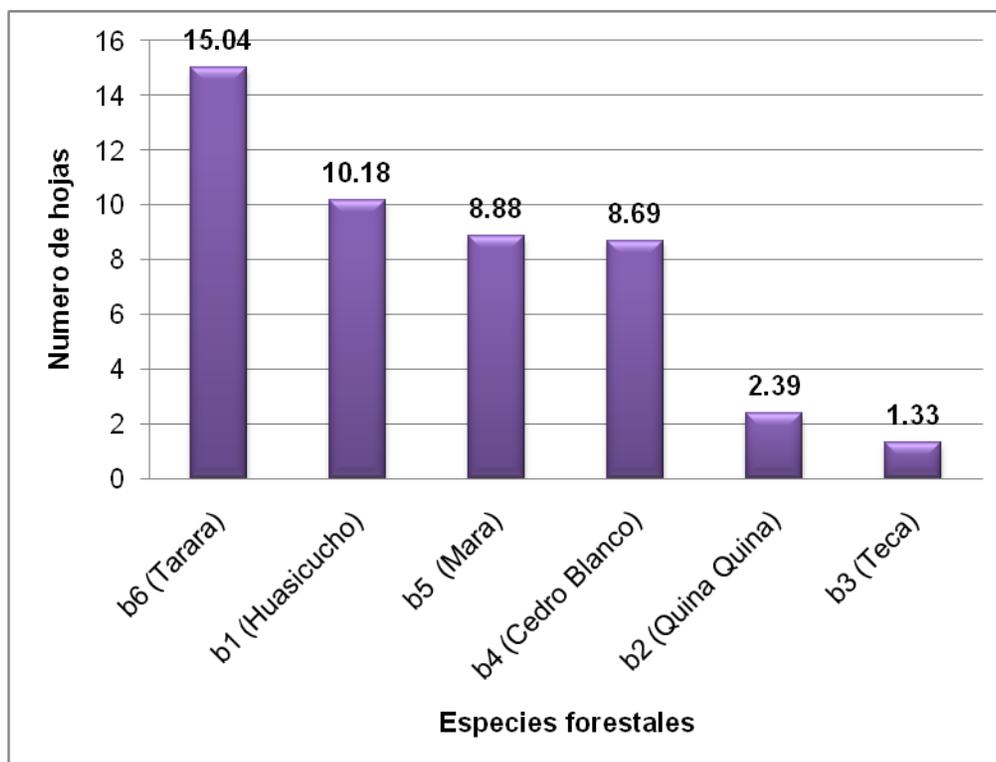
Especies forestales	Número de hojas	Comparación de medias
Tarara ( <i>Platymiscium fragans</i> ), (b <sub>6</sub> )	15.04	A
Huasicucho ( <i>Centrolobium ochroxylum</i> ), (b <sub>1</sub> )	10.18	B
Mara ( <i>Swietenia macrophylla</i> ), (b <sub>5</sub> )	8.88	B
Cedro Blanco ( <i>Cedrela fissilis</i> ), (b <sub>4</sub> )	8.69	B
Quina quina ( <i>Myroxylon balsamum</i> ), (b <sub>2</sub> )	2.39	C
Teca ( <i>Tectona grandis</i> ), (b <sub>3</sub> )	1.33	C

Letras iguales estadísticamente son no significativas

Letras desiguales estadísticamente son significativas

No existen diferencias entre el número de hojas de Huasicucho (b<sub>1</sub>), Mara (b<sub>5</sub>), Cedro Blanco (b<sub>4</sub>) con 10, 9 y 9 hojas correspondientemente.

Quina Quina (b2) con una media de 2 hojas y Teca (b3) con 1 hoja son no significativas.



**Gráfico 17. Promedio del número de hojas para las distintas especies forestales.**

Lira (1994) citado por Quenallata (2008) menciona que, el estado mineral en las plantas se considera un factor elemental, es así también que el potasio interviene en la fotosíntesis de la hoja, favoreciendo la formación de hidratos de carbono y el movimiento de estos glúcidos hacia la formación de reserva.

El gráfico 17, muestra que la Tarara presenta el mayor número de hojas, porque la clasifican como una especie de crecimiento rápido, que le permite ser pionera y de alta competitividad en lugares perturbados (Justiniano y Fredericksen, 1998).

La especie Huasicucho se encuentra en segundo lugar debido a que es una especie forestal de crecimiento rápido, se adapta en suelos livianos a pesados y resiste suelos con inundaciones temporales (Jatun Sach'a, s./f.).

Bascope *et al.* (1973) citado por Lohse (1997) mencionan que, la Mara es una especie de lento crecimiento puede sobrevivir por algún tiempo bajo la sombra pero

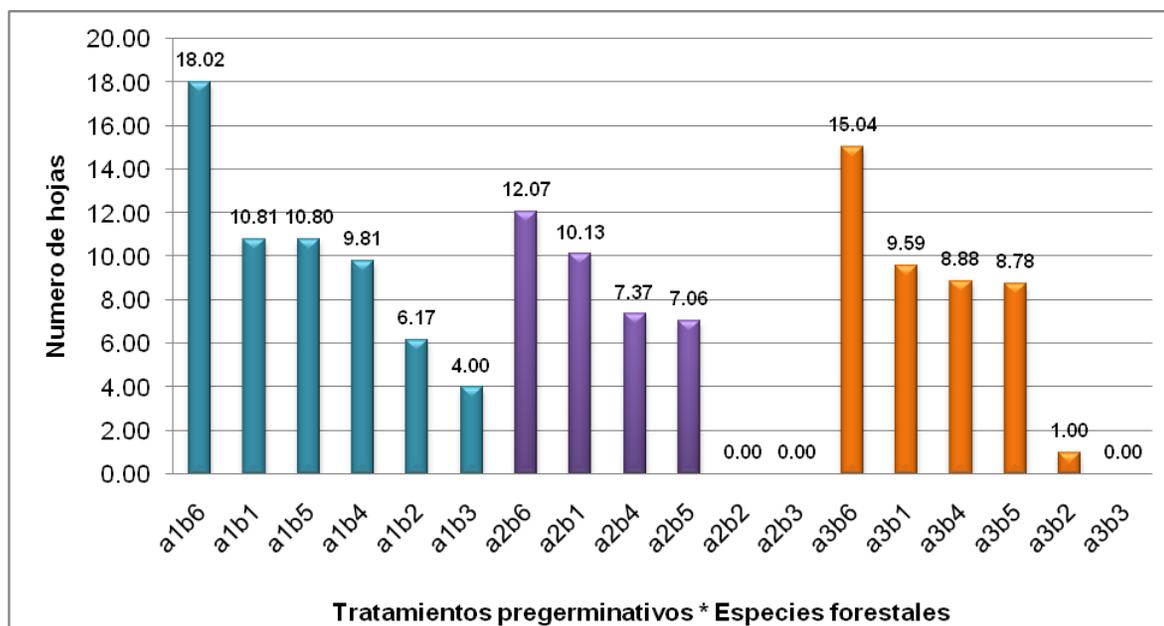
responde positivamente a la entrada de mayor cantidad de luz, tolera suelos con mal drenaje, pero no soporta encharcamiento.

Toledo *et al.* (2008) señalan que, el Cedro Blanco es una especie demandante de luz, crece en suelos y topografía variables pero en general requieren un buen drenaje.

Teca es una especie exigente a la luz, también es sensible a la humedad y competencia por malezas (Chaves, 1991).

Debido a las precipitaciones durante el periodo de investigación las especies forestales Quina Quina y Teca fueron las que obtuvieron poco desarrollo en el número de hojas.

Los efectos de la interacción tratamientos pregerminativos \* especies forestales en el número de hojas se muestra en el gráfico 18.



- a1b1 = Estratificación durante 8 días en semillas de Huasicucho.
- a1b2 = Estratificación durante 8 días en semillas de Quina Quina.
- a1b3 = Estratificación durante 8 días en semillas Teca.
- a1b4 = Estratificación durante 8 días en semillas de Cedro Blanco.
- a1b5 = Estratificación durante 8 días en semillas de Mara.
- a1b6 = Estratificación durante 8 días en semillas de Tarara.
- a2b1 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Huasicucho.
- a2b2 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Quina Quina.
- a2b3 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Teca.
- a2b4 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Cedro Blanco.
- a2b5 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Mara.
- a2b6 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Tarara.
- a3b1 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Huasicucho.
- a3b2 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Quina Quina.
- a3b3 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Teca.
- a3b4 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Cedro Blanco.
- a3b5 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Mara.
- a3b6 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Tarara.

**Gráfico 18. Promedio del número de hojas para la interacción tratamientos pregerminativos \* Especies forestales.**

Efectuando un seguimiento en el comportamiento de la variable número de hojas, Tarara (*Platymiscium fragans*) fue la que obtuvo un mayor desarrollo mediante la aplicación del tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días (a<sub>1</sub>) con un promedio de 18 hojas, asimismo el tratamiento pregerminativo lixiviación durante

24 horas ( $a_3$ ) con 16 hojas y por último el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) por 3 minutos con una media de 12 hojas.

Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*) fue la segunda especie en obtener un mejor resultado con el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) alcanzando 11 hojas, los tratamientos pregerminativos escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) y lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) obtuvieron un resultado semejante con un promedio de 10 hojas.

En los plantines de Mara (*Swietenia macrophylla*) el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) obtuvo un mejor efecto logrando una media de 11 hojas, sin embargo el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) logró una media de 9 hojas, finalmente el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ ) con 7 hojas.

Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*) obtuvo un promedio de 10 hojas mediante el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ), no obstante el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) logró 9 hojas, por último el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) solo 7 hojas por planta.

El número de hojas entre los plantines de Quina Quina (*Myroxylon balsamum*) fue de 6 hojas con el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ), el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) adquirió como promedio 1 hoja y el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ ) fue nulo 0 hojas debido al exceso de humedad pocas semillas germinaron.

Teca (*Tectona grandis*) obtuvo una media de 4 hojas mediante la aplicación del tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ), los tratamientos pregerminativos escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ ) y lixiviación

durante 24 horas ( $a_3$ ) debido a la pudrición de las semillas por la alta humedad fue nula.

#### 4.2.6. Longitud radicular

El cuadro 21, permite apreciar el análisis de varianza correspondiente a longitud de raíz con un coeficiente de 28.82%, indicando que los datos son confiables, por encontrarse debajo del 30% siendo este el límite de confiabilidad (Calzada, 1970).

**Cuadro 21. Análisis de varianza para longitud radicular**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamiento	2	319.874	159.937	6.59	0.0028 *
Especie	5	6463.913	1292.782	53.24	0.0001 *
Tratamiento*Especie	10	941.410	94.141	3.88	0.0006 *
Error	53	1287.022			
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>9012.220</b>			

CV = 28.82 %

\* = Significativo al nivel de 5%

Observando el cuadro anterior, existen diferencias significativas entre los tres tratamientos pregerminativos lo cual influye en el crecimiento de longitud de raíz, a razón que uno de los tratamientos adelantó el proceso de germinación y emergencia más rápido que los demás.

También hay diferencias significativas entre las seis especies forestales debido a las características fisiológicas y morfológicas de las semillas lo cual influye en el crecimiento de longitud de raíz; asimismo en la interacción tratamiento pregerminativo \* especie forestal las diferencias son significativas.

Mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%, que se observa en el cuadro 22 y gráfico 19, existen diferencias significativas en la longitud de raíz de los plantines mediante la aplicación de los tres tratamientos pregerminativos.

**Cuadro 22. Prueba de Duncan: Medias estimadas de los tratamientos pregerminativos para longitud radicular.**

<b>Tratamientos pregerminativos</b>	<b>Longitud radicular (cm)</b>	<b>Comparación de medias</b>
Estratificación durante 8 días ( $a_1$ )	19.28	A
Lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ )	17.72	A
Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ )	14.18	B

Letras iguales estadísticamente son no significativas

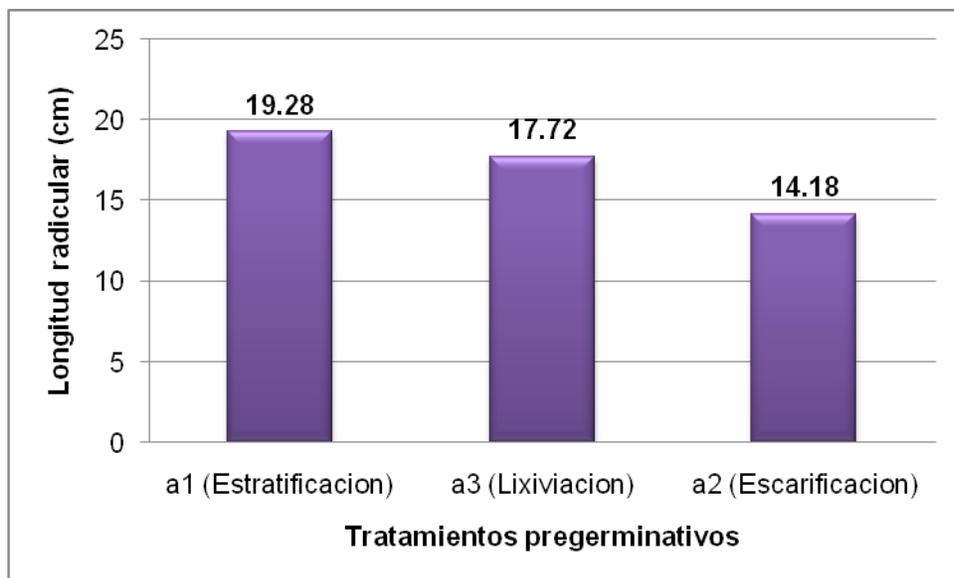
Letras desiguales estadísticamente son significativas

No existen diferencias significativas entre el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) y lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) con 19.28 cm y 17.72 cm respectivamente ya que los valores son casi similares y los más superiores en crecimiento referente a la variable de longitud radicular.

Los tratamientos pregerminativos por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) y lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) son estadísticamente diferentes al tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ ) con un promedio de 14.18 cm en longitud de raíz.

Se obtuvo un mejor resultado en el crecimiento de raíz de los plantines en las seis especies forestales mediante la aplicación del tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ), debido a que este tratamiento conserva la humedad y temperatura que permite acelerar el proceso de germinación.

En segundo lugar se encuentra el tratamiento por lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ), este método tiene como propósito de remover los inhibidores y se consigue remojando las semillas en agua corriente por un tiempo de 12 a 24 horas (Hartmann y Kester, 1997).



**Gráfico 19. Promedio de longitud radicular para los diferentes tratamientos pregerminativos.**

El tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos (a<sub>2</sub>), es el que obtuvo un menor crecimiento en longitud de raíz; Villachica (1996) citado por Mamani (2006) menciona que, existe una pérdida del poder germinativo, por lo que no se recomienda.

Como se observa en el cuadro 23, existen diferencias significativas entre la longitud radicular de Huasicucho (b<sub>1</sub>) con 27.38 cm respecto de Teca (b<sub>3</sub>), Quina Quina (b<sub>2</sub>), Cedro Blanco (b<sub>4</sub>) y Mara (b<sub>5</sub>), con 1.70 cm, 6.06 cm, 20.22 cm y 22.42 cm correspondientemente.

Las diferencias entre la longitud radicular de Huasicucho (b<sub>1</sub>) con una media de 27.38 cm y Tarara (b<sub>6</sub>) con 23.90 cm, son no significativas.

La longitud radicular de Tarara (b<sub>6</sub>) no presenta diferencias significativas de Mara (b<sub>5</sub>) y Cedro Blanco (b<sub>4</sub>), por último las diferencias entre el crecimiento de raíz de Quina Quina (b<sub>2</sub>) y Teca (b<sub>3</sub>) son significativas.

**Cuadro 23. Prueba de Duncan: Medias estimadas de las especies respecto la variable longitud radicular.**

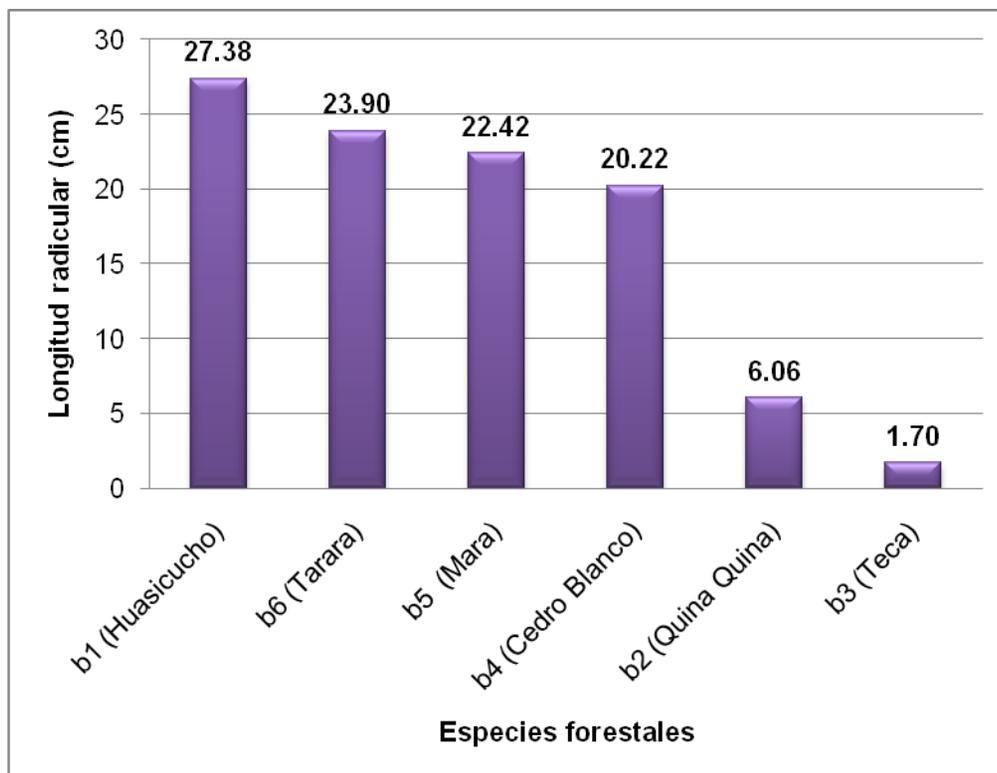
<b>Especies forestales</b>	<b>Longitud radicular (cm)</b>	<b>Comparación de medias</b>
Huasicucho ( <i>Centrolobium ochroxylum</i> ), (b <sub>1</sub> )	27.38	A
Tarara ( <i>Platymiscium fragans</i> ), (b <sub>6</sub> )	23.90	A B
Mara ( <i>Swietenia macrophylla</i> ), (b <sub>5</sub> )	22.42	B
Cedro Blanco ( <i>Cedrela fissilis</i> ), (b <sub>4</sub> )	20.22	B
Quina quina ( <i>Myroxylon balsamum</i> ), (b <sub>2</sub> )	6.06	C
Teca ( <i>Tectona grandis</i> ), (b <sub>3</sub> )	1.70	D

Letras iguales estadísticamente son no significativas

Letras desiguales estadísticamente son significativas

El gráfico 20, refleja los resultados relacionado al comportamiento en el crecimiento radicular en cm para las diferentes especies forestales, donde Huasicucho (b<sub>1</sub>) con una media de 27.38 cm fue la que obtuvo un mejor resultado mediante la aplicación de los tres tratamientos pregerminativos seguido de las especies Tarara (b<sub>6</sub>), Mara (b<sub>5</sub>) y Cedro Blanco (b<sub>4</sub>) con, 23.90 cm, 22.42 cm y 20.22 cm respectivamente.

Las especies Quina Quina (b<sub>2</sub>) con 6.06 cm y Teca (b<sub>3</sub>) con 1.70 cm son las que obtuvieron un menor promedio en crecimiento de longitud de raíz debido a la poca cantidad de plantines y a que estas especies son susceptibles al exceso de humedad lo cual no permite un buen desarrollo de la raíz.

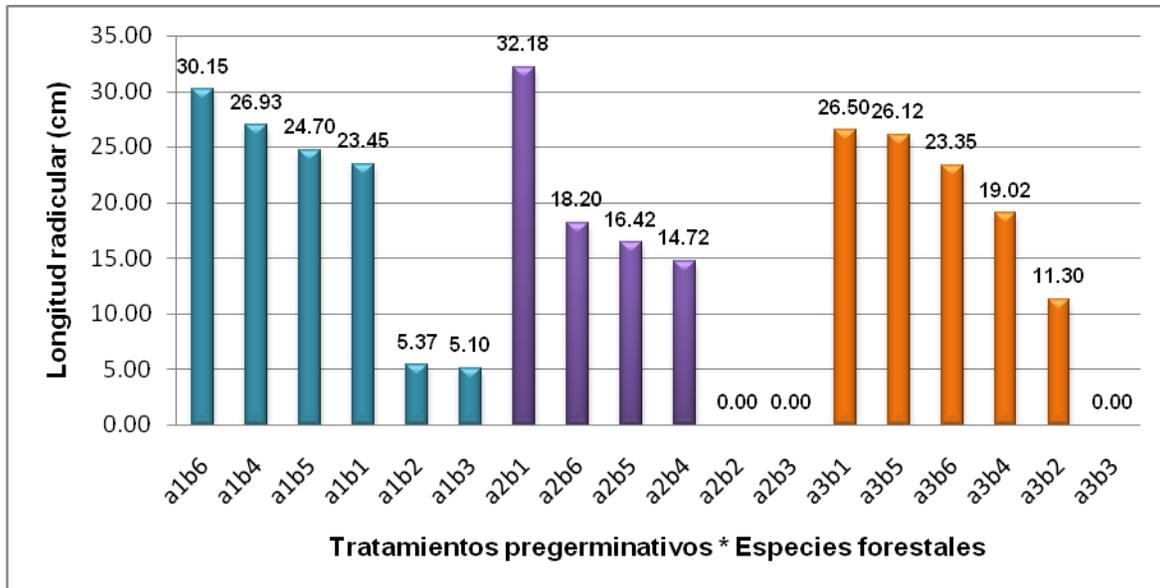


**Gráfico 20. Promedio de longitud radicular para las distintas especies forestales.**

Un factor clave del crecimiento de la raíz es el grado de aireación, así como poco O<sub>2</sub> (oxígeno) y mucho CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) pueden reducir o detener el crecimiento de la raíz e inhibir la absorción de los nutrientes (Hartmann y Kester, 1997).

El agua es portadora de elementos esenciales para la nutrición de las plantas, es retenida en la superficie de las partículas y en los poros finos dentro de los agregados del sustrato. Un sustrato debe retener suficiente cantidad de agua para llenar las necesidades de las plantas, de un riego a otro (VIFINEX, 2002).

En la interacción tratamientos pregerminativos \* especies forestales que se observa en el gráfico 21, es preciso realizar un análisis de los resultados obtenidos.



- a1b1 = Estratificación durante 8 días en semillas de Huasicucho.
- a1b2 = Estratificación durante 8 días en semillas de Quina Quina.
- a1b3 = Estratificación durante 8 días en semillas Teca.
- a1b4 = Estratificación durante 8 días en semillas de Cedro Blanco.
- a1b5 = Estratificación durante 8 días en semillas de Mara.
- a1b6 = Estratificación durante 8 días en semillas de Tarara.
- a2b1 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Huasicucho.
- a2b2 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Quina Quina.
- a2b3 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Teca.
- a2b4 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Cedro Blanco.
- a2b5 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Mara.
- a2b6 = Escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Tarara.
- a3b1 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Huasicucho.
- a3b2 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Quina Quina.
- a3b3 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Teca.
- a3b4 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Cedro Blanco.
- a3b5 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Mara.
- a3b6 = Lixiviación durante 24 horas en semillas de Tarara.

**Gráfico 21. Promedio de longitud radicular para la interacción tratamientos pregerminativos \* Especies forestales.**

El tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos (a<sub>2</sub>) logró adquirir una media de 32.18 cm de longitud radicular en la especie forestal Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*), en segundo lugar se encuentra el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas (a<sub>3</sub>) con 26.50 cm, finalmente el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días logró (a<sub>1</sub>) un promedio de 23.45 cm.

Tarara (*Platymiscium fragans*) obtuvo un mejor resultado en el crecimiento radicular mediante el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) con una media de 30.15 cm, seguido del tratamiento pregerminativo por lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) con un valor de 23.35 cm y 18.20 cm aplicando el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ ).

Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*) logró un mejor promedio con el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) adquiriendo 26.93 cm, utilizando el tratamiento pregerminativo por lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) logró 19.02 cm, el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ ) obtuvo 14.72 cm en longitud radicular.

En plantines de Mara (*Swietenia macrophylla*) la longitud radicular fue de 26.12 cm empleando el tratamiento lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ), asimismo el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) tuvo un comportamiento casi similar logrando una media de 24.70 cm, con el tratamiento pregerminativo por escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ ) se obtuvo un menor crecimiento en longitud de raíz con un valor de 16.42 cm.

Debido a que pocas semillas de Quina Quina (*Myroxylon balsamum*) germinaron y emergieron mediante el efecto de los tres tratamientos pregerminativos y la excesiva humedad las medias obtenidas no fueron óptimas, el tratamiento por lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) logró 11.30 cm de longitud radicular, el tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) 5.37 cm y 0.00 cm con el tratamiento escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos ( $a_2$ ).

Teca (*Tectona grandis*) con el tratamiento escarificación en agua caliente a 85°C ( $a_2$ ) y lixiviación durante 24 horas ( $a_3$ ) el efecto fue nulo 0.00 cm, sin embargo el tratamiento pregerminativo estratificación durante 8 días ( $a_1$ ) solo logró un promedio de 5.10 cm de longitud radicular.

### 4.3. Variables económicas

#### 4.3.1. Análisis de costos parciales

Para obtener el presupuesto parcial se calculó el beneficio bruto, beneficio neto, tasa de retorno marginal, costos variables de los tratamientos, todos los cálculos fueron llevados a una hectárea como lo recomienda el método de análisis económico propuesto por el (CIMMYT, 1988).

**Cuadro 24. Análisis económico por el método de presupuestos parciales**

Tratamiento	Rendimiento medio (plantas/ha)	Rendimiento ajustado (plantas/ha)	Beneficio Bruto (Bs/ha)	Costo Total (Bs/ha)	Beneficio Neto (Bs/ha)
T <sub>1</sub>	647	550	2167.00	2111.41	55.59
T <sub>2</sub>	59	50	147.00	1955.65	-1808.65
T <sub>3</sub>	118	100	394.00	1631.53	-1237.53
T <sub>4</sub>	824	700	2058.00	1442.76	615.24
T <sub>5</sub>	824	700	2758.00	1766.88	991.12
T <sub>6</sub>	147	125	368.00	1577.12	-1209.12
T <sub>7</sub>	471	400	1576.00	2867.47	-1291.47
T <sub>8</sub>	59	50	147.00	2710.71	-2563.71
T <sub>9</sub>	0	0	0.00	2387.59	-2387.59
T <sub>10</sub>	0	0	0.00	2197.82	-2197.82
T <sub>11</sub>	0	0	0.00	2521.94	-2521.94
T <sub>12</sub>	0	0	0.00	2333.18	-2333.18
T <sub>13</sub>	588	500	1970.00	2090.59	-120.59
T <sub>14</sub>	59	50	147.00	1934.82	-1787.82
T <sub>15</sub>	0	0	0.00	1610.71	-1610.71
T <sub>16</sub>	471	400	1176.00	1421.94	-245.94
T <sub>17</sub>	647	550	2167.00	1746.06	420.94
T <sub>18</sub>	824	700	2058.00	1556.29	501.71

En el cuadro 24, se observa el presupuesto parcial para toda la prueba; en la primera columna se encuentran los 18 tratamientos empleados.

En la segunda columna se halla el rendimiento medio de plantines de las seis especies forestales producidos para cada tratamiento, donde el mayor rendimiento medio fue de los tratamientos T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, y T<sub>18</sub> con 824 plantas/ha respectivamente, el

tratamiento T<sub>1</sub> y T<sub>17</sub> con 647 plantas/ha, seguido del tratamiento T<sub>13</sub> con 588 plantas/ha, T<sub>7</sub> y T<sub>16</sub> con un rendimiento medio de 471 plantas/ha.

Finalmente el tratamiento T<sub>6</sub> 147 plantas/ha, T<sub>3</sub> 118 plantas/ha; T<sub>2</sub> T<sub>8</sub> y T<sub>14</sub> presentan un rendimiento bajo de 59 plantas/ha correspondientemente, los tratamientos T<sub>9</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>11</sub>, T<sub>12</sub> y T<sub>15</sub> no produjo ningún plantín 0 plantas/ha.

En la tercera columna se observa el rendimiento ajustado donde se realiza un ajuste del rendimiento medio para todos los tratamientos, se efectuó un ajuste del 15% de decremento al rendimiento obtenido con el fin de eliminar la sobre estimación del ensayo y reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y del agricultor, los cuales siempre van a ser superiores a los de este, de acuerdo a las recomendaciones del (CIMMYT, 1988).

La cuarta columna, presenta los beneficios brutos de campo que se obtuvo de los rendimientos ajustados por el precio de venta de los plantines forestales, donde el tratamiento T<sub>5</sub> obtuvo un mayor beneficio bruto, siendo el precio de venta de 4 Bs/plantín.

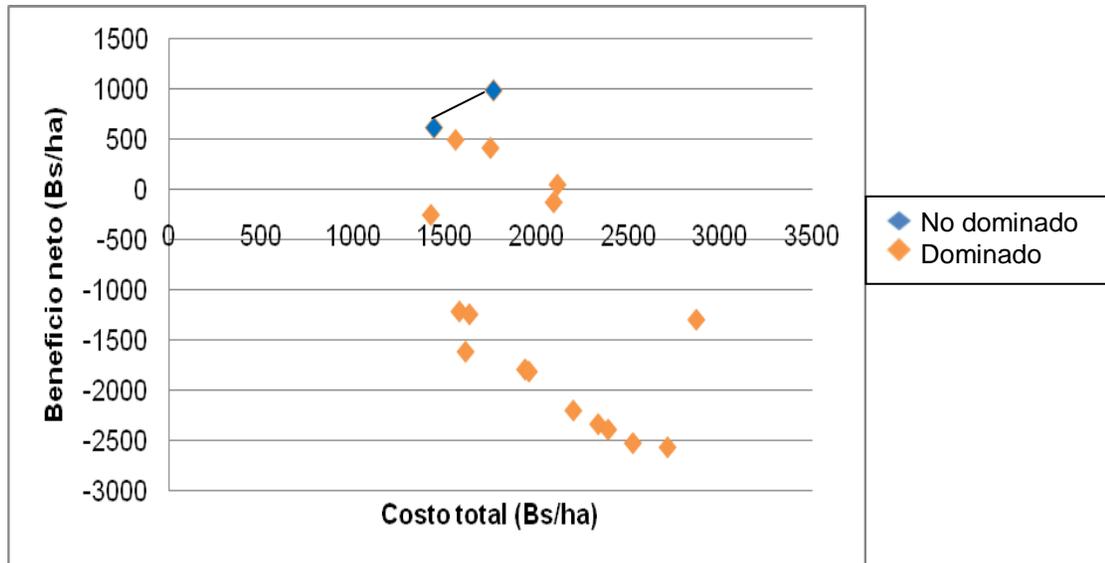
En la quinta columna se tiene el costo total para cada tratamiento, donde se puede observar que el máximo beneficio neto adquirido fue para el tratamiento T<sub>5</sub> (tratamiento pregerminativo, estratificación durante 8 días en semillas de Mara) logrando un beneficio de 991.12 Bs/ha.

**Cuadro 25. Análisis de Dominancia**

<b>Tratamiento</b>	<b>Costo Total (Bs/ha)</b>	<b>Beneficio Neto (Bs/ha)</b>	<b>Dominancia</b>
T16	1421.94	-245.94	Dominado
T4	1442.76	615.24	No dominado
T18	1556.29	501.71	Dominado
T6	1577.12	-1209.12	Dominado
T15	1610.71	-1610.71	Dominado
T3	1631.53	-1237.53	Dominado
T17	1746.06	420.94	Dominado
T5	1766.88	991.12	No dominado
T14	1934.82	-1787.82	Dominado
T2	1955.65	-1808.65	Dominado
T13	2090.59	-120.59	Dominado
T1	2111.41	55.59	Dominado
T10	2197.82	-2197.82	Dominado
T12	2333.18	-2333.18	Dominado
T9	2387.59	-2387.59	Dominado
T11	2521.94	-2521.94	Dominado
T8	2710.71	-2563.71	Dominado
T7	2867.47	-1291.47	Dominado

De acuerdo con el cuadro 25 y gráfico 22, se logró seleccionar los tratamientos de acuerdo al criterio propuesto por el CIMMYT (1988), el mismo indica que, un tratamiento es dominado cuando se tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos.

En el análisis de presupuestos parciales se comparan las alternativas de producción de plantines de Mara, Teca, Quina Quina, Huasicucho, Cedro Blanco y Tarara, tomando en cuenta los diferentes tratamientos pregerminativos. Mediante el análisis de presupuestos parciales se comparan alternativas de producción con los métodos tradicionales del agricultor, si el beneficio neto permanece igual o disminuye, la nueva tecnología debe ser rechazada porque no es más rentable que la del agricultor.



**Gráfico 22. Curva de los beneficios netos**

En el gráfico 22, se puede observar que los tratamientos no dominados, es decir con mayor beneficio neto y menor costo, resultaron los tratamientos T<sub>4</sub> (tratamiento pregerminativo, estratificación durante 8 días en semillas de Cedro Blanco) y T<sub>5</sub> (tratamiento pregerminativo, estratificación durante 8 días en semillas de Mara).

Los tratamientos dominados, indica que económicamente no son viables para su adopción, pero técnicamente es viable hacer uso de los tratamientos: T<sub>16</sub>, T<sub>18</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>15</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>17</sub>, T<sub>14</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>13</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>11</sub>, T<sub>8</sub> y T<sub>7</sub>.

**Cuadro 26. Análisis marginal de costos variables**

<b>Tratamiento</b>	<b>Costo Variable (Bs/ha)</b>	<b>Costo Marginal (Bs/ha)</b>	<b>Beneficio Neto (Bs/ha)</b>	<b>Beneficio Marginal (Bs/ha)</b>	<b>Tasa de Retorno Marginal (%)</b>
<b>T<sub>4</sub></b>	1442.76		615.24		
<b>T<sub>5</sub></b>	1766.88	324.12	991.12	375.88	115.97

La tasa de retorno marginal indica lo que se puede esperar ganar o perder en promedio con una inversión, cuando se decide cambiar una práctica por otra.

En el cuadro 26, se toma en cuenta los mejores comportamientos en términos de emergencia y crecimiento de los plantines respecto a los demás tratamientos, mediante el cual se puede observar que, la tasa de retorno marginal de optar por el tratamiento T<sub>5</sub> (tratamiento pregerminativo, estratificación durante 8 días en semillas de mara) en lugar del tratamiento T<sub>4</sub> (tratamiento pregerminativo, estratificación durante 8 días en semillas de Cedro Blanco) se obtiene 115.97%, esto significa que por cada boliviano invertido de elegir el T<sub>5</sub> en lugar del T<sub>4</sub> el agricultor puede esperar recuperar el boliviano invertido y obtener 1.16 bolivianos adicionales.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos bajo la aplicación de los diferentes tratamientos, se llegaron a las siguientes conclusiones.

En el análisis del porcentaje de emergencia se estableció que:

1. Fue influenciado por el tratamiento pregerminativo estratificación durante 8 días, donde se obtuvo los mejores resultados en semillas de Tarara con 87.50%, Mara 43.25%, Cedro Blanco con 43.00%, Huasicucho con un valor de 35%, Quina Quina 6.00% y Teca con 3.00% de emergencia. Debido a que este tratamiento conserva humedad y temperatura al interior de la bandeja.

2. El tratamiento pregerminativo con el menor rendimiento fue escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos; puesto que por la alta temperatura se corre el riesgo de cocer las semillas. Tarara alcanzó 31.00%, Huasicucho con 23.50%, Mara con un valor de 22.00%, Cedro Blanco 19.50%, Quina Quina y Teca 0.00% de emergencia.

En cuanto al porcentaje de germinación se determinó que:

3. El mayor valor se registró con el tratamiento pregerminativo estratificación durante 8 días en semillas de Tarara con 92.25%, Mara 55.25%, Cedro Blanco 48.75%, Quina Quina 6.00%, Teca 4.75% y Huasicucho con 40.00% de semillas germinadas mediante el tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas.

4. El menor porcentaje de germinación se obtuvo con el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos; en semillas de Tarara con 41.50%, Mara 30.25%, Huasicucho 25.75%, Cedro Blanco 21.25%, Quina Quina y Teca 0.00% de semillas germinadas.

Para las características agronómicas de cada especie se concluye que:

5. En la variable altura de planta, el tratamiento pregerminativo estratificación durante 8 días coadyuvó en el crecimiento de los plantines; la especie Huasicucho alcanzó la mayor altura con un valor de 28.54 cm, Tarara 27.97 cm, Mara 23.99 cm, Cedro Blanco 21.59 cm, Quina Quina 19.47 cm y Teca con una altura de 3.90 cm.

6. En diámetro de tallo los mejores resultados fueron con la aplicación del tratamiento pregerminativo estratificación durante 8 días; Cedro Blanco obtuvo el mayor promedio con 5.70 mm, Huasicucho 4.77 mm, Tarara 3.56 mm, Quina Quina 3.51mm, Mara 3.38 mm y Teca con 0.83 mm.

7. La variable número de hojas logró un buen desarrollo de las hojas con el tratamiento pregerminativo estratificación durante 8 días; la especie forestal Tarara se encuentra en primer lugar con una media de 18 hojas, Huasicucho 11 hojas, Mara 11 hojas, Cedro Blanco con 10 hojas, Quina Quina 6 hojas y Teca 4 hojas

8. En longitud radicular el tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos, logró un valor de 32.18 cm en plantines Huasicucho.

9. Las especies Tarara, Cedro Blanco y Teca mediante el tratamiento pregerminativo estratificación durante 8 días; registraron valores de 30.15 cm, 26.93 cm y 5.10 cm de longitud radicular, respectivamente.

10. El tratamiento pregerminativo lixiviación durante 24 horas; tuvo un mejor resultado en Mara con 26.12 cm de longitud radicular y Quina Quina con 11.30 cm.

Respecto a las características morfológicas de cada especie se deduce que:

11. El fruto del Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*) se caracteriza por ser grande, samaroidal miden hasta 17 cm de largo y 10cm de ancho de color marrón oscuro, presenta un ala distal y escamas peltadas en la cámara. Las semillas se caracterizan por tener una forma algo cilíndrica y sinuosa, se encuentran de 2 a 3 semillas por fruto y miden hasta 1.5 cm de largo.

12. Quina Quina (*Myroxylon balsamum*), su fruto es indehiscente (samara) y el resto es en forma de ala mide de 7 a 11 cm de largo por 2 cm de ancho, de color

amarillento; la semilla es apical reniforme (como un gusano blanco) mide de 1.5 a 1.8 cm de largo.

13. Teca (*Tectona grandis*), presenta un fruto subgloboso con cuatro celdas que encierran generalmente 1 o 2 semillas de 5 mm de largo.

14. El fruto de Cedro Blanco (*Cedrela fissilis*) tiene la forma de capsula ovoide, las semillas son pequeñas con alas membranáceas de color canela miden de 2 a 3 cm de largo.

15. Tarara (*Platymiscium fragans*), el fruto es samara elíptica con un ala delgada marginal mide 3 cm de largo y 1.5 cm de ancho, la semilla es aplanada elíptica.

16. Mara (*Eswietenia macrophylla*), el fruto es cápsula de hasta 20 cm de largo y 10 cm de ancho, las semillas son aladas y esponjosas de color pardo miden de 8 a 10 cm de largo y de 2 a 2.5 cm de ancho.

Finalmente:

17. En la evaluación de costos parciales el tratamiento T<sub>5</sub> (tratamiento pregerminativo, estratificación durante 8 días en semillas de Mara) obtuvo el valor más alto en beneficio neto de 991.12 Bs, en comparación con los tratamientos: T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>11</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>13</sub>, T<sub>14</sub>, T<sub>15</sub>, T<sub>16</sub>, T<sub>17</sub>, y T<sub>18</sub>.

## 6. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda efectuar la aplicación del tratamiento pregerminativo estratificación durante 8 días, puesto que los resultados obtenidos fueron óptimos en el proceso de germinación y emergencia de las especie forestales Huasicucho, Quina Quina, Teca, Cedro Blanco, Tarara y Mara.
2. Se sugiere un estudio más profundo de los tratamientos pregerminativos escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos y lixiviación durante 24 horas, realizando distintas combinaciones de temperatura y tiempo, con la finalidad de conseguir un mejor resultado en otras especies forestales.
3. Se recomienda realizar el trasplante o repique en la época final de invierno (agosto) y principio de la primavera (septiembre), para reducir pérdidas durante la temporada de lluvias.
4. Se sugiere realizar estudios concerniente al control de la plaga *Hypsipila grandella* barrenador de los brotes del tallo, para evitar pérdidas en la producción de plantines en viveros forestales comunales.
5. Finalmente, se recomienda el uso del tratamiento T<sub>5</sub> (tratamiento pregerminativo, estratificación durante 8 días, cubierto con bolsa nylon de color negro bajo sombra, en semillas de Mara) porque solo se invierte 991.12 Bs, no es muy costoso y no genera pérdida económica ya que el agricultor puede recuperar el boliviano invertido y obtener 1.16 bolivianos adicionales.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

ALARCON, J. 2007. Estructura poblacional y efectos de tratamientos silviculturales en la tasa de crecimiento de especies comerciales en un bosque Amazónico de Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Trabajo Dirigido. Cochabamba – Bolivia. 4 p.

ANDERSON, A; LEACH, CH. 1962. Análisis de las semillas para descubrir organismos que son llevadas en ellas. Trad. A. Marino y P. Rodríguez. 1 ed. México D.F. Continental S.A. pp: 801 – 804.

BARTOLOMÉ, J; VEGA, I. 2001. El buen sembrador: Manual de producción ecológica de plantas forestales autóctonas. Madrid – España. WWF/Adena. 32 p.

BETANCOUR, A. 1983. Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. Ministerio de Cultura Habana – Cuba. Editorial Científico – Técnica. pp: 309 – 321.

CADEFOR (Centro Amazónico de Desarrollo Forestal). 2010. Fichas técnicas (en línea). Consultado 2 jul. 2014. Disponible en [http://www.cadefor.org/index.php?option=com\\_remository&Itemid=65](http://www.cadefor.org/index.php?option=com_remository&Itemid=65)

CALZADA, J. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. 3 ed. Lima – Perú. Jurídica S.A. 644 p.

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, ME). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. México D.F. 79 p.

COARITE, J. 2000. Tratamientos pre – germinativos de la semilla de Tembe (*Bactris gasipaes Kunth*) bajo diferentes sustratos en almacigo, en la región de Ixiamas. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Tesis de Grado. La Paz – Bolivia. 90 p.

COSME, F. 2002. Estudio de técnicas pregerminativas de semillas de Durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch) en Sapahaqui – La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Tesis de Grado. La Paz – Bolivia. 88 p.

CUMAT - COTESU. 1985. Proyecto Alto Beni, informe técnico. La Paz – Bolivia. v.1. 49 p.

CRUZ, D. 2007. La semilla. Información proporcionada en la materia de Germoplasma Nativo (en fotocopias). La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 7 p.

CHAVES, E. 1991. Teca (*Tectona grandis* L.f) especie de árbol de uso múltiple en América Central. Informe técnico n° 179. Costa Rica. CATIE. 38 p.

DÍAZ B, W. s./f. Buenas prácticas forestales: Vivero forestal. Cartilla de divulgación n° 9. Jujuy – Argentina. FAO. 12 p.

DULFUS, C; SLAUGHTER, C. 1980. Las semillas y sus usos. 1 ed. AGT Editor S.A. 188p.

DUQUE, J. 1981. Handbook of legumes of world economic importance. New York, NY: Plenum Press, pp. 77 - 173.

FARÍAS, M. 1997. La ciencia para todos (en línea). 1 ed. México D.F. Fondo de Cultura Económica. Consultado 10 oct. 2011. Disponible en <http://www.fundacionviracocha.org/publicaciones/VIRACOCHAagroeco1.pdf><http://www.fundacionviracocha.org/publicaciones/VIRACOCHA-agroeco1.pdf>

FONSECA G, W. 2004. Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L.f) en Costa Rica (en línea). Consultado 9 abr. 20011. Disponible en [http://www.fonafifo.com/text\\_files/proyectos/ManualProductoresTeca.pdf](http://www.fonafifo.com/text_files/proyectos/ManualProductoresTeca.pdf)

FOSSATTI, J; OLIVERA, T. 1996. Programa de repoblamiento forestal: tratamientos pregerminativos. Cartilla n° 3. Cochabamba - Bolivia. COTESU. pp: 2 – 7.

GEILFUS, F; SERRANO, M. 1991. Crecimiento inicial de catorce especies maderables. Santo Domingo R.D. Enda – Caribe. pp: 6 – 8.

HARTMANN, H; KESTER, D. 1997. Propagación de plantas: principios y prácticas. 2 ed. México D.F. Continental S.A. 760 p.

HUCHANI, M; CARVAJAL, M. 2005. Conservación de suelos y fertilidad: Producción de plantines forestales. Serie agricultura sostenible nº 1. La Paz – Bolivia. CIPCA. 37 p.

JARA N, L. 1996. Biología de semillas forestales. Serie nº 36. Turrialba – Costa Rica. CATIE. pp: 20 – 29.

JATUN SACH'A. s./f. Especies forestales para el Trópico de Cochabamba: Tejeyeque. Boletín técnico para el productor nº 2. Cochabamba – Bolivia. 1 p.

JUSTINIANO, J; FREDERICKSEN, T. 1998. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas. Santa Cruz-Bolivia. BOLFOR. 20 p.

LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas – posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. A. Carrillo. República Federal de Alemania. GTZ. pp: 303 – 307.

LARA, R. 1988. Manual de dendrología boliviana. La Paz – Bolivia. CUMAT. 223 p.

LIMONGI, R; GUIRACOCHA, G; YEPEZ, C. 2011. Especies de uso múltiple del bosque seco del Ecuador. 1 ed. Manta – Ecuador. Cgraf. 32 p.

LOHSE P, L. 1997. Evaluación germinativa en semillas de Mara (*Swietenia macrophylla*, King) en seis tipos de substratos. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Tesis de Grado. La Paz – Bolivia. 82 p.

LÓPEZ M, A. 2001. Asistencia técnica y capacitación en sistemas agroforestales tipo multiestratos. Publicación nº 11/01. Montevideo – Uruguay. ALADI. pp: 9 – 23.

MAMANI A, P. 2006. Efectos de los sustratos y tratamientos pregerminativos en semillas de Asaí (*Euterpe precatoria*, Martius), en la comunidad Rosario del Yata, provincia Vaca Diez – Beni. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Tesis de Grado. La Paz – Bolivia. 68 p.

MAMANI B, E. 2009. Provincias de La Paz. La Paz – Bolivia. La Razón. 54 p.

MARCA, G. 2001. Germinación y crecimiento en vivero de dos especies forestales (*Calophyllum brasiliense cambess* y *Otoba parvifolia markgraf*), en diferentes sustratos en la región de San Buena Ventura. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Tesis de Grado. La Paz – Bolivia. 86 p.

MAYORGA, O; JIMÉNEZ, Q. s./f. Bálsamo. Afiche en Revista Forestal Centroamericana nº 28 (en línea). Turrialba – Costa Rica. CATIE. Consultado 5 jul. 2014. Disponible en [http://www.arbolesdecentroamerica.info/index.php/es/species/item/download/184\\_71\\_cf0ade74bd6f8d17062c34736cf805%2Buso+de+Myroxylon+balsamum+en+sistemas+agroforestales&hl=es-419&gbv=2&&ct=clnk](http://www.arbolesdecentroamerica.info/index.php/es/species/item/download/184_71_cf0ade74bd6f8d17062c34736cf805%2Buso+de+Myroxylon+balsamum+en+sistemas+agroforestales&hl=es-419&gbv=2&&ct=clnk)

MÉNDEZ, J; CÁRDENAS, P. 2009. Implementación de buenas prácticas ambientales, agroforestales y productivas. Cobija, Pando - Bolivia. CARE. 20 p.

MÉROLA, R; DÍAZ, S. 2012. Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir dormancia en semillas de plantas forrajeras. Trabajo final curso de post-grado. Montevideo – Uruguay. UDE. 33 p.

MESÉN, F; GUEVARA, A; JIMÉNEZ, M. 1996. Guía técnica para la producción de semilla forestal certificada y autorizada. Serie técnica nº 20. Turrialba – Costa Rica. CATIE. 31 p.

MIRANDA C, R. 2002. Propiedades físicas y químicas de los suelos. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. pp: 5 - 6.

MOSTACEDO, B; JUSTINIANO, J; TOLEDO, M; FREDERICKSEN, T. 2003. Guía dendrológica de especies forestales de Bolivia. 2 ed. Santa Cruz - Bolivia. BOLFOR. v. 1. 201 p.

MUÑOZ R, T. 2001. Información y análisis para el manejo forestal sostenible, integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales en América Latina: árboles fuera del bosque en Bolivia. Santiago – Chile. FAO. 37 p.

MMA y A (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, BO). 2010. Estrategia nacional bosque y cambio climático. La Paz – Bolivia. 36 p.

NAVARRO, P; MORAL, H; GÓMEZ, L; MATAIX, B. 1995. Residuos orgánicos y agricultura. España. Compobell S.L. Murcia. 139 p.

NAVARRO, C. 1999. Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla*, King) en Mesoamérica, Silvicultura Genética (en línea). Consultado 30 jul. 2008. Disponible en [http://www.ccad.ws/documentos/varios/caoba/1Intro/3Silvicultura\\_gen%C3%A9tica.pdf](http://www.ccad.ws/documentos/varios/caoba/1Intro/3Silvicultura_gen%C3%A9tica.pdf)

OCHOA T, R. 2007. Diseños experimentales. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. pp: 134 – 149.

ORDOÑEZ, M. 2005. Biología y ecología de la hormiga negra del Cacao (*Doelichoderus quadridenticulatus*) en el cultivo del Cacao en la región de Sapecho - Alto Beni, departamento de La Paz (Bolivia). Universidad Mayor San Andrés. Facultad de Agronomía. Tesis de Grado. La Paz-Bolivia. 73 p.

ORTIZ, M; SOMARRIBA, E. 2005. Sombra y especies arbóreas en los cacaotales del Alto Beni, Bolivia (en línea). Agroforestería en las Américas nº 43 – 44. Consultado 5 jul. 2014. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2332E/A2332E.PDF>

PIAF – EL CIEBO (Programa de Implementación Agroecológica y Forestal - El Ceibo, BO). 2002. Guía de especies forestales del Alto Beni. Sapecho, Alto Beni – Bolivia. 105 p.

PIAF – EL CIEBO (Programa de Implementación Agroecológica y Forestal - El Ceibo, BO). 2009. Banco de semillas.

POBLETE, C. 2007. Comparación de la germinación de las semillas con y sin tratamientos pre – germinativos de la espina de mar (*Hippophae rhamnoides* Linn) en tres tipos de sustratos en Caquiaviri. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Tesis de Grado. La Paz – Bolivia. 81 p.

QUENALLATA A, J. 2008. Aplicación de técnicas pregerminativas en semillas Teca (*Tectona grandis* L.) en Sapecho – La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Tesis de Grado. La Paz – Bolivia. 117 p.

RODRÍGUEZ. M. 2000. Morfología y Anatomía Vegetal. 3 ed. Cochabamba-Bolivia. Imprenta Colorgraf. 508 p.

RUIZ, P. s./f. Latencia: Cuando las semillas duermen (en línea). Consultado 21 nov. 2011. Disponible en <http://www.revistamm.com/ediciones/rev67/forestal/latencia.pdf>

RUIZ, B. 2002. Manual de reforestación para América tropical. San Juan – Puerto Rico. USDA. 148 p.

SALINAS, E; ARAMAYO, X; QUIROGA, S. 1989. Manual de educación ambiental. Beni – Bolivia. CIEC. 176 p.

SASLIS, CH; CHASE, M; ROBINSON, D; RUSSELL, S; KLITGAARD, B. 2008. Filogenética de *Platymiscium* neotropical (Leguminosae: Dalbergieae): Sistemática, los tiempos de divergencia, y la biogeografía inferirse de los datos de secuencia ribosomal nuclear y ADN plastidio (en línea). Revista American Journal of Botánica. Consultado 1 mar. 2012. Disponible en [http://translate.googleusercontent.com/translate\\_c?hl=es&langpair=en%7Ces&rurl=translate.google.com.bo&u=http://www.amjbot.org/content/95/10/1270.abstract&usg=ALkJrhis2kKJ4COadf4ofWG\\_DchLwEB5RQ](http://translate.googleusercontent.com/translate_c?hl=es&langpair=en%7Ces&rurl=translate.google.com.bo&u=http://www.amjbot.org/content/95/10/1270.abstract&usg=ALkJrhis2kKJ4COadf4ofWG_DchLwEB5RQ)

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, BO). 2009. Datos de meteorología Sapecho, Alto Beni. La Paz – Bolivia.

Superintendencia Forestal, BO. 2006. Deforestación en Bolivia. La Paz – Bolivia. 23 p.

SOLÓRZANO, C. 2005. Manual básico para viveristas del bosque seco. Guayaquil – Ecuador. Darwin Net. 26 p.

SWAINE, M; WHITMORE, T. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forest. *Vegetation*. pp: 81 – 86.

TOLEDO, M; CHEVALLIER, B; VILLARROEL, D; MOSTACEDO, B. 2008. Ecología de especies menos conocidas Cedro, *Cedrela* spp. 1 ed. Santa Cruz – Bolivia. BOLFOR. 23 p.

VARELA P, J. 2007. Producción forestal. Quito – Ecuador. COSUDE. 145 p.

VARELA, S; ARANA, V. 2011. Latencia y germinación de semillas: tratamientos pregerminativos (en línea). Cuadernillo nº 3. INTA. Consultado 9 abr. 2011. Disponible en [http://www.inta.gov.ar/bariloche/info/documentos/forestal/ecologia/serie% 20tecnica/latencia.pdf](http://www.inta.gov.ar/bariloche/info/documentos/forestal/ecologia/serie%20tecnica/latencia.pdf)

VIFINEX (Proyecto Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos de Exportación no Tradicional). 2002. Producción de sustratos para viveros. Costa Rica. 47 p.

VISCARRA, S; LARA, R. 1992. Maderas de Bolivia: características y usos de 55 maderas tropicales. Santa Cruz – Bolivia. H.P. Editores. pp: 123 – 124.

WILLAN, R. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. FAO - Montes 20/ 2. 280 p.

**ANEXOS**

**Anexo 1.**  
**Costos de producción para los 18 tratamientos.**

<b>Detalle</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>
Herramientas	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61
Limpieza del terreno	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Instalación semi sombra	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Extracción de tierra	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Extracción de lama y recolección de aserrín	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Bolsas	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47
Llenado de bolsas	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
Semilla	10.83	8.42	3.42	0.50	5.50	2.58	10.83	8.42	3.42
Tratamiento pregerminativo	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	20.18	20.18	20.18
Siembra	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Sumatoria sub total (Bs) para 0.17 m2	32.63	30.22	25.22	22.30	27.30	24.38	44.31	41.90	36.90
Sub total (Bs / ha)	1919.41	1777.65	1483.53	1311.76	1605.88	1434.12	2606.47	2464.71	2170.59
Imprevistos (10%)	192	178	148	131	161	143	261	246	217
<b>Costo total (Bs / ha)</b>	<b>2111.41</b>	<b>1955.65</b>	<b>1631.53</b>	<b>1442.76</b>	<b>1766.88</b>	<b>1577.12</b>	<b>2867.47</b>	<b>2710.71</b>	<b>2383.59</b>

<b>Detalle</b>	<b>T10</b>	<b>T11</b>	<b>T12</b>	<b>T13</b>	<b>T14</b>	<b>T15</b>	<b>T16</b>	<b>T17</b>	<b>T18</b>
Herramientas	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61
Limpieza del terreno	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Instalación semi sombra	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Extracción de tierra	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Extracción de lama y recolección de aserrín	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Bolsas	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47
Llenado de bolsas	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
Semilla	0.50	5.50	2.58	10.83	8.42	3.42	0.5	5.5	2.58
Tratamiento pregerminativo	20.18	20.18	20.18	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18
Siembra	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Sumatoria sub total (Bs) para 0.17 m2	33.98	38.98	36.06	32.31	29.90	24.90	21.98	26.98	24.06
Sub total (Bs / ha)	1998.82	2292.94	2121.18	1900.59	1758.82	1464.71	1292.94	1587.06	1415.29
Imprevistos (10%)	199	229	212	190	176	146	129	159	141
<b>Costo total (Bs / ha)</b>	<b>2197.82</b>	<b>2521.94</b>	<b>2333.18</b>	<b>2090.59</b>	<b>1934.82</b>	<b>1610.71</b>	<b>1421.94</b>	<b>1746.06</b>	<b>1556.29</b>

## Anexo 2.

### Extracción y preparación del sustrato.



### Anexo 3.

#### Embolsado y distribución de las bolsas de polietileno.



**Anexo 4.**

**Semillas forestales de Quina Quina, Mara, Tarara, Cedro Blanco, Teca y Huasicucho.**



**QUINA QUINA**



**MARA**



**TARARA**



**CEDRO BLANCO**



**TECA**



**HUASICUCHO**

**Anexo 5.**

**Tratamiento pregerminativo por estratificación durante 8 días, en semillas de Mara, Tarara, Quina Quina, Huasicucho, Cedro Blanco y Teca.**



**LAMA**



**MARA**



**TARARA**



**QUINA QUINA**



**HUASICUCHO**



**CEDRO BLANCO**



**TECA**



**LAMA HÚMEDA**



**BANDEJA CUBIERTA CON BOLSA NYLON**

**Anexo 6.**

**Tratamiento pregerminativo por lixiviación durante 24 horas, en semillas de Mara, Quina Quina, Tarara, Teca y Huasicucho.**



**MARA**



**QUINA QUINA**



**TARARA**



**TECA**



**HUASICUCHO**

## Anexo 7

**Tratamiento pregerminativo escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos en semillas de Mara.**



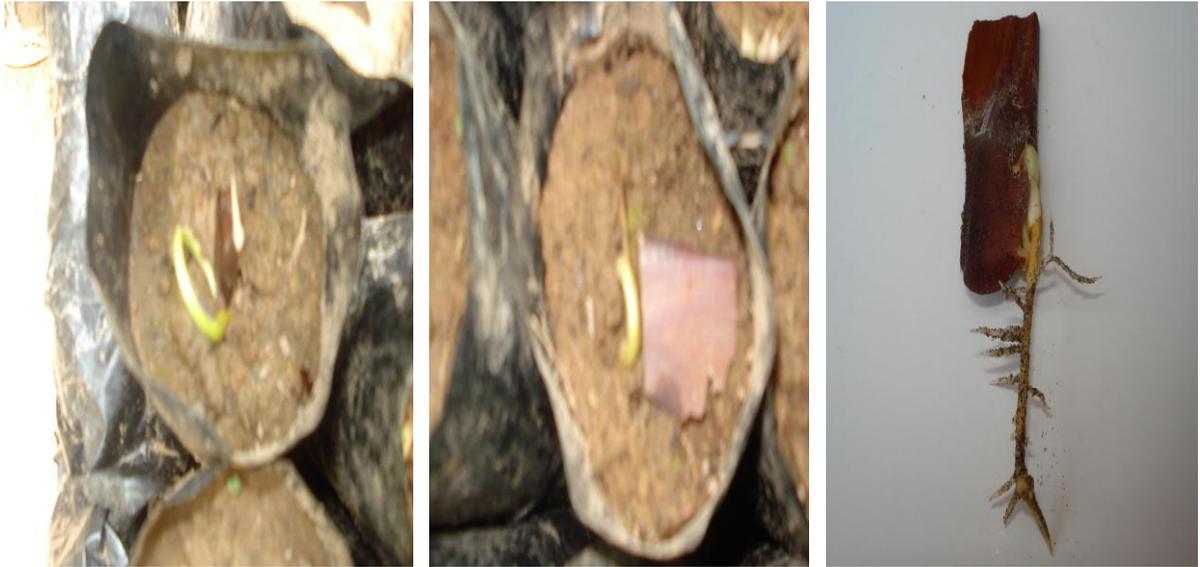
## Anexo 8.

### Medición de altura de planta y diámetro de tallo.



**Anexo 9.**

**Germinación hipogea (alargamiento del epicótilo) en semillas de Mara y Quina Quina.**



**MARA**



**QUINA QUINA**

**Anexo 10.**

**Germinación epigea (alargamiento del hipocótilo) en semillas de Huasicucho, Teca, Tarara y Cedro Blanco.**



**HUASICUCHO**



**TECA**



**TARARA**



**CEDRO BLANCO**

**Anexo 11.**

**Plantines forestales de Quina Quina, Teca, Cedro Blanco, Huasicucho, Tarara y Mara.**



**QUINA QUINA**



**TECA**



**CEDRO BLANCO**



**HUASICUCHO**



**TARARA**



**MARA**

## ANEXO 12.

### Vivero forestal comunal.



**Anexo 13.**  
**Árboles forestales.**



**TECA**



**HUASICUCHO**



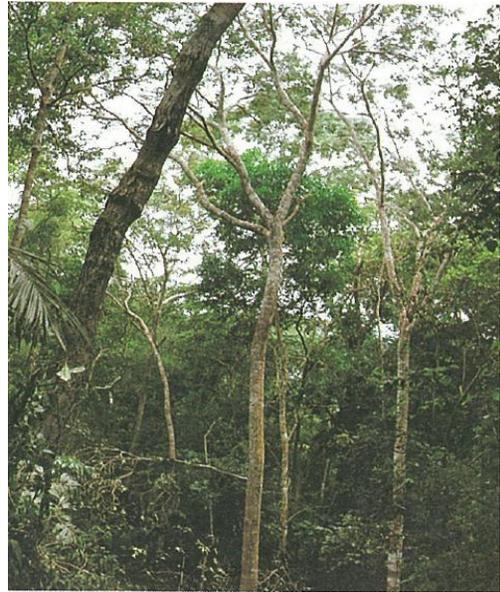
**CEDRO BLANCO**



**MARA**



**QUINA QUINA**



**TARARA**

Anexo 14.

ÉPOCAS DE FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN DE ÁRBOLES DEL ALTO BENI  
(PIAF – EL CEIBO).

FAMILIA	N. CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FLOR	SEMILLA
Melia.	Cedrela odorata cf.	Cedro Blanco	Sept-Octu.	Julio-Sept.
Leg. Pap.	Centrolobium ochroxylum	Huasicucho	Feb-Marzo	Agosto-Oct.
Meliac.	Swietenia macrophylla	Mara	Sept-Nov	Junio-Octu.
Leg. Fab.	Myroxylon balsamum	Quina Quina	Enero-Marzo	Julio-Sept.
Leg. Pap.	Platymiscium fragans	Tarara	Nov.	Octu-Nov.

MESES

NOMBRE COMÚN	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	DEFOLIACIÓN
Cedro Blanco							S	S	FS	F			Si 3 meses
Huasicucho		F	F					S	S	S			Si 3 meses
Mara						S	S	S	FS	FS	F		Si 3 meses
Quina Quina	F	F	F				S	S	S				No
Tarara										S	SF	F	No

## Anexo 15.

**Resultados de las variables de respuesta del huasicucho, quina quina, teca, cedro blanco, tarara y mara con la aplicación de los tratamientos pregerminativos estratificación durante 8 días, escarificación en agua caliente a 85°C por 3 minutos, lixiviación durante 24 horas. Obtenidos en el programa estadístico SAS System.**

```

The SAS System

Analysis of Variance Procedure
Class Level Information

Class      Levels      Values
T          3          a1 a2 a3
E          6          b1 b2 b3 b4 b5 b6
    
```

Number of observations in data set = 72

```

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: EMERG

Source      DF      Sum of Squares      Mean Square      F Value      Pr > F
Model       17      34243.27777778      2014.31045752      63.39      0.0001
Error       54      1716.00000000      31.77777778
Corrected Total      71      35959.27777778

R-Square      C.V.      Root MSE      EMERG Mean
0.952279      22.37469      5.63717818      25.19444444

Source      DF      Anova SS      Mean Square      F Value      Pr > F
T           2      5071.36111111      2535.68055556      79.79      0.0001
E           5      25023.11111111      5004.62222222      157.49      0.0001
T*E        10      4148.80555556      414.88055556      13.06      0.0001
    
```

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: EMERG

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 54 MSE= 31.77778

Number of Means 2 3  
Critical Range 3.263 3.432

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	T
A	36.292	24	a1
B	23.292	24	a3
C	16.000	24	a2

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: EMERG

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 54 MSE= 31.77778

Number of Means 2 3 4 5 6  
Critical Range 4.614 4.853 5.011 5.125 5.213

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	E
A	55.417	12	b6
B	32.667	12	b5
B	29.917	12	b1
B	29.167	12	b4
C	3.000	12	b2
C	1.000	12	b3

Level of T	Level of E	N	-----EMERG----- Mean	SD
a1	b1	4	35.0000000	6.16441400
a1	b2	4	6.0000000	2.44948974
a1	b3	4	3.0000000	6.00000000
a1	b4	4	43.0000000	9.59166305
a1	b5	4	43.2500000	2.87228132
a1	b6	4	87.5000000	9.74679434
a2	b1	4	23.5000000	5.19615242
a2	b2	4	0.0000000	0.00000000
a2	b3	4	0.0000000	0.00000000
a2	b4	4	19.5000000	5.56776436
a2	b5	4	22.0000000	5.47722558
a2	b6	4	31.0000000	4.24264069
a3	b1	4	31.2500000	6.94622199
a3	b2	4	3.0000000	2.44948974
a3	b3	4	0.0000000	0.00000000
a3	b4	4	25.0000000	8.12403840
a3	b5	4	32.7500000	5.67890835
a3	b6	4	47.7500000	6.18465844

The SAS System

Analysis of Variance Procedure  
Class Level Information

Class	Levels	Values
T	3	a1 a2 a3
E	6	b1 b2 b3 b4 b5 b6

Number of observations in data set = 72

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: GERM

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	44994.00000000	2646.70588235	49.28	0.0001
Error	54	2900.00000000	53.70370370		
Corrected Total	71	47894.00000000			

R-Square	C.V.	Root MSE	GERM Mean
0.939450	24.02715	7.32828109	30.50000000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	2	5278.58333333	2639.29166667	49.15	0.0001
E	5	36173.33333333	7234.66666667	134.71	0.0001
T*E	10	3542.08333333	354.20833333	6.60	0.0001

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: GERM

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 54 MSE= 53.7037

Number of Means      2      3  
Critical Range    4.241 4.461

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	T
A	40.750	24	a1
B	30.958	24	a3
C	19.792	24	a2

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: GERM

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 54 MSE= 53.7037

Number of Means      2      3      4      5      6  
Critical Range    5.998 6.309 6.514 6.663 6.777

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	E
A	64.750	12	b6
B	45.417	12	b5
C	34.417	12	b1
C	33.833	12	b4
D	3.000	12	b2
D	1.583	12	b3

Level of T	Level of E	N	-----GERM----- Mean	SD
a1	b1	4	37.5000000	6.9522179
a1	b2	4	6.0000000	2.4494897
a1	b3	4	4.7500000	9.5000000
a1	b4	4	48.7500000	12.0933866
a1	b5	4	55.2500000	3.7749172
a1	b6	4	92.2500000	7.5000000
a2	b1	4	25.7500000	7.0887234
a2	b2	4	0.0000000	0.0000000
a2	b3	4	0.0000000	0.0000000
a2	b4	4	21.2500000	2.8722813
a2	b5	4	30.2500000	5.1234754
a2	b6	4	41.5000000	3.3166248
a3	b1	4	40.0000000	11.7473401
a3	b2	4	3.0000000	2.4494897
a3	b3	4	0.0000000	0.0000000
a3	b4	4	31.5000000	13.4288247
a3	b5	4	50.7500000	3.7749172
a3	b6	4	60.5000000	13.0766968

The SAS System

Analysis of Variance Procedure  
Class Level Information

Class	Levels	Values
T	3	a1 a2 a3
E	6	b1 b2 b3 b4 b5 b6

Number of observations in data set = 72

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: ALTURA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	6736.37622778	396.25742516	59.28	0.0001
Error	54	360.95150000	6.68428704		
Corrected Total	71	7097.32772778			
	R-Square	C.V.	Root MSE	ALTURA Mean	
	0.949143	16.14053	2.58539882	16.01805556	

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	2	962.00041944	481.00020972	71.96	0.0001
E	5	5345.07371111	1069.01474222	159.93	0.0001
T*E	10	429.30209722	42.93020972	6.42	0.0001

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: ALTURA

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 54 MSE= 6.684287

Number of Means      2      3  
Critical Range    1.496 1.574

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	T
A	20.9138	24	a1
B	15.0075	24	a3
C	12.1329	24	a2

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: ALTURA

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 54 MSE= 6.684287

Number of Means      2      3      4      5      6  
Critical Range    2.116 2.226 2.298 2.351 2.391

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	E
A	25.019	12	b1
A			
B	23.048	12	b6
B			
B	20.935	12	b5
C	18.138	12	b4
D	7.667	12	b2
E	1.302	12	b3

Level of T	Level of E	N	-----ALTURA-----	
			Mean	SD
a1	b1	4	28.5475000	1.04917031
a1	b2	4	19.4750000	0.72743843
a1	b3	4	3.9050000	7.81000000
a1	b4	4	21.5900000	0.65609959
a1	b5	4	23.9900000	0.51504045
a1	b6	4	27.9750000	0.42162384
a2	b1	4	23.6100000	0.96395021
a2	b2	4	0.0000000	0.00000000
a2	b3	4	0.0000000	0.00000000
a2	b4	4	13.6625000	1.47119849
a2	b5	4	17.2000000	0.60553007
a2	b6	4	18.3250000	0.76757193
a3	b1	4	22.9000000	0.89009363
a3	b2	4	3.5250000	7.05000000
a3	b3	4	0.0000000	0.00000000
a3	b4	4	19.1625000	0.54260944
a3	b5	4	21.6150000	1.09277933
a3	b6	4	22.8425000	0.88590349

The SAS System

Analysis of Variance Procedure  
Class Level Information

Class	Levels	Values
T	3	a1 a2 a3
E	6	b1 b2 b3 b4 b5 b6

Number of observations in data set = 72

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: DIAMETRO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	213.21171250	12.54186544	39.81	0.0001
Error	54	17.01077500	0.31501435		
Corrected Total		71	230.22248750		
R-Square		C.V.	Root MSE	DIAMETRO Mean	
		0.926112	20.68213	0.56126139	2.71375000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	2	30.61140833	15.30570417	48.59	0.0001
E	5	166.12019583	33.22403917	105.47	0.0001
T*E	10	16.48010833	1.64801083	5.23	0.0001

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: DIAMETRO

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 54 MSE= 0.315014

Number of Means	2	3
Critical Range	.3248	.3417

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	T
A	3.6250	24	a1
B	2.3804	24	a3
B			
B	2.1358	24	a2

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: DIAMETRO

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 54 MSE= 0.315014

Number of Means	2	3	4	5	6
Critical Range	.4594	.4832	.4989	.5103	.5190

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	E
A	4.6300	12	b4
A			
A	4.2792	12	b1
B	2.8733	12	b6
B			
B	2.8283	12	b5
C	1.3967	12	b2
D	0.2750	12	b3

Level of T	Level of E	N	-----DIAMETRO-----	
			Mean	SD
a1	b1	4	4.77000000	0.25006666
a1	b2	4	3.51500000	0.17990738
a1	b3	4	0.82500000	1.65000000
a1	b4	4	5.70250000	0.60234957
a1	b5	4	3.38000000	0.29439203
a1	b6	4	3.55750000	0.36800136
a2	b1	4	4.54750000	0.18025445
a2	b2	4	0.00000000	0.00000000
a2	b3	4	0.00000000	0.00000000
a2	b4	4	3.68250000	0.20774584
a2	b5	4	2.30000000	0.28189833
a2	b6	4	2.28500000	0.30653983
a3	b1	4	3.52000000	0.32041640
a3	b2	4	0.67500000	1.35000000
a3	b3	4	0.00000000	0.00000000
a3	b4	4	4.50500000	0.23614967
a3	b5	4	2.80500000	0.12288206
<b>a3</b>	<b>b6</b>	<b>4</b>	<b>2.77750000</b>	<b>0.15107945</b>

The SAS System

Analysis of Variance Procedure  
Class Level Information

Class	Levels	Values
T	3	a1 a2 a3
E	6	b1 b2 b3 b4 b5 b6

Number of observations in data set = 72

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: NUMHOJAS

Source	Value	Pr > F	DF	Sum of Squares	Mean Square	F
Model	26.98	0.0001	17	1818.24186250	106.95540368	
Error			54	214.06592500	3.96418380	
Corrected Total			71	2032.30778750		
	R-Square		C.V.	Root MSE	NUMHOJAS Mean	
	0.894669		25.68375	1.99102582	7.75208333	

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	2	186.72190000	93.36095000	23.55	0.0001
E	5	1573.56411250	314.71282250	79.39	0.0001
T*E	10	57.95585000	5.79558500	1.46	0.1794

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: NUMHOJAS

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 54 MSE= 3.964184

Number of Means      2      3  
Critical Range    1.152 1.212

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	T
A	9.9379	24	a1
B	7.2129	24	a3
B			
B	6.1054	24	a2

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: NUMHOJAS

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 54 MSE= 3.964184

Number of Means      2      3      4      5      6  
Critical Range    1.630 1.714 1.770 1.810 1.841

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	E
A	15.0442	12	b6
B	10.1758	12	b1
B			
B	8.8792	12	b5
B			
B	8.6883	12	b4
C	2.3917	12	b2
C			
C	1.3333	12	b3

Level of T	Level of E	N	-----NUMHOJAS-----	
			Mean	SD
a1	b1	4	10.8100000	0.46719018
a1	b2	4	6.1750000	0.12151817
a1	b3	4	4.0000000	8.00000000
a1	b4	4	9.8150000	0.35911929
a1	b5	4	10.8025000	0.30203477
a1	b6	4	18.0250000	0.68495742
a2	b1	4	10.1300000	0.18583146
a2	b2	4	0.0000000	0.00000000
a2	b3	4	0.0000000	0.00000000
a2	b4	4	7.3750000	0.96824584
a2	b5	4	7.0550000	0.59579079
a2	b6	4	12.0725000	0.72089643
a3	b1	4	9.5875000	0.26887110
a3	b2	4	1.0000000	2.00000000
a3	b3	4	0.0000000	0.00000000
a3	b4	4	8.8750000	0.32274861
a3	b5	4	8.7800000	0.27664659
a3	b6	4	15.0350000	0.57726366

Analysis of Variance Procedure  
Class Level Information

Class	Levels	Values
T	3	a1 a2 a3
E	6	b1 b2 b3 b4 b5 b6

Number of observations in data set = 72

NOTE: Due to missing values, only 71 observations can be used in this analysis.

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: LONGRADI

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	7725.19750000	454.42338235	18.71	0.0001
Error	53	1287.02250000	24.28344340		
Corrected Total	70	9012.22000000			

R-Square	C.V.	Root MSE	LONGRADI Mean
0.857191	28.81768	4.92782339	17.10000000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	2	319.87420290	159.93710145	6.59	0.0028
E	5	6463.91287879	1292.78257576	53.24	0.0001
T*E	10	941.41041831	94.14104183	3.88	0.0006

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: LONGRADI

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 53 MSE= 24.28344  
WARNING: Cell sizes are not equal.  
Harmonic Mean of cell sizes= 23.65714

Number of Means      2      3  
Critical Range    2.874 3.023

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	T
A	19.283	24	a1
A			
A	17.717	24	a3
B	14.178	24	a2

The SAS System

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: LONGRADI

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 53 MSE= 24.28344  
WARNING: Cell sizes are not equal.  
Harmonic Mean of cell sizes= 11.8209

Number of Means      2      3      4      5      6  
Critical Range    4.066 4.276 4.415 4.516 4.593

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	E
A	27.375	12	b1
A			
B	23.900	12	b6
B			
B	22.417	12	b5
B			
B	20.225	12	b4
C	6.064	11	b2
D	1.700	12	b3

Level of T	Level of E	N	-----LONGRADI-----	
			Mean	SD
a1	b1	4	23.4500000	1.4153916
a1	b2	4	5.3750000	10.7500000
a1	b3	4	5.1000000	10.2000000
a1	b4	4	26.9250000	1.1236103
a1	b5	4	24.7000000	2.0848661
a1	b6	4	30.1500000	1.5926916
a2	b1	4	32.1750000	2.9010056
a2	b2	3	0.0000000	0.0000000
a2	b3	4	0.0000000	0.0000000
a2	b4	4	14.7250000	1.2419742
a2	b5	4	16.4250000	1.0996211
a2	b6	4	18.2000000	0.8524475
a3	b1	4	26.5000000	3.0011109
a3	b2	4	11.3000000	13.2760436
a3	b3	4	0.0000000	0.0000000
a3	b4	4	19.0250000	0.4112988
a3	b5	4	26.1250000	1.1644026
a3	b6	4	23.3500000	0.7593857

## **Anexo 16.**

### **Glosario de abreviaturas.**

BASFOR	Banco de semillas forestales.
CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico.
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
COTESU	Cooperación Técnica del Gobierno de Suiza.
CUMAT	Capacidad de Uso Mayor de la Tierra.
d.a.p.	Diámetro a la altura del pecho.
ECOTOP	Asesorías en Desarrollo Rural y Agricultura Ecológica.
IIAB	Inter Institucional Alto Beni.
ISTA	Asociación Internacional de Ensayos de Semillas.
MMA y A	Ministerio de Medio Ambiente y Agua.
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar.
O.S.C.A.R	Obras Sociales de Caminos de Acceso Rural.
PIAF – EL CIEBO	Programa de Implementación Agroecológica y Forestal - El Ceibo.
pH	Potencial hidrógeno.
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
SF	Superintendencia Forestal.
s./f.	Sin fecha.
spp	Especies.
VIFINEX	Proyecto Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos de Exportación no Tradicional.