

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



TESIS DE GRADO

**APLICACIÓN DE TÉCNICAS PREGERMINATIVAS
EN SEMILLAS DE TECA (*Tectona grandis* L.)
EN SAPECHO – LA PAZ**

JUAN JOSÉ QUENALLATA ALIAGA

LA PAZ – BOLIVIA

2008

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

**APLICACIÓN DE TÉCNICAS PREGERMINATIVAS EN SEMILLAS DE TECA
(*Tectona grandis* L.) EN SAPECHO – LA PAZ**

*Tesis de Grado presentado como
requisito parcial para optar el
título de Ingeniero Agrónomo*

TESIS DE GRADO

JUAN JOSÉ QUENALLATA ALIAGA

Asesor:

Ing. Luis Goitia Arze

Tutor:

Ing. Virginia Morales Castellón

Tribunal Examinador:

Ing. MSc. Jorge Guzmán Calla

Ing. MSc. Ángel Pastrana Albis

Ing. Víctor Paye Huaranca

Presidente Tribunal Examinador:

2008

DEDICATORIA

Dedicado con todo mi amor y cariño a mis padres;
Fernando Quenallata Limachi y
Francisca Aliaga Chamaca, que con mucho
amor y sacrificio supieron inculcar mi formación
personal y profesional.

A mis hermanos:
Herminia, David, Norma, Maria,
Milenka, Álvaro y en especial a
Rogelia por su comprensión
y su constante apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque el es supremo creador de la naturaleza, la cual está relacionada con el área forestal.

A la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, por mi formación profesional.

A la Estación Experimental de Sapecho y al Instituto de Investigaciones Agropecuarias, dependientes de la Universidad Mayor de San Andrés, por el apoyo técnico y financiero brindado en la presente tesis.

A la Oficina Regional de Semillas La Paz ORS-LP, por haberme brindado su apoyo técnico en el manejo de instrumentos, equipos y materiales durante el desenvolvimiento de la tesis en la etapa de laboratorio.

Al Ing. Casto Maldonado Fuentes por su permanente enseñanza en compartir sus conocimientos, su confianza, apoyo, orientación y amistad brindada.

Al Ing. Jorge Guzmán Calla, por su orientación, apoyo, comprensión y su amistad.

Al Ing. Ángel Pastrana Albis, por su orientación, sus consejos y su amistad brindada.

Al Ing. Luis Goitia Arze, por su asesoramiento, orientación y también por su importante aporte en sugerencias en el presente estudio de investigación de tesis.

A la Ing. Virginia Morales, por brindarme su amistad, su orientación y sugerencias en el desenvolvimiento de la redacción en el trabajo de tesis.

Al Ing. Raúl Rivas por brindarme su amistad.

A la señora Andrea Mamani, bibliotecaria de La Casa de la Agricultura, por haberme brindado su tiempo en la búsqueda de información para la redacción de mi trabajo de investigación.

Al señor y amigo Julio Escobar Ontiveros, por haberme compartido sus experiencias sobre el manejo de los recursos naturales productivos y potenciales de la Estación Experimental de Sapecho y más aun por su apoyo incondicional en asistencia y evaluación de campo del presente trabajo de tesis.

A los señores del personal obrero de la Estación Experimental de Sapecho; Julio, Edgar, Pacara, Lipacho, David, Víctor y Severina.

A mis amigos y compañeros; Rogelio y Boris, quienes me brindaron su cooperación y apoyo en el desarrollo de mi investigación durante la etapa de campo.

A mis amigos de siempre; Wilson, Noemy, Boris, Rogelio, Erasmo, Soledad, Claudia y Reynaldo.

CONTENIDO

Páginas

Hoja de aprobación.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Contenido.....	iv-vii
Índice de cuadros.....	viii
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
2. REVISION BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Origen y distribución geográfica ..	4
2.2 Importancia.....	5
2.3 Características botánicas.....	7
2.3.1 Clasificación Botánica.....	8
2.4 Ecología del cultivo	8
2.4.1 Factores climáticos.....	8
2.4.1.1 Temperatura.....	9
2.4.1.2 Precipitación.....	9
2.4.1.3 Suelos y Topografía.....	9
2.4.1.4 Altitud.....	10
2.5 Fenología	10
2.6 Rentabilidad	12
2.7 Rendimiento	16
2.8 Práctica del Cultivo.....	16
2.8.1 Selección del sitio.....	16
2.8.2 Preparación del terreno.....	16
2.8.3 Métodos de plantación.....	17
2.8.4 Época de plantación.....	17
2.8.5 Espaciamiento	17
2.8.6 Manejo de la plantación en la etapa inicial.....	18
2.8.6.1 Reposición de fallas.....	18
2.8.6.2 Podas.....	18
2.8.6.3 Aclareos.....	19
2.8.6.4 Fertilización.....	19
2.8.6.5 Control de plagas.....	20
2.8.6.6 Control de enfermedades.....	20
2.8.6.7 Control de malezas.....	20
2.9 Práctica del cultivo en vivero.....	21
2.9.1 Fertilización.....	21
2.9.2 Control de enfermedades.....	21
2.9.3 Propagación.....	22
2.9.3.1 Sexual o por semilla.....	22
2.9.3.2 Asexual o partes vegetativas	22
2.10 Semilla.....	22
2.10.1 Partes de una semilla.....	23

2.10.1.1	Cubierta seminal.....	23
2.10.1.2	Endospermo.....	23
2.10.1.3	Embrión.....	24
2.10.2	Estructura de la semilla de teca	24
2.10.2.1	Caracterización de la semilla de teca	25
2.11	Beneficiado de la semilla de teca.....	25
2.11.1	Recolección.....	25
2.11.2	Manejo.....	25
2.11.3	Almacenamiento.....	25
2.12	Propiedades externas de las semillas	26
2.12.1	Pureza física	26
2.12.2	Numero de semillas en un kilogramo	26
2.12.3	Contenido de humedad.....	26
2.12.4	Propiedades internas de las semillas.....	27
2.12.4.1	Germinación y emergencia	27
2.12.4.2	Viabilidad.....	27
2.12.4.3	Energía germinativa.....	27
2.12.4.4	Periodo de energía.....	28
2.12.4.5	Sanidad.....	28
2.13	El proceso de la germinación.....	28
2.13.1	Imbibición.....	28
2.13.2	Digestión y Translocación.....	29
2.13.3	Crecimiento d la plántula.....	30
2.14	Factores ambientales que afectan la germinación.....	30
2.14.1	Agua.....	30
2.14.2	Temperatura.....	31
2.14.3	Oxigeno.....	31
2.14.4	Luz.....	32
2.15	Clases de germinación.....	32
2.15.1	Germinación epigea.....	32
2.15.2	Germinación hipogea	33
2.16	Germinación de la semilla de teca.....	33
2.17	Fisiología de la semilla.....	33
2.17.1	Madurez fisiológica.....	33
2.17.2	Fisiología post-cosecha.....	34
2.18	Latencia física de la semilla.....	34
2.18.1	Tipos de latencia en las semillas.....	34
2.18.2	Testa dura.....	37
2.19	Tratamientos para superar el letargo de las semillas.....	37
2.19.1	Tratamientos pregerminativos.....	37
2.19.1.1	Escarificación.....	37
2.19.1.2	Estratificación.....	37
2.19.2	Tratamientos pregerminativos en las semillas de teca.....	38
3. MATERIALES Y METODOS	39
3.1	Localización	39
3.1.1	Ubicación del área de estudio	39
3.2	Descripción Agroecológica de la zona de Sapecho	39
3.2.1	Ecología.....	39
3.2.2	Clima.....	39
3.2.3	Suelo.....	40
3.3	Materiales.....	40
3.3.1	Material vegetal.....	40

3.3.1.1	Características del material vegetal.....	40
3.3.1.2	Cosecha.....	40
3.3.1.3	Aprovechamiento y almacenamiento.....	41
3.3.2	Herramientas, materiales, equipos de laboratorio y de campo.....	41
3.4	Metodología de campo.....	42
3.4.1	Sustrato.....	42
3.4.2	Tratamientos pregerminativos.....	43
3.4.2.1	Sin tratamiento (T ₀ testigo).....	43
3.4.2.2	Escarificación mecánica total (T ₁).....	43
3.4.2.3	Estratificación a la intemperie en aserrín (T ₂).....	43
3.4.2.4	Exposición de frutos-semillas al sol y remojado con agua (T ₃).....	44
3.4.3	Preparación de las almacigueras.....	44
3.4.4	Tratamiento y preparación del sustrato de las almacigueras.....	45
3.4.5	Siembra del experimento.....	45
3.4.6	Labores culturales.....	46
3.4.6.1	Riego.....	46
3.4.6.2	Deshierbes.....	46
3.4.6.3	Control de enfermedades y plagas.....	46
3.5	Indicadores de respuesta.....	47
3.5.1	Pureza física.....	47
3.5.2	Determinación del numero de frutos-semillas en un kilogramo de peso.....	47
3.5.3	Sanidad de la semilla.....	47
3.5.4	Humedad de la semilla.....	48
3.5.5	Viabilidad.....	48
3.5.6	Energía germinativa.....	49
3.5.7	Periodo de energía.....	49
3.6	Diseño Experimental.....	50
3.6.1	Modelo Lineal Aditivo.....	50
3.6.2	Dimensiones del área experimental.....	51
4	RESULTADOS Y DISCUSION.....	52
4.1	Indicadores de Respuesta.....	52
4.1.1	Pureza física.....	52
4.1.2	Numero de frutos-semillas de teca en un kilogramo.....	53
4.1.3	Porcentaje de sanidad.....	54
4.1.4	Contenido de humedad.....	55
4.1.5	Porcentaje de viabilidad.....	56
4.1.6	Energía germinativa.....	63
4.1.7	Periodo de energía.....	64
4.2	Comportamiento agroclimático.....	66
4.3	Variables agronómicas.....	69
4.3.1	Emergencia.....	69
4.3.2	Altura de planta (cm.).....	79
4.3.3	Longitud de raíz (cm.).....	86
4.3.4	Número de hojas.....	93
4.3.5	Área foliar (cm ²).....	100
4.4	Variables Económicas.....	104
4.4.1	Análisis de costos parciales.....	104
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	109
5.1	Conclusiones.....	109
5.2	Recomendaciones.....	111

6 BIBLIOGRAFÍA..... 112

ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

1.	Datos de proyecciones del precio en \$us/m ³ de la madera de teca de diferentes procedencias; asiática, africana y americana con respecto a sus diferentes edades	13
2.	Promedio de pesos de frutos-semillas de teca	53
3.	Número de frutos-semillas de teca en un kilogramo	54
4.	Porcentaje de sanidad de semillas de teca	54
5.	Contenido de humedad de semillas de teca	55
6.	Porcentaje de viabilidad de semillas de teca	56
7.	Energía germinativa de semillas de teca sometidas bajo la aplicación de diferentes tratamientos pregerminativos	63
8.	Periodo de energía de semillas de teca sometidas bajo la aplicación de diferentes tratamientos pregerminativos	64
9.	Análisis de varianza para la emergencia de los plantines	69
10.	Comparación de medias de emergencia de los plantines de teca para los diferentes tratamientos	70
11.	Análisis de varianza para altura de planta	79
12.	Comparación de medias de altura de planta a los 73 días desde el inicio de la emergencia de los plantines para los diferentes tratamientos	80
13.	Análisis de varianza para longitud de raíz (cm.)	86
14.	Comparación de medias de longitud de raíz a los 73 días desde la emergencia de los plantines para los diferentes tratamientos	87
15.	Análisis de varianza para el número de hojas	93
16.	Comparación de medias de número de hojas a los 83 días desde la emergencia de los plantines para los diferentes tratamientos pregerminativos .	94
17.	Análisis de varianza para área foliar (cm ²)	100
18.	Comparación de medias del área foliar (cm ²) a los 83 días desde la emergencia de las plantines para los diferentes tratamientos	101
19.	Presupuesto parcial sobre la aplicación de técnicas pregerminativas en semillas de teca (<i>Tectona grandis</i> L.) para la producción de plantines en una hectárea, en Bs.....	104
20.	Análisis de dominancia para los diferentes tratamientos	106
21.	Análisis marginal de costos variables para los tratamientos	108

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Comportamiento fenológico de la teca	11
2. Datos del comportamiento en DAP (cm.) y altura del árbol de teca en (m.) con respecto al tiempo en años (E. E. U. U., 1988-1992)	14
3. Drupa de <i>Tectona grandis</i> , representación esquemática de la semilla en sección mediana	24
4. Comportamiento de la germinación de semillas de teca respecto a los días transcurridos durante la aplicación de diferentes tratamientos pregerminativos .	58
5. Comportamiento de la germinación de semillas de teca respecto a las hrs. sol cal. de forma diaria durante la aplicación de diferentes tratamientos pregerminativos	61
6. Temperaturas y precipitaciones promedios registradas en Sapecho durante el periodo de estudio (2007)	66
7. Variaciones de la Humedad relativa porcentual respecto a la precipitación pluvial, durante el periodo de estudio (2007)	68
8. Promedio de emergencia de plántulas de teca para los tratamientos pregerminativos	71
9. Porcentaje de emergencia de los plantines de teca para los diferentes tratamientos	73
10. Regresión del porcentaje de plantines de teca emergidos para los para los tratamientos	75
11. Comportamiento del porcentaje de emergencia de plantulas de teca para los tratamientos	78
12. Altura de planta promedio (cm.) para los diferentes tratamientos	81
13. Regresión de altura de planta en (cm.) para los tratamientos	82
14. Comportamiento en el crecimiento promedio de altura de planta en (cm.) para los tratamientos	85
15. Longitud de raíz promedio en (cm.) para los tratamientos pregerminativos	88
16. Regresión en el crecimiento de longitud de raíz en (cm) para los tratamientos .	89
17. Comportamiento en el crecimiento promedio en longitud de raíz en (cm.) para los diferentes tratamientos	92
18. Numero promedio de hojas para los tratamientos pregerminativos	95
19. Regresión en el incremento de numero de hojas para los tratamientos	96
20. Comportamiento en el incremento de numero de hojas por planta para los diferentes tratamientos	99
21. Área foliar promedio en (cm ²) para los tratamientos pregerminativos	102
22. Curva de Beneficios Netos para los tratamientos	107

RESUMEN

El área forestal en Bolivia se encuentra en un ambiente favorable para su desarrollo, es así que los yungas del trópico del Departamento de La Paz brindan condiciones altitudinales, climáticas y edáficas permisibles para la implantación de la teca.

FAO – Unasylyva (2000), indican que, la teca estuvo siendo apreciada durante más de 2.000 años en su ámbito natural en Asia, como madera de construcción extraordinariamente duradera, hoy en día codiciada en todo el mundo por su excelente estabilidad dimensional y sus cualidades estéticas, para construcciones navales y mobiliario fino, la misma data de hace 150 años en la India, Myanmar, Republica Democrática Laos y Tailandia distribuyéndose de forma natural.

Al respecto al reconocer la importancia de la teca, fué pertinente tomar en cuenta su aprovechamiento. Propósito que se logró utilizando: (semillas de teca, bambúes, aserrín descompuesto, arena-lama, tierra del lugar, etc., propios de la zona), para que posteriormente fueran sometidas a diferentes tratamientos pregerminativos: Escarificación mecánica total, semillas sin testa (T1) el cual mediante golpes al carozo protector se dejó libres a las almendras para su posterior siembra, Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie (T2) durante 2 semanas, Exposición de frutos-semillas al sol y remojado con agua (T3) durante 2 semanas también y más el testigo que no tuvo ningún tratamiento, haciendo notar que la siembra se realizó directamente en bolsas de repique.

El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental de la localidad de Sapecho, Alto Beni de la provincia Sud Yungas del departamento de La Paz, durante el primer semestre del año 2007, época extensa de lluvias.

Para su evaluación primeramente se analizó las características físicas de las semillas: Pureza física, Número de frutos-semillas en un kilogramo, porcentaje de sanidad, contenido de humedad, porcentaje de viabilidad, energía germinativa y periodo de energía, resultados que aparentemente reflejaban una buena semilla.

El Diseño Experimental utilizado fué bloque completos al azar, considerando un solo factor (cuatro tratamientos).

Los resultados obtenidos mediante los tratamientos fueron que: el (T3) mostró el mejor porcentaje de emergencia y energía germinativa de semillas a comparación de los demás tratamientos, alcanzando un valor de 26% para ambos casos, esto a los 31 días desde la siembra, mientras tanto el (T2) ocupando el segundo lugar obtuvo 22% de emergencia y 20.1 en energía germinativa a los 21 días desde la siembra, quedando en último lugar el (T1) con 10% de emergencia y 8.1% de energía germinativa a los 17 días desde la siembra de las semillas. Por otro el (T0) no tuvo respuesta en emergencia y energía germinativa.

Con respecto al efecto que tuvieron los tratamientos sobre el vigor de los plantines, no fueron muy significativos, es así que el (T3) se comportó prácticamente mejor tomando en cuenta a las variables de respuesta, alcanzando 6,2 cm en altura de planta a los 65 días desde la siembra, 10 cm en longitud de raíz a los 55 días desde la siembra, 9,8 (10) hojas por planta a los 45 días desde la siembra y 21,1 cm² de área foliar a los 45 días desde el inicio de la emergencia.

Tomando en cuenta los costos parciales para la producción de plantines de teca, todos los tratamientos tuvieron un elevado costo, pero el menos costoso y técnicamente el más factible para su adopción fué el (T3), tomando en cuenta al invertir 1 Bs. se pierde 7.25 Bs. más, haciendo énfasis al reconocer que el material vegetal (semilla) no cumplía con los suficientes requisitos para su aprovechamiento.

APLICACIÓN DE TÉCNICAS PREGERMINATIVAS EN SEMILLAS DE TECA (*Tectona grandis* L.) EN SAPECHO – LA PAZ

1. INTRODUCCIÓN

El área forestal en Bolivia se encuentra en un ambiente favorable para su desarrollo, debido a la presencia de sus diferentes pisos ecológicos y microclimas. Es así que los yungas del trópico del norte del Departamento de La Paz brindan condiciones altitudinales, climáticas y edáficas permisibles para la implantación de teca, tomando en cuenta su adaptabilidad y logrando un buen desarrollo fenológico en su establecimiento.

FAO – Unasylva (2000), indican que, entre todas las especies tropicales de maderas duras y talvez entre todas las especies arbóreas, la teca produce una fascinación especial, algo como el oro entre los metales preciosos. Apreciada durante más de 2.000 años en su ámbito natural en Asia, como madera de construcción extraordinariamente duradera, hoy en día codiciada en todo el mundo por su excelente estabilidad dimensional y sus cualidades estéticas, para construcciones navales y mobiliario fino.

La teca es una de las principales especies maderables frondosas que existen en el mundo, datan de hace 150 años en la India, Myanmar, Republica Democrática Laos y Tailandia distribuyéndose de forma natural. El establecimiento de las mismas se ha acelerado en los últimos 20 años.

Las plantaciones de teca han demostrado su buena potencialidad especialmente en cuanto a las estrategias de explotación, las exigencias ecológicas, el ritmo de crecimiento, la calidad de la madera (reputada por su color claro, su excelente fibra y su durabilidad) y la disponibilidad de materiales de siembra.

Custode (2007), concluye que la demanda mundial de la teca aumenta año tras año pero la oferta se ha reducido significativamente en los últimos años, además la población mundial está creciendo a una tasa de 100 millones de personas por año. Al respecto la Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas calcula que aumentará la demanda de todos los tipos de madera en un 50% en menos de 15

años. Dado el descenso de los suministros de los bosques naturales, las perspectivas a largo plazo de la teca de plantación son prometedoras. Los estudios sobre precios históricos de la madera de teca apuntan a una tendencia ascendente.

El mismo autor indica en los siguientes 2 párrafos que:

En el año 2000 se registraron precios de 1.200 \$ por m³ de madera teca de 24 años en troncos. Organismos internacionales estiman que la madera en general en los últimos 30 años registra una inflación del 6% anual, e igualmente esperan que esta situación se agudice.

Los principales mercados para la madera teca lo constituyen Norteamérica, Europa y Japón en los que se usa esta madera para la construcción de casas sometidas a condiciones ambientales extremas.

Al respecto al reconocer la importancia de la teca y al escasear la disponibilidad de su principal producto madera en bosques naturales de los yungas de Bolivia, conviene realizar plantaciones para su posterior explotación, esto para introducir al mercado un nuevo tipo de madera, propósito que permita desarrollar nuevas alternativas de producción dentro la actividad forestal del área rural. De esta forma la explotación de especies forestales introducidas contribuirán a subir el nivel de vida de las poblaciones rurales, considerándose una fuente importante para mejoras de sus ingresos económicos.

La zona de Sapecho reúne condiciones principales tanto; climáticas, altitudinales, como de suelo, para la implantación de la teca. En los últimos años esta especie forestal, especialmente en la región de los Yungas del trópico de Sapecho se ha estado utilizando como árbol semillero, despertando gran interés principalmente en el beneficio de su madera, es por esta razón aprovechando su semilla se tuvo que lograr la obtención de plantines para su posterior implantación en la zona.

La reproducción de teca, mediante semilla en los Yungas de Sapecho solo lo pudieron realizar algunos viveristas del proyecto del Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza (CATIE) de Costa Rica en el año 2002, quienes con poca

evaluación y un desconocimiento de los tratamientos pregerminativos en campo tales como la escarificación y estratificación de la semilla, obtuvieron plantines, sin posibilitar transferencia tecnológica a los agricultores de la región sobre la obtención de plantines de teca, tomando en cuenta que la testa dura que protege a las semillas de teca es muy difícil de tratar.

FAO-Unasyva (2000), mencionan que el grueso y duro pericarpio de la semilla de teca obstaculiza la germinación. Este antecedente y demás cualidades propiciaron la necesidad de probar los diferentes tratamientos pregerminativos para la propagación sexual de la teca en condiciones adecuadas y en gran escala, para que posteriormente se puedan obtener plantines de buenas condiciones, coadyuvando con sistemas de manejo que permitan ofrecer plantines para su implantación en campo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Evaluar la aplicación de técnicas pregerminativas en semillas de teca (*Tectona grandis* L.) en la Estación Experimental de Sapecho.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la aplicación de cuatro tratamientos pregerminativos sobre la influencia en la emergencia de semillas de teca y el vigor en sus plantines.
- Analizar las características físicas de las semillas de teca.
- Determinar la descripción dendrológica de la teca.
- Analizar la relación de costos parciales de los tratamientos pregerminativos.

2. REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origen y distribución geográfica

González *et al.*, (1979), indican que la teca es nativa del Sureste de Asia, Malasia e Indochina. Además Weaver (1993), menciona que, hace varios siglos la teca fué introducida a Java y algunas de las islas menores del archipiélago de Indonesia y posteriormente a las Filipinas, hoy en día naturalizado en estos países, además fueron extendiéndose más plantaciones en Australia, África y Latinoamérica.

El mismo autor señala que en el trópico americano:

La teca fué introducida a Puerto Rico, Cuba, Haití, Jamaica, Estados Unidos y otras islas del mar Caribe desde Trinidad hace más de 50 años, en Centroamérica ha sido plantada en Belice, el Salvador, Honduras, Costa Rica y Panamá, a partir de 1.880, en Sudamérica, a partir de 1.968 fué plantada en los países de Colombia, Venezuela, Brasil, Costa Rica y las Guyanas. A nuestro país Bolivia se presume que se implantó la teca hace más de 40 años atrás por colonizadores costarricenses, quienes trajeron semillas de teca.

Actualmente las zonas de plantación de teca son escasas y se encuentran ubicados en los Yungas tropicales de Bolivia a 450 y 1.300 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 (BASFOR, 2007. Comunicación personal).

2.2 Importancia

Perez y Barrosa (1993), indican que, los árboles pueden alcanzar alturas de 30 m. y diámetros normales de 80 cm. a la edad de 20 años.

Shoji (2002), señala que, el tiempo para corte de madera está entre 10 y 40 años después de plantadas.

Pastrana (2007), indica que, la madera de teca es muy favorita de los artesanos y los ebanistas, cumple con las siguientes características: repele naturalmente el agua, siendo aceitosa, muy estable ante cambios de humedad (resistente a la pudrición), moderadamente pesada, con fibra recta y textura fina, es fácil de trabajar aunque contiene sílice (que embota los filos) y no corroe los tornillos ni ennegrece en contacto con el metal, utilizado para la construcción de muebles, artículos torneados, pisos, paredes, techos, puertas, ventanas, instrumentos musicales y diversas artesanías

Vásquez y Ugalde (1995), concluyen que debido al alto precio de su madera en el mercado y a su rápido crecimiento la especie ha sido introducida en los programas de reforestación nacional desde Guatemala hasta Panamá, sustituyendo otras especies importantes en Centroamérica.

Fonseca y Heredia (2004), mencionan que, estudios preliminares en la India mostraron rendimientos buenos para pulpa y con fortaleza apropiada para producir papel.

* BASFOR, 2007. Comunicación personal

Weaver (1993), establece en los siguientes 4 párrafos que:

En el Sudeste de Asia los derivados de la teca también son utilizados: las hojas machacadas producen una savia roja que se usa para teñir la seda. En la India, las hojas secas ya caídas se procesan como una fuente de fibra para alimento peleteado para el ganado ovino, una cocción de las hojas se utiliza como tratamiento para desórdenes y hemorragias menstruales, utilizándolo como baños.

El mismo autor menciona que, el aserrín de madera de la teca es utilizado como un incienso en Java. Una pasta del polvo de madera ha sido usada contra los dolores de cabeza, tumores y dermatitis. La madera chamuscada remojada en jugo de la amapola se utiliza para hacer en una pasta que se usó para aliviar el tumor de párpados. El aceite de la madera ha sido utilizado como un tónico para el cabello.

Las hojas se usan en Tailandia para envolver carne, para extraer tintes y utilizado para la elaboración de fármacos. También de la corteza se puede extraer lignina y la vainillina, esta utilizada como saborizante en la industria alimenticia, en comidas y bebidas por la gran aceptación de su excelente sabor y aroma, principalmente en las industrias de helados, confiterías y reposterías.

En la industria farmacéutica es un componente de gran consumo que se utiliza principalmente como agente saborizante o como precursor de drogas como la L-Dopa (que se utiliza como tratamiento para el mal de Parkinson), el Aldomet y la dopamina. Las flores se usan para tratar bronquitis y desórdenes urinarios. Las flores y semillas son consideradas diuréticos. Los extractos de hojas pueden ser eficaces contra la tuberculosis microbacteriana.

Actualmente los Yungas del trópico de Sapecho del norte del departamento de La Paz cuenta con pocas plantaciones de (*Tectona grandis* L.), razón por la cual esta especie no fué objeto de estudio para su aprovechamiento.

2.3 Características botánicas

Según FAO – Unasyva (2000), indican que, *Tectona grandis* es un árbol de hoja caduca de gran tamaño con una copa redondeada, cuando crece en condiciones favorables tiene un fuste cilíndrico alto y limpio de más de 25 m. A menudo en la base del árbol aparecen contrafuertes (ensanchamientos en la base producidos por una hinchazón exagerada de las raíces) y a veces es acanalado (presenta depresiones y abultamientos irregulares en el fuste).

Parodi (1980), menciona sus características organográficas:

- **Flores.**- hermafroditas, más o menos actinomorfas dispuestas en cimas axilares o amplias inflorescencias terminales. Cáliz compuesto de 5-6 sépalos. Corola infundibuliforme, con el tubo ligeramente más largo que el cáliz, estambres 5-6, largamente exsertos. Ovario súpero, tetralocular, con los lóculos uniovulados.

- **Hojas.**- opuestas enteras o verticiladas densamente estrellado-tomentosas en la cara inferior, aovadas o elípticas, acuminadas, de 30-60 cm. de largo cuando maduras.

Fonseca y Heredia (2004), mencionan que:

- **fruto.**- Es subgloboso, más o menos tetrágono, aplanado; exocarpo delgado, algo carnososo cuando fresco y tomentoso; endocarpo grueso, óseo, corrugado con cuatro celdas que encierran generalmente 1 ó 2 semillas de 5 mm de largo.

Perez y Barrosa (1993), mencionan otras características morfológicas importantes:

- **Raíz.**- Su sistema radical es amplio con una raíz principal profunda.

- **Tallo.**- En los bosques naturales son de fuste recto y elevado, de forma cilíndrica. La corteza en su parte exterior es de color castaño claro, escamosa, agrietada y tiene un grosor de 1 a 1.5 centímetros; en su interior es de color blanquecino. Las ramas tiernas cortadas de manera transversal, presentan una sección de forma cuadrangular.

2.3.1 Clasificación Botánica

Fonseca y Heredia (2004), señalan en la clasificación botánica:

Clase..... Dicotyledonae
Orden.....Lamiales
Familia.....Lamiaceae (Verbenaceae)

Perez y Barrosa (1993), también señalan en la clasificación botánica:

Especie..... *Tectona grandis* L.
Nombre común.....Teca

2.4 Ecología del cultivo

2.4.1 Factores climáticos

La teca tolera una gran variedad de climas, pero crece mejor en condiciones tropicales moderadamente húmedas y calientes. Gran parte del área de distribución natural de la teca se caracteriza por climas de tipo monzonal, con una precipitación de entre 1.300 y 2.500 mm por año y una estación seca de 3 a 5 meses (Weaver, 1993).

2.4.1.1 Temperatura

En el área de distribución natural, en la India, crece en lugares con temperaturas entre 13° C y 40° C, con una media de 24° C. Sin embargo, para un óptimo desarrollo se considera una temperatura media de 25° C, con un rango 24-30° C. (Fonseca y Heredia, 2004).

2.4.1.2 Precipitación

Se reporta un amplio rango de precipitación que va desde 1.000 a 3.750 mm/año, con una época seca bien definida de 3 a 5 meses, con extremos de 500 a 5.000 mm/año. Condiciones muy húmedas pueden conducir a mayor crecimiento y a la producción de madera de menor calidad, debido a un mayor porcentaje de albura, color menos atractivo, textura más pobre, pérdida de fuerza y menor densidad (Fonseca y Heredia, 2004).

2.4.1.3 Suelos y Topografía

Weaver (1993), menciona que la teca se establece sobre una variedad de suelos y formaciones geológicas, pero el mejor crecimiento ocurre en suelos aluviales profundos, porosos, fértiles y bien drenados, con un pH neutral o ácido. La teca crece bien en piedra arenisca porosa, pero sufre achaparramiento en cuarcita o en piedra arenisca dura y metamórfica. Se le encuentra también en suelos de granito y otras rocas metamórficas. Más aún, crece bien en suelos de piedra caliza en donde la roca se ha desintegrado para formar una marga profunda.

El mismo autor indica que, los factores limitantes más importantes en cuanto a los suelos son la poca profundidad, las capas duras, las condiciones anegadas, los suelos compactados o arcillas densas con un bajo contenido de Ca o Mg y fosfatos. Las pendientes escarpadas, el drenaje pobre y las altitudes de más de 1.000 m. también toman influencia sobre el crecimiento de una forma negativa.

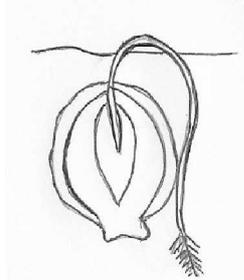
2.4.1.4 Altitud

Fonseca y Heredia (2004), mencionan que *Tectona* crece desde 0 a 1000 m.s.n.m. En Centro América se ha ensayado desde 16 m hasta 600 m, mientras en Costa Rica las plantaciones más grandes en altura se encuentran a pocos metros sobre el nivel del mar. Al respecto Lamprecht (1990), cita que esta especie requiere una elevación de no más de 1.300 m.s.n.m.

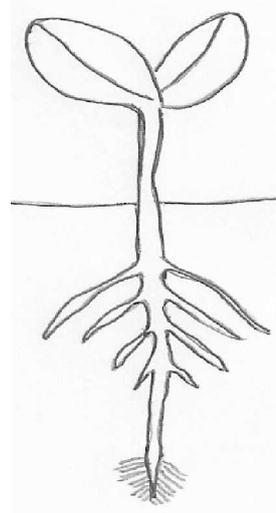
Shoji (2002), señala que, el árbol de Teca es una especie de luz, por ello pertenece al grupo de las Heliófitas, no tolera la sombra ni la supresión en ninguna fase de su ciclo vital y para conseguir un desarrollo adecuado requiere que no se impida el paso de luz desde arriba.

2.5 Fenología

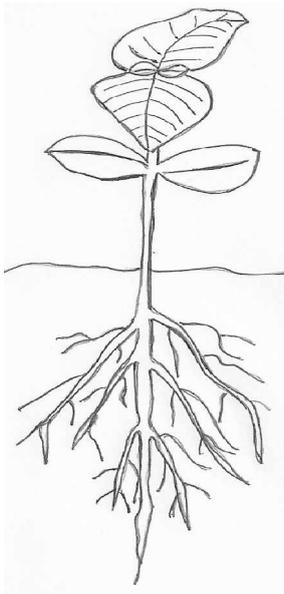
Bosque (2002), indica que la fenología comprende desde la germinación-emergencia, hasta la etapa reproductiva de la planta. Al respecto, en la figura 1 se observa el comportamiento fenológico de la teca (*Tectona grandis* L.)



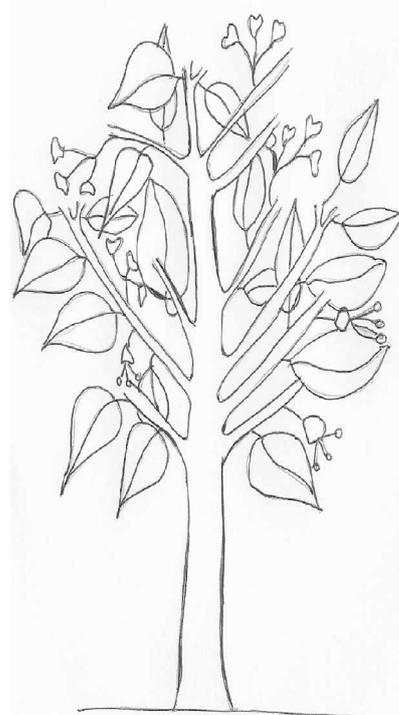
germinación-emergencia
de la plántula



enderezamiento del tallo
y crecimiento de la plántula



fijación de raíz principal
y crecimiento de la plántula



madurez sexual (floración)

Figura 1. Comportamiento fenológico de la teca

En la etapa inicial, la emergencia de la plántula comienza con la aparición de los cotiledones sobre la superficie del suelo, constituyéndose posteriormente como sus primeras dos hojas, seguidamente del enderezamiento de su tallo y la fuerte

fijación de su raíz profunda principal la cual se desarrollaría más rápido que la altura de planta. Después de transcurrir un promedio de veinte años de vida la planta (árbol) entra en su etapa reproductiva, la misma floreciendo y listos para ser aprovechados sus frutos-semillas, como también su madera (Chocata, 2007. Comunicación personal).

2.6 Rentabilidad

Custode (2007), indica que, la continua demanda de este escaso producto deberá elevar el precio de la teca sustancialmente. Históricamente, el precio de la teca exportada de Indochina aumentó entre 1970 y 1986, a una tasa combinada anual del 17 %. La Asociación Norteamericana de Maderas Duras informó que el precio de la teca registró un aumento del 62,5 % entre 1988 y 1992. Recientemente, las alzas en los precios han sido más dramáticas. La madera que se vendía en E. E. U. U. entre 3 y 4.5 \$us por pié tablar, ahora se vende entre 6 y 10 \$us.

El mismo autor menciona que, dado el descenso de los suministros de bosques naturales, las perspectivas a largo plazo de la teca de plantación son prometedoras. Los estudios sobre precios históricos de la madera de teca apuntan a una tendencia ascendente. En el año 2000 se registraron precios de 1.200 \$us por m³ de madera teca de 24 años en troncos. Organismos internacionales estiman que la madera en general en los últimos 30 años registra una inflación del 6% anual, e igualmente esperan que esta situación se agudice.

Al respecto en el cuadro 1, se observa datos de proyecciones del precio de la madera aserrada de teca asiática, africana y americana con respecto a sus edades en años. Asimismo, conociendo el comportamiento del valor comercial de la madera de teca en tres continentes del mundo, es conveniente mejorar el sistema de manejo en la producción de teca en América y propiamente en Bolivia, razón que dicha producción lleva desventaja a comparación de los otros dos continentes.

* Chocata, 2007. Comunicación personal

Cuadro 1. Datos de proyecciones del precio en \$us / m³ de la madera teca de diferentes procedencias; asiática, africana y americana con respecto a sus diferentes edades.

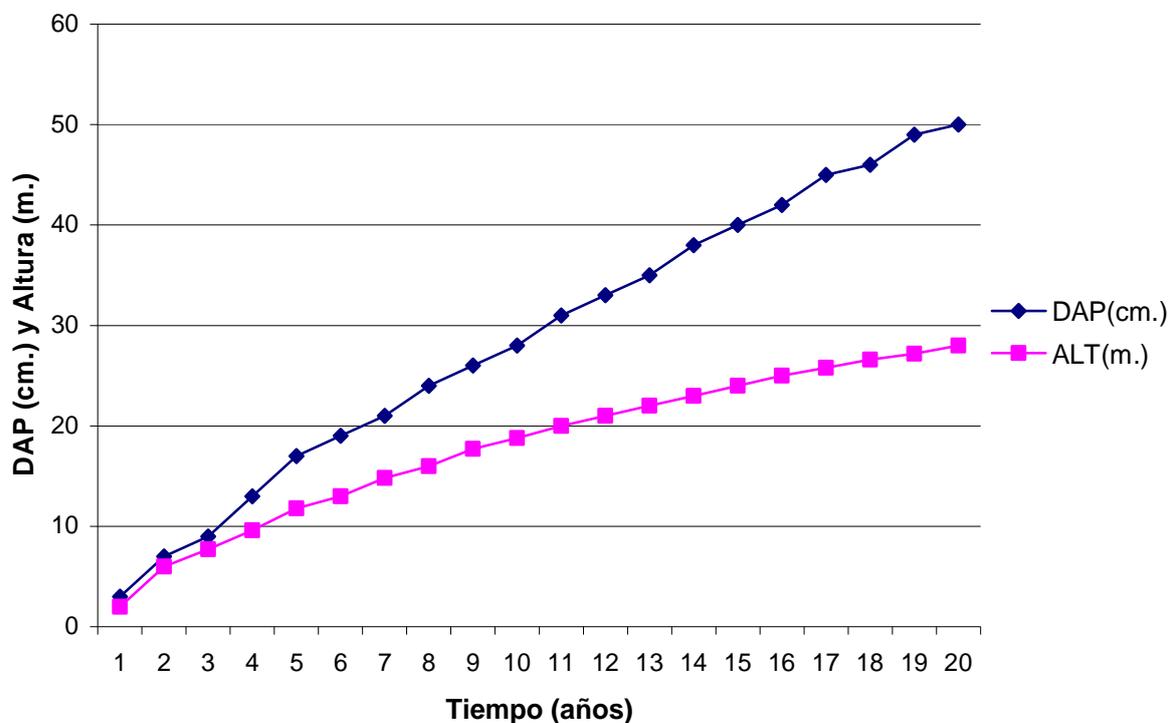
PROYECCIONES DEL PRECIO DE LA MADERA ASERRADA DE TECA ASIÁTICA, AFRICANA Y AMERICANA CON RELACIÓN A SUS EDADES									
INCREMENTO ANUAL PROYECTADO 3 %									
	REFERENTE 100 %			REFERENTE -20 %			REFERENTE -30 %		
	USD. \$ Teca de 20 años			USD. \$ Teca de 16 años			USD. \$ Teca de 12 años		
Año	Asia Precio m³	África Precio m³	América Precio m³	Asia Precio m³	África Precio m³	América Precio m³	Asia Precio m³	África Precio m³	América Precio m³
2002	1.058	882	706	941	784	627	823	686	549
2003	1.090	908	727	969	808	646	848	707	565
2004	1.123	936	749	998	832	665	873	728	582
2005	1.157	964	771	1.028	857	685	900	750	600
2006	1.191	993	794	1.059	882	706	927	772	618
2007	1.227	1.022	818	1.091	909	727	954	795	636
2008	1.264	1.053	843	1.123	936	749	983	819	655
2009	1.302	1.085	868	1.157	964	771	1.012	844	675
2010	1.341	1.117	894	1.192	993	795	1.043	869	695
2011	1.381	1.151	921	1.228	1.023	818	1.074	895	716
2012	1.422	1.185	948	1.264	1.054	843	1.106	922	738
2013	1.465	1.221	977	1.302	1.085	868	1.140	960	760
2014	1.509	1.258	1.006	1.341	1.118	894	1.174	978	782
2015	1.554	1.295	1.036	1.382	1.151	921	1.209	1.007	806
2016	1.601	1.334	1.067	1.423	1.186	949	1.245	1.038	830
2017	1.649	1.374	1.099	1.466	1.221	977	1.283	1.069	855
2018	1.698	1.415	1.132	1.510	1.258	1.006	1.321	1.101	881
2019	1.749	1.458	1.166	1.555	1.296	1.037	1.361	1.134	907
2020	1.802	1.502	1.201	1.602	1.335	1.068	1.401	1.168	934
2021	1.856	1.547	1.237	1.650	1.375	1.100	1.443	1.203	962
2022	1.912	1.593	1.274	1.699	1.416	1.133	1.487	1.239	991
2023	1.969	1.641	1.313	1.750	1.444	1.167	1.531	1.276	1.021
2024	2.028	1.690	1.352	1.803	1.502	1.202	1.577	1.314	1.052
2025	2.089	1.741	1.393	1.857	1.547	1.238	1.625	1.354	1.083

Fuente: Custode (2007)

En el cuadro 1, se indica que el precio de la madera aserrada de teca se ve influenciado por dos factores principalmente; la procedencia y la edad, es así que la madera de teca procedente de lugar de origen nativo resulta tener mayor valor comercial con respecto a aquellos países que no lo son.

Por otra parte, la edad también es otro factor importante, a medida que pasan los años el producto a obtenerse incrementa su valor comercial, es decir que el árbol crecerá en longitud y diámetro.

Al respecto en la figura 2, se presenta la evolución en diámetro altura de pecho (DAP) en centímetros y longitud en metros de altura del árbol de teca, con relación al tiempo en años.



Fuente: Custode (2007)

Figura 2. Datos del comportamiento en DAP (cm.) y altura del árbol de teca en (m.) con respecto al tiempo en años (E. E. U. U., 1988-1992).

Como se podrá observar estos valores, cabe indicar que el comportamiento en el incremento en longitud del DAP y altura de árbol es muy notable y significativo, razón que amerita poder aprovechar la madera de teca a una temprana edad.

En la figura 2, el comportamiento en DAP en centímetros mediante regresión refleja los siguientes resultados:

$$\begin{aligned}
 r &= 0,99 & r^2 \times 100 &= 99\% \\
 b &= 2,44 & 100 - r^2 &= 1\% \\
 y &= 3,18 + 2,44x
 \end{aligned}$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.99, lo que indica que existe una perfecta asociación con el tiempo, es decir a medida que transcurren los años mayor será el incremento en el DAP del árbol. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada año que transcurre se espera un incremento de 2.44 cm. en el DAP del árbol.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 99 % de la variabilidad en el DAP del árbol se debe a los años transcurridos. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 1 % de la variabilidad no tiene nada que ver con los años transcurridos, si no mas bien se debe a otros factores como los del medio ambiente.

En la misma figura, también se denota el comportamiento en altura en metros árbol mediante regresión, el cual refleja los siguientes resultados:

$$\begin{array}{ll} r = 0,97 & r^2 \times 100 = 97\% \\ b = 1,26 & 100 - r^2 = 3\% \\ y = 4,77 + 1,26x & \end{array}$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.97, lo que indica que existe una perfecta asociación con el tiempo, es decir a medida que transcurren los años mayor será el incremento en el tamaño del árbol. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada año que transcurre se espera un incremento de 1.26 m en el tamaño del árbol.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 97 % de la variabilidad en la altura del árbol se debe a los años transcurridos. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 3 % de la variabilidad no tiene nada que ver con los años transcurridos, si no mas bien se debe a otros factores como los del medio ambiente y propiamente el manejo.

2.7 Rendimiento

Cháves y Fonseca (1991), mencionan que para Centro América uno de los factores limitantes para el crecimiento de la teca es la altitud, factor que mostró diferencias en la estimación indirecta del índice de sitio, presentando los más altos rendimientos de esta especie por debajo de los 1.000 msnm, con valores que oscilan entre los 85 a 156 m³/ha sin tomar en cuenta el volumen de la corteza a una edad de 20 años promedio.

2.8 Práctica del Cultivo

Perez y Barrosa (1993), sugieren aspectos importantes para el establecimiento de una plantación de teca:

2.8.1 Selección del sitio

Para la selección deben considerarse: tipo de suelo, vegetación existente superficie disponible y condiciones para mecanizarse. La teca puede establecerse en plantaciones puras, aunque puede intercalarse con otras especies forestales maderables. Se debe plantar a campo abierto, para que la luz favorezca su desarrollo.

2.8.2 Preparación del terreno

La preparación del suelo depende de las condiciones de sitio, pueden ser: eliminación del arbolado, desmalezamiento, barbecho y rastra. En terrenos con poca pendiente, se barbecha a una profundidad de 25 cm., 30 a 40 días antes de la plantación, para intemperizar el suelo, permitir la germinación de la maleza, y luego eliminarla con un paso de rastra o con algún herbicida.

2.8.3 Métodos de plantación

Previamente al establecimiento, conviene definir el método de plantación, considerando el tipo de suelo. Plantación por siembra directa al envase. Este método

se usa cuando la planta tiene una edad de cuatro a seis meses y una altura media de 50 cm.

2.8.4 Época de plantación

Para establecer una plantación de teca, debe haber una buena humedad en el suelo. En tabasco se tienen definidas dos épocas de plantación; la primera con el inicio de las lluvias en mayo y se prolonga hasta julio, y la segunda de noviembre a enero.

2.8.5 Espaciamento

En Trinidad uno de los espaciamentos más usados es 1.83 x 1.83 m. En Bangladesh, se planta a 1.8 m. y a los tres o cuatro años que se cierran las copas se aclarea. En Cuba se ha plantado a 2 x 2 m., 2.5 x 2.5 y 3 x 3 m., y los mejores resultados se ha obtenido con el ultimo espaciamento. Estos espaciamentos permiten eliminar la maleza con tractor convencional y con chapeadora. El producto a obtener es para madera aserrada.

2.8.6 Manejo de la plantación en la etapa inicial

Para que una plantación forestal se desarrolle con éxito, es necesario darle todos los cuidados desde su establecimiento, como reposición de fallas, podas, control de maleza, aclareos, etc.

2.8.6.1 Reposición de fallas

La finalidad de cuantificar la sobrevivencia, es determinar el número de plantas que arraigaron en el suelo y así reponer las fallas. La reposición se efectúa en la misma temporada de lluvias, de preferencia un mes después de haberse plantado; el material que se utilice deberá ser de la mejor calidad posible y de la misma edad a las establecidas.

2.8.6.2 Podas

Valclav y Skoupy (1973), mencionan que, las plantaciones de teca se establecen con fines de aserrio principalmente. Las podas formadoras del fuste se inician desde la etapa arbustiva y en época de sequía que es cuando la planta tiene menor actividad fisiológica. Usualmente, se efectúa cortando las ramas con diámetros mayores de dos centímetros en la unión con el tallo, con serruchos pequeños o machetes y las ramas pequeñas con navajas o tijeras podadoras.

El mismo autor indica que, el corte debe ser liso y lo mas cercano posible a la unión con el tallo, sin lesionar la corteza. Si la rama tiene una longitud mayor de un metro, se corta primero la mayor parte terminal de esta y luego el resto; de esta forma se evitan desgarres en el fuste. Si la madera es para aserrio, las podas se realizan cada cuatro meses durante los dos primeros años, posteriormente se espacian cada seis meses hasta formar el fuste comercial.

2.8.6.3 Aclareos

Los aclareos dependen del espaciamiento inicial y generalmente se inician cuando la planta se encuentra en etapa arbustiva, a edades entre dos y tres años, pueden efectuarse por dos métodos: selectivo y sistemático. En los aclareos selectivos se eliminan los árboles no deseables para el tipo de producto y son aquellos mal formados, enfermos o muertos. El segundo método consiste en eliminar sistemáticamente individuos, con el propósito de darles el espaciamiento requerido a los árboles que quedan en pie, de acuerdo a su edad y competencia entre copas (Betancourt, 1983).

2.8.6.4 Fertilización

Zambrana (1987), indica que, para hacer un programa de fertilización es importante conocer el ciclo de nutrientes dentro de la plantación, cuyos aportes por lo general proceden de la aportación de la lluvia, la actividad de microorganismos, de la descomposición de la materia orgánica y del material geológico.

Cháves y Fonseca (1991), mencionan que para Centro América uno de los factores limitantes para la especie teca es considerado los suelos con bajo contenido de calcio (Ca) y magnesio (Mg).

Alvarado y Fallas (2004), mencionan que la teca es una especie que requiere altos contenidos de calcio (Ca) para su desarrollo, lo que da por aseverado que es una especie determinada como basófila.

Fonseca y Heredia (2004), indican que una aplicación de N, P, K al establecimiento puede mejorar el crecimiento permitiéndole a las plantas mayor capacidad para competir con las hierbas no deseables.

2.8.6.5 Control de plagas

Perez y Barrosa (1993), señalan que, la teca es una especie que se ha reportado casi libre de plagas. Una plaga que llega a causar daño es el comején (*Neotermes casteneus* Burm), que ataca a los árboles en pie, perforando la albura de la madera, controlándose con aspersiones de clordano o Heptacloro, según la dosis etiquetada. Esta aplicación deberá dirigirse a los nidos y removerlos, además puede controlar las termitas subterráneas.

Los mismos autores mencionan que, la hormiga arriera (*Atta insulares* Guer.) defolia plantaciones jóvenes, pero sin importancia económica, controlándose con aplicaciones de hexacloruro de benceno (BHC) en los nidos o abriendo agujeros en los mismos en toda la profundidad y aplicando gasolina para después incendiarlos.

2.8.6.6 Control de enfermedades

La teca es resistente a enfermedades y aunque se presentan en plantaciones, no se consideran de importancia económica. Bakshi (1964), citado por Perez y Barrosa (1993), reportó varios agentes patógenos de la raíz y del follaje; *Armilaria mellea*, *Fomes Lamaoensi* provoca pudrición basal de la raíz. El hongo *Elicobasidium* sp. causa pudrición radical basal en plantaciones mayores de 12 años y *Xilaria thwaitesii* causa pudrición

radical en plantas jóvenes. El hongo *Corticium salmonicolor*, patógeno ampliamente distribuido, ataca al follaje de árboles de todas las edades. Cuando se presenta un ataque intensivo, las ramas mueren rápidamente, el follaje se marchita y se torna negro; al ocurrir la infección, produce pústulas blancas. Se previene con fertilización y un terreno bien drenado.

2.8.6.7 Control de malezas

Fonseca y Heredia (2004), mencionan que, *Tectona grandis* es exigente de luz vertical y es sensible a la humedad y a la competencia por malezas, por eso la preparación del terreno y el control de malezas es vital si se desea obtener buen desarrollo inicial. Esta actividad puede hacerse manual, mecánica, química o mixta. Se recomienda por lo menos tres limpiezas el primer año, dos en el segundo, y una en el tercero. En todo caso, debe permitirse el establecimiento y crecimiento de una cobertura vegetal baja de especies nativas leñosas para proteger el suelo de la erosión.

2.9 Práctica del cultivo en vivero

2.9.1 Fertilización

Weaver (1993), indica que, el éxito logrado en la plantación depende, entre otras cosas, de la calidad de material obtenido del vivero, esto con el fin de disminuir el tiempo de estadía de la planta en el vivero. Resultados de diferentes estudios han demostrado que niveles altos de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) mejoran el color, vigor y el crecimiento de los arbolitos, así mismo, se determinaron deficiencias de elementos como el calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).

El mismo autor menciona que, bajo un estudio un llevado a cabo en E. E. U. U., la mayor disponibilidad de N y P incrementa la absorción de N, P, Ca y Mg. En general, se recomienda la adición de 0,7 gr/planta de nitrógeno (sulfato de amonio) y 0,4 gr/planta de fósforo (triple superfosfato), aplicados de manera que no toque la raíz para no producir quema.

2.9.2 Control de enfermedades

Cosme (2002), menciona que este control se realiza con un medio de prevención en el vivero. El llamado "ahogamiento", que se encuentra comúnmente en las almacigueras es causado por los hongos del suelo, como de las especies *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Fusarium*. Para evitar las pérdidas que causan esos organismos patógenos, es recomendable tratar el suelo, con productos químicos, tales como basamid, formol, bromuro de metilo, etc.

2.9.3 Propagación

Hartmann y Kester (1997), mencionan, que la propagación de plantas consiste en efectuar su multiplicación por medios tanto sexuales como asexuales:

2.9.3.1 Sexual o por semilla

La reproducción sexual implica la unión de células sexuales masculinas y femeninas, la formación de semillas y creación de una población de plántulas con genotipos nuevos y diferentes. La división celular (meiosis) que produce las células sexuales implica la división reduccional de los cromosomas, en el cual su número es reducido a la mitad.

2.9.3.2 Asexual o partes vegetativas

La propagación asexual es posible debido a que cada una de las células de la planta contiene todos los genes necesarios para el crecimiento y desarrollo y, en la división celular (mitosis) que se efectúa durante el crecimiento y regeneración, los genes son replicados en las células hijas.

2.10 Semilla

Una semilla es una unidad reproductiva que se desarrolla a partir de un óvulo, por lo general una vez que haya sido fecundado (Willan, 1991).

2.10.1 Partes de una semilla

Niembro (1988), menciona que, las semillas están constituidas principalmente por una cubierta seminal, endospermo y embrión:

2.10.1.1 Cubierta seminal

La cubierta seminal es la estructura que rodea y protege a las partes internas de la semilla de daños físicos y bióticos procedentes del exterior. Dicha estructura se compone de partes que integran el o los tegumentos del óvulo constituyéndose en la cubierta de la semilla madura. Esta cubierta consiste a veces en dos revestimientos distintos, una cubierta externa, típicamente firme, que es la testa, y otra interna, por lo general delgada y membranosa, que es el tegmen. La testa protege al contenido de la semilla de la desecación, los daños mecánicos o los ataques de hongos, bacterias e insectos, hasta que se abre en la germinación.

2.10.1.2 Endospermo

El endospermo es un tejido de almacenamiento de sustancias nutritivas, químicamente esta constituido por diversas sustancias entre las que se destacan los carbohidratos (almidones y hemicelulosas), los lípidos y las proteínas. Estas sustancias son utilizadas por el embrión durante su germinación y posteriormente por la plántula para sostener las primeras etapas de su crecimiento y desarrollo, hasta que esté capacitada para elaborar su propio alimento a través de la fotosíntesis.

El endospermo se origina a partir de la fusión de uno de los núcleos espermáticos contenidos en el grano de polen con uno, dos o mas núcleos polares del saco embrionario. La cantidad de endospermo contenida en la semilla madura, varía notablemente de acuerdo con la especie. Las semillas no endospermicas, carecen de endospermo en la madurez, debido a que este es consumido completamente por el embrión durante su crecimiento y desarrollo. Este tipo de semillas presentan un embrión masivo provisto de cotiledones gruesos y carnosos que por lo general llenan la cavidad seminal.

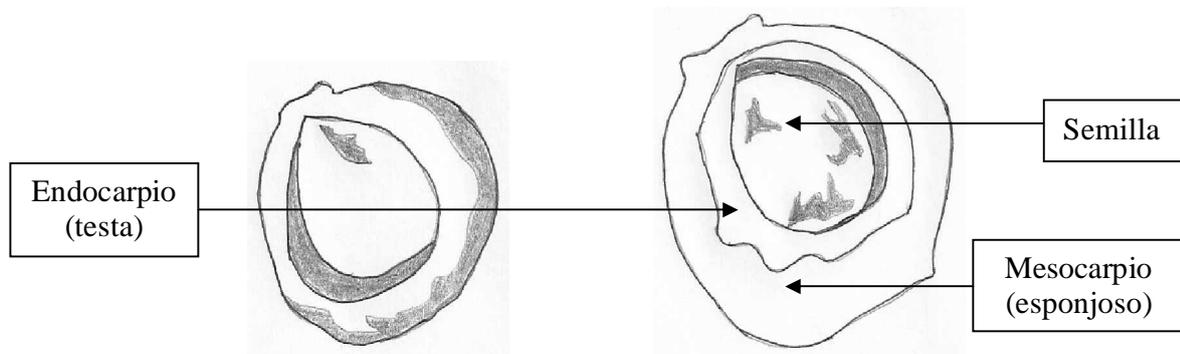
2.10.1.3 Embrión

El embrión es una planta en miniatura que se origina de la fusión de uno de los núcleos espermáticos, procedentes del grano de polen, con la oosfera del saco embrionario. En la semillas dicotiledóneas el embrión esta constituido por un eje y las dos primeras estructuras foliares, es decir, los cotiledones.

Al eje del embrión se le conoce como hipocótilo, ya que se localiza por debajo del punto de inserción de los cotiledones, y en cuyo extremo basal se encuentra una radícula incipiente formada en su mayor parte por tejido meristemático, a partir de la cual se formara la raíz primaria de la planta. En el extremo apical del eje del embrión, justamente entre los cotiledones, se localiza una zona constituida también por tejido meristemático a partir de la cual se desarrollara el tallo de la planta.

2.10.2 Estructura de la semilla de teca

En la figura 3, se muestra la estructura de la semilla de *Tectona grandis* con sus respectivas partes.



Fuente: Willan (1991)

Figura 3. Drupa de *Tectona grandis*, representación esquemática de la semilla en sección mediana.

2.10.2.1 Caracterización de la semilla de teca

Las semillas de teca son aceitosas, de un tamaño de cinco a seis milímetros. Los frutos contienen de una a cuatro semillas (Willan, 1991).

2.11 Beneficiado de la semilla de teca

2.11.1 Recolección

Los frutos se colectan del suelo, y para facilitar esta acción se eliminan las malezas; las ramas se sacuden colocando debajo de ellas mantas de lona y se eliminan los frutos viejos. Los árboles deben ser mayores de ocho años de edad, sanos, con fustes rectos y bien formados y de ser posible con una buena regeneración natural. La colecta se hace en los meses de diciembre a abril. Un kilogramo contiene de 1.500 a 1.700 frutos secos (Perez y Barrosa, 1993).

2.11.2 Manejo

A los frutos recién recolectados se les quita la membrana (pericarpio) que los cubre, se eliminan los frutos dañados o muy pequeños y se ponen a secar al sol durante dos días (Perez y Barrosa, 1993).

2.11.3 Almacenamiento

Willan (1991), indica que las semillas secas se ponen en recipientes bien cerrados o se guardan en lugares oscuros, secos y ventilados a 4°C promedio, su viabilidad puede prolongarse con un porcentaje de germinación entre 70 y 80 %, pero disminuye a menos del 40 % después de un año de almacenada al medio ambiente.

El mismo autor señala que, cuando no es posible transportar inmediatamente los frutos a la instalación de procesamiento de semillas, debe disponerse un almacenamiento temporal sobre el terreno, en cobertizos o bajo algún tipo de protección. Es preciso proteger los frutos de esta manera contra la lluvia, y en algunas especies contra una insolación demasiado fuerte. Deben haber cobertizos para estar abiertos por los lados o disponer de buena ventilación por otros medios, y los sacos deben estar bien separados en rejillas o colgadores de ganchos de manera que el aire pueda circular libremente, y que quede protegido de los roedores y evitando proliferación de hongos.

2.12 Propiedades externas de las semillas

2.12.1 Pureza física

Willan (1991), Menciona que, para conocer la pureza física se debe determinar la composición en peso de la muestra, sobre el componente de semilla pura, haciendo referencia a la semilla de la especie en estudio; semillas maduras y sin daños, del tamaño no inferior al normal, libre de malas hierbas, estructuras seminales separadas, partículas de hoja y materiales inertes, que puedan identificarse claramente como pertenecientes a la especie de que se trate.

2.12.2 Número de semillas en un kilogramo

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 (Cosme, 2002).

2.12.3 Contenido de humedad

Según la COMISION NACIONAL DE SEMILLAS (1977), define el contenido en agua de una muestra como el peso que haya perdido al desecarla o bien la cantidad de agua obtenida al destilarla, ya que ambos métodos, secado y destilación, son los admitidos en estas reglas. La humedad se expresa en porcentaje del peso de la muestra inicial.

2.12.4 Propiedades internas de las semillas

2.12.4.1 Germinación y Emergencia

Justice (1972), citado por Willan (1991), define como el surgimiento y desarrollo de las estructuras esenciales a partir del embrión de la semilla, que indican la capacidad de la semilla para producir una planta normal en condiciones favorables.

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 (Evenari, 1957), citado por (Willan , 1991).

2.12.4.2 Viabilidad

Lohse (1997), indica que, es la capacidad que poseen algunas semillas de permanecer vivas durante un tiempo estando en dormancia, y germinan cuando se aplican métodos de pregerminación.

2.12.4.3 Energía germinativa

Justice (1972), citado por Cosme (2002), define a la energía de germinativa como: el porcentaje del número de semillas de una muestra que germinan dentro un determinado periodo de tiempo y en diferentes condiciones hasta llegar al momento de máxima germinación, que generalmente significa el número máximo de germinación de 24 horas.

2.12.4.4 Periodo de energía

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

2.12.4.5 Sanidad

Anderson y Leach (1962), indican que el estado sanitario se refiere a la presencia o ausencia de enfermedades, parásitos en las semillas, siendo importante conocer por 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 El proceso de la germinación

Hartmann y Kester (1997), mencionan que, el proceso de germinación puede dividirse en varias etapas consecutivas separadas pero que se empalman, que a continuación se describen:

2.13.1 Imbibición

ETAPA 1

ACTIVACION

Imbibición de agua; la semilla seca absorbe agua y el contenido de humedad al principio se incrementa con rapidez, luego se estabiliza. La absorción inicial implica la imbibición de agua por coloideas de la semilla seca, que suaviza las cubiertas de la misma e hidrata el protoplasma. La semilla se hincha y es posible que se rompan las cubiertas. La imbibición es un fenómeno físico y puede efectuarse aún en semillas muertas.

Síntesis de enzimas; la actividad de las enzimas empieza muy rápidamente después del inicio de la germinación, a medida que se hidrata la semilla. La activación resulta en parte de la reactivación de las enzimas previamente almacenadas que se forman durante el desarrollo del embrión y en parte de la síntesis de nuevas enzimas al comenzar la germinación.

Elongación de las células y emergencia de la radícula; el primer signo visible de germinación es la emergencia de la radícula, la cual resulta de la elongación de las células más bien que de división celular. En una semilla no latente, la emergencia de la radícula puede ocurrir en unas cuantas horas o en varios días después de la siembra.

2.13.2 Digestión y translocación

ETAPA 2

DIGESTIÓN Y TRANSLOCACIÓN

En el endospermo, los cotiledones, el perispermo, o en el gametofito femenino (coníferas) se almacenan grasas, proteínas y carbohidratos. Estos compuestos son digeridos a sustancias más simples, que son translocadas a los puntos de crecimiento del eje embrionario.

Los patrones metabólicos de semillas de diferentes especies difieren con el tipo de reservas químicas de la semilla. Las grasas y los aceites, los principales constituyentes alimenticios de la mayoría de las plantas superiores, son convertidos enzimáticamente a ácidos grasos y al final de azúcares. Las proteínas almacenadas, presentes en la mayoría de las semillas, son una fuente de aminoácidos y de nitrógeno esencial para la plántula en crecimiento.

2.13.3 Crecimiento de la plántula

ETAPA 3

CRECIMIENTO DE LA PLÁNTULA

En la tercera etapa, el desarrollo de la plántula resulta de la división celular continuada en puntos de crecimiento separados del eje embrionario, seguido por la expansión de las estructuras de la plántula. La iniciación de la división celular en los puntos de crecimiento es indispensable de la iniciación de la elongación celular.

A medida que avanza la geminación, pronto se vuelven evidentes las estructuras de la plántula. El embrión consiste en un eje que genera la formación de una o más hojas seminales o cotiledones. El punto de crecimiento de la raíz, la radícula, emerge de la base del eje embrionario. El punto de crecimiento del tallo, la plúmula, se encuentra en el extremo superior del eje embrionario, arriba de los cotiledones. El tallo de la plántula se divide en la sección que esta debajo de los cotiledones del hipocótilo y la sección que esta arriba de los cotiledones el epicótilo.

El crecimiento inicial de la plántula sigue uno de los patrones. En un tipo, de germinación epigea, el hipocótilo se alarga y eleva los cotiledones arriba de la superficie del suelo y solo emerge el epicótilo.

2.14 Factores ambientales que afectan la germinación

2.14.1 Agua

Hartmann y Kester (1997), indican que, el contenido de agua es un factor muy importante en el control de la germinación de la semilla. Con menos del 40 ó 60 % de agua en la semilla (con base en peso fresco), no se efectúa la germinación. Una curva de absorción de agua por semillas secas tiene tres partes: a) una absorción inicial rápida, que en su mayor parte es de Imbibición, b) un periodo lento y c) un segundo incremento rápido a medida que emerge la radícula y se desarrolla la plántula.

RENASER, UMSS-COSUDE (1997), toman en cuenta también los siguientes factores:

2.14.2 Temperatura

La temperatura es uno de los principales y más influyentes factores de la germinación, se han reportados rangos mínimos por encima de 0°C, óptimos entre 25 y 31°C, máximos de 40-50°C. El factor desencadenante es la variación de la temperatura, por debajo o por encima de estos límites puede ocurrir la muerte de la semilla.

Los mismos autores indican que, cuando las semillas son sometidas a temperaturas constantes se presentan modificaciones en la estructura de las capas lipídicas, si la temperatura se eleva de 30 a 35° C., se aumenta el flujo de aminoácidos durante la germinación. Asimismo las enzimas tienen un óptimo de temperatura para su actividad metabólica, la influencia de los niveles o cambios de temperatura influyen decididamente presentando alteraciones metabólicas. La germinación es muy sensible a la variación de la temperatura en unos pocos grados, lo cual se ha verificado a través de múltiples pruebas de germinación. Algunas especies necesitan alternancia de la temperatura para inducir la germinación.

2.14.3 Oxígeno

El oxígeno es necesario como sustrato en las reacciones metabólicas importantes de la semilla, especialmente la respiración. Aunque en los primeros estadios de la germinación los procesos (antes de que la radícula rompa el tegumento, las reacciones

son de carácter anaeróbico), posteriormente el proceso se hace totalmente dependiente del oxígeno. La disponibilidad de oxígeno también se afecta por otros factores como la temperatura, el grado de humedad, concentración de CO₂, dormancia y algunos hongos y bacterias.

2.14.4 Luz

La sensibilidad de las semillas a la luz es bastante variable de acuerdo a la especie. Algunas semillas se estimulan positivamente por la luz y otras negativamente. La respuesta de las semillas a la luz, esta ligada a una cromoproteína denominada "fitocromo", pigmento responsable censor de señales del medio ambiente y fotorregulador, ya que capta, traduce y amplifica la información, actuando solo en semillas hidratadas aunque esta presente en semillas secas.

La luz activa el fitocromo y este a su vez favorece la producción de giberelina estimulante de la germinación. La necesidad de luz en las semillas se reduce a medida que se acerca al nivel óptimo de la germinación. Las semillas son sensibles a la calidad, cantidad, dirección y duración de la luz.

2.15 Clases de germinación

Rodríguez (1985), menciona que el proceso de germinación no es uniforme en todas las semillas, existen dos tipos de germinación: germinación epigea e hipogea. Al mismo tiempo hay diferencias entre la germinación de semillas monocotiledóneas y dicotiledóneas, como la familia de las verbenaceae representa a las plantas dicotiledóneas.

Willan (1991), menciona las diferentes clases de germinación:

2.15.1 Germinación epigea

En la germinación epigea, tras la sujeción de la planta joven por la radícula se produce un rápido alargamiento del hipocótilo, que se arquea hacia arriba por encima de la superficie del suelo y después se endereza; al mismo tiempo, se hacen visibles los cotiledones y la plúmula, a los que puede estar todavía unida o no la cubierta seminal.

Después la plúmula se convierte en el tallo primario y las hojas fotosintéticas. Tras la germinación epigea los cotiledones tienen una función de almacenamiento de nutrientes, desempeñando también una valiosa función de fotosíntesis durante las primeras fases de crecimiento del germen.

2.15.2 Germinación hipogea

En la germinación hipogea, los cotiledones permanecen in situ enterrados o sobre el suelo mientras se produce el alargamiento de la plúmula. En la germinación hipogea los cotiledones tienen únicamente una función de almacenamiento de nutrientes.

2.16 Germinación de la semilla de teca

La germinación de *tectona grandis* es del tipo epigea y frecuentemente empieza de 10 a 12 días después de la siembra. Además los porcentajes de germinación varían considerablemente con valores reportados de entre el 10 y 80 por ciento (Weaver, 1993).

2.17 Fisiología de la semilla

2.17.1 Madurez fisiológica

Se entiende por madurez fisiológica a la serie de cambios morfológicos y funcionales que ocurren en las semillas desde el momento de la fertilización (fecundación), hasta el momento cuando están listas para ser cosechadas (Bernal 1980, citado por Cosme, 2002).

Delouche (1964), cita los principales cambios que ocurren en la semilla a medida que maduran:

- El contenido de humedad decrece.
- El tamaño de la semilla aumenta hasta en máximo, luego decrece levemente.
- En el momento que la semilla alcanza su máximo peso seco, llega a la madurez fisiológica.

- El vigor de las plántulas aumenta hasta alcanzar un máximo hasta el momento que el peso seco también es máximo, o sea cuando se alcanza la madurez fisiológica.

2.17.2 Fisiología Post-cosecha

Bernal (1980), citado por Cosme (2002), señala que, la maduración de la semilla y su germinación son eventos que generalmente están separados en el tiempo y en el espacio. Las semillas son resistentes a condiciones extremas cuando se encuentran en estado de desecación. En estas condiciones, las semillas retienen su poder de germinación por períodos relativamente largos de tiempo.

2.18 Latencia física de la semilla

Goitia (2003), señala que, la latencia física corresponde a una condición morfológica, que impide la germinación de la semillas, normalmente se relaciona con la conformación de la cubierta, manifestándose en ocasiones tan dura, que no permite el desarrollo del embrión, o bien tiene una condición restrictiva impermeable al paso de la humedad y los gases, indispensables para el inicio de la germinación.

Willan (1991), menciona que, la latencia natural presenta algunas ventajas. No sólo mejora las posibilidades de supervivencia de las semillas a unas condiciones temporalmente inadecuadas, como las que pueden darse durante el período que transcurre entre su recolección y su almacenamiento, por otro lado desventajoso por que enseguida se convertirá en condiciones demasiado duras para la supervivencia del delicado y joven germen.

2.18.1 Tipos de latencia en las semillas

Hartmann y Kester (1997), detallan los tipos de latencias:

a) Latencia por la cubierta de las semillas o exógena

- Latencia física. Característica de un gran número de especies de plantas, en las cuales la testa o secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla son

impermeables. El embrión está quiescente, pero se encuentra encerrado dentro de una cubierta impermeable que puede preservar las semillas con bajo contenido de humedad durante varios años, aún con temperaturas elevadas.

- Latencia mecánica. En ésta categoría las cubiertas de las semillas son demasiadas duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación. Probablemente éste factor no es la única causa de la latencia, ya en la mayoría de los casos se combina con otros tipos para retardar la germinación.
- Latencia química. Corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en el fruto o en las cubiertas de las semillas.

b) Latencia morfológica o endógena

Se presenta en aquellas familias de plantas, cuyas semillas, de manera característica en el embrión, no se han desarrollado por completo en la época de maduración. Como regla general, el crecimiento del embrión es favorecido por temperaturas cálidas, pero la respuesta puede ser complicada por la presencia de otros mecanismos de letargo. Dentro de ésta categoría hay dos grupos:

- Embriones rudimentarios. Se presenta en semillas cuyo embrión es apenas algo más que un proembrión embebido en un endosperma, al momento de la maduración del fruto. También en el endosperma existen inhibidores químicos de la germinación, que se vuelven en particular activos con altas temperaturas.
- Embriones no desarrollados. Algunas semillas, en la madurez del fruto tienen embriones poco desarrollados, con forma de torpedos, que pueden alcanzar un tamaño de hasta la mitad de la cavidad de la semilla. El crecimiento posterior del embrión se efectúa antes de la germinación.

c) Latencia Interna

En muchas especies la latencia es controlada internamente en el interior de los tejidos. En el control interno de la germinación están implicados dos fenómenos separados. El primero es el control ejercido por la semipermeabilidad de las cubiertas de

las semillas, y el segundo es un letargo presente en el embrión que se supera con exposición a enfriamiento en húmedo.

- Fisiológica. Corresponde a aquella en que la germinación es impedida por un mecanismo fisiológico inhibitorio.
- Interno intermedio. Esta latencia es inducida principalmente por las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundante. Este es característico de las coníferas.
- Del embrión. Se caracteriza principalmente porque para llegar a la germinación se requiere un período de enfriamiento en húmedo y por la incapacidad del embrión separado de germinar con normalidad.

d) Latencia combinada morfofisiológica

Consiste en la combinación de subdesarrollo del embrión con mecanismos fisiológicos inhibidores fuertes.

e) Latencia combinada exógena - endógena

Se denomina así a las diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpio con latencia fisiológica endógena. El Centro de Semillas en su etiqueta de venta detalla información acerca del lote, como procedencia, fecha de colecta, número de semillas por kilogramo, pureza (%), contenido de humedad (%), capacidad germinativa (%), y tratamiento. Este último indica de que manera terminar con la latencia de la semilla si es que existe.

2.18.2 Testa dura

Los integumentos del óvulo se convierten en la cubierta de la semilla madura. Esta cubierta consiste a veces en dos revestimientos distintos, una cubierta externa, típicamente firme, que es la testa, y otra interna, por lo general delgada y membranosa, que es el tegmen. La testa protege al contenido de la semilla de la desecación, los daños mecánicos o los ataques de hongos, bacterias e insectos, hasta que se abre en la germinación (Willan, 1991).

2.19 Tratamientos para superar el letargo de las semillas

2.19.1 Tratamientos pregerrminativos

Son técnicas que sirven para superar el bloqueo natural que impide la germinación o para uniformizar y mejorar la velocidad germinativa de la semilla, una de estas formas es la estratificación en arena, escarificación mecánica, remojo en agua, utilización de ácidos y hormonas vegetales (Goitia, 2003).

2.19.1.1 Escarificación

Patiño *et al.*, (1983), mencionan que la escarificación es cualquier proceso de romper, rayar, alterar mecánicamente o ablandar las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases.

2.19.1.2 Estratificación

Seino (1971), indica que la estratificación se realiza dentro de una cama de germinación humedecida a capacidad de campo, en donde las semillas son desparramadas de forma bastante espesa y se las cubre con el mismo sustrato de la cama germinadora.

2.19.2 Tratamientos pregerminativos en las semillas de teca

Perez y Barrosa (1993), mencionan dos métodos:

El primero consiste en sumergir la semilla en agua natural durante tres días y se seca al sol otros tres días; se repite esta operación y se procede a sembrar.

El segundo método consiste en extender los frutos sobre el semillero, en una capa de hasta 10 centímetros, y regarlos constantemente, sin sombreado y dejando que la semilla se seque al sol entre un riego y otro. Al iniciarse la germinación, conviene alternar los riegos y colocar un sombreado ligero al semillero. La semilla que va germinando por este método, puede utilizarse para camas de crecimiento o replantar a envases.

Geilfus (1994), indica esparcir los frutos-semillas de teca a pleno sol durante 8 días y mojándolos cada 2 días.

Lemckert *et al.*, (1980), citados por Cháves y Fonseca (1991), mencionan el mojado y secado alterno de los frutos-semillas de teca durante 15 días.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

3.1.1 Ubicación del área de estudio

El presente estudio de investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental de la localidad Sapecho, Alto Beni de la provincia Sud Yungas del departamento de La Paz.

Detallándose en el anexo 9, Sapecho geográficamente se encuentra ubicada a 15° 31° de latitud Sud y 67° 26° de longitud occidental, a una altitud aproximada de 450 m.s.n.m., distante a 235 Km. de la ciudad de La Paz (Estación Experimental de Sapecho IBTA, 1980, citado por el proyecto CUMAT – COTESU, 1985).

3.2 Descripción Agroecológica de la zona de Sapecho

De acuerdo a CUMAT - COTESU (1985), la descripción Agroecológica de la zona de Sapecho toma las siguientes características:

3.2.1 Ecología

Las zonas de vida de la región presentan un patrón de distribución paralelo al valle del río Alto Beni, zona de vida de bosque húmedo subtropical ocupándose y extendiéndose por las colinas circundantes hasta una altitud de 750 m.s.n.m. aproximadamente, siendo más específico la localidad de Sapecho se encuentra en la zona central del valle con topografía plana y suelos aluviales.

3.2.2 Clima

La situación latitudinal y altitudinal determinan que el clima del Alto Beni sea calido y húmedo. La temperatura media anual es de 24.9° C, y el promedio de precipitación pluvial es de 1.584 mm por año.

3.2.3 Suelo

La califican como un tipo de formación de llanura antigua, y la describen como suelos de pendiente suave, profundos y con peligros de anegamiento de mínimo a moderado.

3.3 Materiales

3.3.1 Material vegetal

Para el presente trabajo de investigación, se utilizaron semillas de teca (*Tectona grandis* L.), las cuales se obtuvieron de la cuarta sección municipal de la provincia Sud Yungas de Palos Blancos - Sapecho.

3.3.1.1 Características del material vegetal

Las semillas de teca recolectadas de la Estación Experimental de Sapecho, cuentan con bastantes diferencias en tamaño y peso, al respecto las semillas que se usaron durante el estudio fueron de un diámetro ecuatorial promedio de 11mm de longitud, con un peso promedio de 1.3 gr. por fruto - semilla.

3.3.1.2 Cosecha

La semilla de (*Tectona grandis* L.) fué cosechada por el personal obrero, utilizando 3 árboles semilleros maduros de la parcela de teca de la Estación Experimental en fecha 31 de agosto y 1 de septiembre de 2006, las mismas con las siguientes características; una altura promedio árbol de 19 m. y un diámetro altura de pecho (DAP) de 60 cm, árboles propios de los predios de la Estación Experimental de Sapecho perteneciente a la Universidad Mayor de San Andrés del departamento de La Paz, en una cantidad de 3 arrobas de frutos - semillas.

3.3.1.3 Aprovechamiento y Almacenamiento

Una vez cosechados los frutos, y para evitar cualquier daño en lo posterior en las semillas de teca, el personal obrero expuso las semillas bajo sol por el lapso de 1 día. Una vez ya seco los frutos (semillas) se procedieron posteriormente a su almacenaje dentro un cuarto semiventilado conteniéndose en unas bolsas de yute a una temperatura interior promedio ambiente de 14°C., para que luego se encuentren listas para su aprovechamiento en durante los tratamientos pregerminativos.

La capacidad de germinación de la semilla recién colectada es de 70 a 90 %, pero disminuye a menos del 40 % después de un año de almacenada al medio ambiente. Al respecto las semillas secas se ponen en recipientes bien cerrados y se guardan en lugares oscuros, secos y ventilados, a cuatro grados centígrados, su viabilidad puede prolongarse por más de un año (Perez y Barrosa, 1993).

3.3.2 Herramientas, materiales, equipos de laboratorio y de campo

Herramientas de trabajo

Palas, picotas
Azadón, machete
Tamizador, regaderas, baldes
Wincha, flexómetro con nivel

Alicate, martillo
Clavos, callapos
Guantes, escalera
Bolsas de repique

Insumos de campo

Tierra del lugar
Arena-lama
Aserrín descompuesto

Equipo de campo

Vernier
Cámara fotográfica
Termómetro ambiental

Insumo químico

Formol

Equipo y material de escritorio

Computadora, hojas

Equipo de laboratorio

Estereoscopio, mufla
Alicate, pinzas, lupas

Balanza de precisión

3.4 Metodología de campo

3.4.1 Sustrato

Se preparó una mezcla de suelo suelto con mucha capacidad de aireación, con 50 % de tierra del lugar, 30 % de arena-lama y 20 % de aserrín descompuesto.

Para este trabajo se acopió tierra del lugar a unos 15 a 20 cm de profundidad de la capa arable con una textura franco a franco arenoso proveniente del monte, así también se tuvo que acopiar arena-lama del río La Paz, además de traer el aserrín descompuesto de uno de los aserraderos de Sapecho, todo este material fueron recolectados casi cercanos a la Estación Experimental de Sapecho.

Una vez acopiado y mezclados los suelos tomando en cuenta que se encuentre libre de rastrojos, raíces y otros, se procedió al cernido del mismo haciendo uso de una malla metálica, asimismo previo a la obtención de plantines se hizo un análisis químico inicial, para que posteriormente al concluir la evaluación del estudio también se haga un análisis final de sustrato.

Al respecto según el IBTEN, (2008) indica mediante un análisis químico del sustrato utilizado para la obtención de plantines de teca, inicialmente mostró 0.50 % de (N), 27.29 % de (P) asimilable y 1.45 % de (K) intercambiable meq / 100 g. Al finalizar la evaluación en obtención de plantines, el análisis químico de sustrato que se obtuvo fué de: 0.27 % de (N), 27.23 % de (P) asimilable y 1.38 % de (K) intercambiable meq / 100 g., los mismos se observan en el anexo 6.

3.4.2 Tratamientos pregerminativos

3.4.2.1 Sin Tratamiento (T₀ testigo)

Se hizo uso de los frutos-semillas de teca las cuales no fueron objeto de ningún tratamiento, frente a los demás tratamientos pregerminativos, posteriormente se procedieron a sembrarlas directamente en (macetas) bolsas de repique.

3.4.2.2 Escarificación mecánica total (T₁)

Se procedió a la ruptura total del endocarpio, tomando en cuenta que en realidad es una especie de escarificación total, mediante golpes efectuados a nivel extremos polares del fruto con mucho cuidado con una piedra o un martillo, de tal manera que queden libres las almendras, que son propiamente las semillas que fueron objeto directamente de siembra en macetas (bolsas de repique).

* IBTEN, 2008. Análisis Químico de Suelos

3.4.2.3 Estratificación a la intemperie en aserrín (T₂)

Como se puede observar en el anexo 7, se colocaron los frutos-semillas muy juntos (lado a lado) sobre una capa de aserrín, una vez realizado aquello se procedió a cubrirlas con una capa delgada también de aserrín descompuesto, todo esto dentro una caja de madera, exponiéndolo al sol de forma permanente sobre una mesa de madera, donde se calculó una temperatura media de 28° C al interior de la caja, al cual se fué aplicando riego de forma diaria por las mañanas.

Previa observación del tratamiento, el mismo duró dos semanas, posterior a ello se realizó la siembra de las semillas.

3.4.2.4 Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua (T₃)

Como se logra observar en el anexo 7, se expusieron los frutos-semillas de forma amontonada sobre una placa metálica apoyados sobre una mesa de madera de forma permanente a la intemperie, removiéndolo cada vez que sea necesario, razón para que los rayos del sol lleguen a todos los frutos-semillas, procediendo a remojarlas con agua si es que era necesario de forma diaria durante las mañanas, tratamiento que duró dos semanas.

Expuestos los frutos-semillas a la intemperie, se calculó una temperatura media de 31°C al interior del montón, una vez realizado el tratamiento inmediatamente fueron sembradas.

3.4.3 Preparación de las almacigueras

Para este propósito se dispuso un espacio experimental de estudio en uno de los extremos del área de semisombra del vivero cubierto con malla zaranda a una altura de 2.10 m. sobre la superficie del suelo, donde estaban situados plantines de cacao y de especies forestales, como también macetas que estaban con abundante maleza.

Además se tomó en cuenta la accesibilidad de abundante agua para el riego correspondiente del cultivo. Para la utilización de este espacio fueron reubicados los plantines forestales y de cacao en otro de los extremos del área de semisombra del vivero, luego prosiguiendo a verter los sustratos de las macetas, la cual se encontraban enmalezadas para que posteriormente sean reutilizadas.

Una vez hecho esto se procedió a su acondicionamiento, con una orientación de este a oeste para prevenir que los rayos solares no produzcan quemaduras en las tiernas hojas.

Entre las actividades relacionadas se tomaron en cuenta: preparación inicial del terreno (eliminación de la vegetación, nivelación del terreno, sitio plano con 2 a 3 % de pendiente), para luego usando estacas, lienzo y un flexómetro con nivel, se trazaron 5 almacigueras de 2.76 m² cada una, es decir con una longitud de 4.60 m por un ancho de 0.60 m, y 0.60 m de pasillo, haciendo un total de 41.4 m² de área aprovechable de un total de 91.2 m² de área total.

3.4.4 Tratamiento y preparación del sustrato de las almacigueras

Terminando de construir las almacigueras (unidades experimentales), primeramente se procedió al vaciado de sustrato a las bolsas (macetas) de siembra, para posteriormente someterlas bajo un riego arduo de desinfección de una combinación de formol (1 lt de formol al 40% en 10 lt de agua), para que este químico cumpla su efecto sobre el sustrato contenidas en las macetas se procedió completamente a cubrirlas con una bolsa plástica manteniéndolas así durante 10 días (evitando la volatilización de los gases), transcurridos ese tiempo se mantuvo también otros 10 días descubierto para su venteado, técnica preventiva de enfermedades fungosas, patógenos y plagas. Una vez ya concluidas las almacigueras (parcela experimental), se procedió a su división para luego de forma aleatoria distribuir los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones.

3.4.5 Siembra del experimento

Como se logra observar en el anexo 7, una vez ya concluida la aplicación de las diferentes técnicas pregerminativas en las semillas, así como también ya hecha la desinfección de sustrato, y distribuidas de forma aleatoria los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones, se procedió a la siembra en fecha 07 de mayo de 2007, almacenando 210 semillas por tratamiento, es decir 840 semillas para todo el experimento. Cabe recordar que la siembra de las semillas se hizo de forma directa a las bolsas (macetas), tomando en cuenta una profundidad de 2 veces el tamaño de la semilla, aproximadamente 2 centímetros, al respecto en la práctica se siembran los frutos (Perez y Barrosa, 1993).

Inmediatamente después de la siembra, se procedió a un riego ligero, para que de esa manera las semillas encuentren las condiciones adecuadas para su germinación y posterior emergencia de las plántulas.

3.4.6 Labores culturales

3.4.6.1 Riego

La frecuencia de riego a las almacigueras se ajustó a las condiciones locales de la zona, es decir efectuándolo en la época seca. La siembra se produjo en el mes de mayo (inicio de época seca), pero con algunas irregularidades de fuertes precipitaciones de lluvias discontinuas. El riego se efectuó dos veces por semana, tomando en cuenta la necesidad del cultivo (en humedad de suelo).

3.4.6.2 Deshierbes

En las almacigueras el problema de competencia de las malezas es generalmente fuertemente agresiva para las plántulas, su eliminación desde el momento de la emergencia de las plántulas de teca es más aconsejable, lo cual se

considera una de las actividades más importantes dentro de los cuidados en el almacigo, esta labor se realizó 1 vez por semana de forma manual.

3.4.6.3 Control de enfermedades y plagas

Debido a la previa desinfección de sustrato antes de la siembra, no se produjo ningún problema de importancia económica en cuanto a enfermedades y plagas.

3.5 Indicadores de respuesta

3.5.1 Pureza Física

Para la correspondiente prueba de pureza física en semillas, en términos de porcentaje se tomó en cuenta la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Pureza} = \frac{\text{Peso de semilla pura}}{\text{Peso total de semilla original}} \times 100$$

Indicado según normas del ISTA (1973), para lo cual se hizo el pesaje correspondiente de las semillas, haciendo uso de una balanza digital electrónica de precisión.

3.5.2 Determinación del número de frutos-semillas en un kilogramo de peso

Procedimiento recomendado por la Oficina Regional de Semillas – La Paz, 2007, se hizo uso de una balanza digital electrónica de precisión, determinando el número de frutos-semillas puras presentes en un kilogramo de peso.

3.5.3 Sanidad de la semilla

Para facilitar el exámen de sanidad de las semillas, se sometieron a las mismas a una escarificación mecánica total, donde se las pudo detenidamente observar con una lente de aumento de 90 MM. Entre los aspectos se tomó en cuenta la presencia de mohos, semillas vacías y semillas deformes. Anderson y Leach (1962), recomienda para la correspondiente prueba del porcentaje de sanidad de la semilla, tomar en cuenta la siguiente formula:

$$\% \text{ Sanidad} = \frac{\text{Número de semillas sanas}}{\text{Número total de semillas}} \times 100$$

3.5.4 Humedad de la semilla

Para la determinación de contenido de humedad de las semillas de teca, primero se sometió a las mismas a una escarificación mecánica total, producto de esa acción se obtuvo las semillas desnudas, las cuales fueron llevadas a los predios del laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía para su respectiva observación.

Para el cálculo de contenido de humedad, se basó en uno de los métodos recomendados por el (ISTA, 1973) que consiste en el secado de la semilla en una mufla a una temperatura de 105°C por un lapso de tiempo de 2 horas. Así mismo tomando en cuenta cuatro réplicas cada una de 1 gr., se tomó en cuenta los valores de pesaje de las muestras antes y después del ensayo, para su uso en esta formula:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{PH} - \text{PS}}{\text{PS}} \times 100$$

PH = Peso Húmedo
PS = Peso Seco

* Oficina Regional de Semillas – La Paz, 2007. Comunicación personal

3.5.5 Viabilidad

Zalles (1988), concluye a la viabilidad como la capacidad potencial que posee una semilla para poder germinar, para su determinación se tomaron en cuenta la respuesta germinativa de las semillas producto de la aplicación de diferentes tratamientos, no dejando de lado el efecto que tuvo las condiciones de medio ambiente a las cuales estuvieron expuestas, las mismas favorables para su evaluación, razón por el cual se hizo un seguimiento de la germinación durante diferentes tiempos:

Del 20 de marzo al 05 de mayo de 2007 para el tratamiento (T₃ = Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua), del 20 de marzo al 13 de mayo de 2007 para el tratamiento (T₂ = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie) y del 27 de marzo al 02 de abril de 2007 para el tratamiento (T₁= Escarificación mecánica total, semillas sin testa) sembradas en aserrín descompuesto bajo sombra en un ambiente semi ventilado (habitación).

3.5.6 Energía germinativa

Justice (1972), citado por Cosme (2002), menciona que la energía germinativa es el poder o vigor en actividad que poseen las semillas para demostrar mejor su capacidad de germinación en un tiempo determinado, la misma se resume con la siguiente formula:

$$\text{Energía germinativa} = \frac{\text{Total Diario semillas germinadas hasta el \% GDM máx.}}{\text{Número total de semillas del ensayo}} \times 100$$

% GDM máx.= porcentaje de germinación diaria media maxima

3.5.7 Periodo de energía

Lohse (1997), entiende por periodo de energía germinativa, al tiempo en días que transcurren desde la siembra hasta el punto máximo del porcentaje diario medio de germinación de semillas.

3.6 Diseño Experimental

Para el presente trabajo de tesis se utilizó el diseño de bloques al azar, considerando un solo factor con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, recomendado por (Rojas, 2004). Al respecto mediante un croquis de la parcela experimental se lo pueden analizar en los anexos 4 y 7.

El sustrato utilizado fué uniformemente preparado, mezclando 50% tierra del lugar, 30% de lama y 20% de aserrín descompuesto.

Los tratamientos propuestos fueron los siguientes:

T₀: Sin ningún tratamiento (testigo)

T₁: Escarificación mecánica total (semillas sin testa)

T₂: Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie

T₃: Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua

3.6.1 Modelo Lineal Aditivo

$$X_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media poblacional

β_j = Efecto del j-esimo bloque (sol directa - semisombra)

α_i = Efecto del i-esimo tratamiento pregerminativo

ε_{ij} = Error experimental.

3.6.2 Dimensiones del área experimental

Área total del experimento	= 91.2 m ²
Área neta utilizada	= 41.4 m ²
Área de la unidad experimental	= 0.44 m ²
Número total de semillas para el experimento	= 840 semillas
Número de tratamientos	= 4 tratamientos
Número de repeticiones por tratamiento	= 5 repeticiones

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados de laboratorio (indicadores de respuesta), el comportamiento agroclimático de la zona y los resultados de campo (variables de respuesta) evaluados en el presente trabajo de investigación, comparando la respuesta germinativa de las semillas de teca sometidas bajo la aplicación de diferentes tratamientos.

4.1 Indicadores de Respuesta

Para obtener respuesta más verídica de estos indicadores sobre el análisis físico de las semillas de teca, se acudió al laboratorio especializado de la Oficina Regional de Semillas-La Paz, 2007, perteneciente al Programa Nacional de Semillas (P. N. S.)-Bolivia, donde se tomaron en cuenta: pureza física, número de semillas en un kilogramo, valor de germinación, energía germinativa, periodo de energía y porcentaje de sanidad de semillas.

Por otro lado también se acudió a la utilización de los materiales y equipos de laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la U. M. S. A. para el cálculo de porcentaje de humedad de las semillas. Para el cálculo de viabilidad de semillas de teca se tomó en cuenta a la emergencia en plántulas, producto de la aplicación de las semillas a pleno tratamiento.

4.1.1 Pureza Física

Tomando en cuenta los siguientes aspectos en pesos promedios de las muestras de frutos-semillas, facilitan la obtención del porcentaje de semilla pura, la cual se observa en el cuadro 2.

* Oficina Regional de Semillas – La Paz, 2007. Comunicación personal

Cuadro 2. Promedio de pesos de frutos-semillas de teca

	Peso de la muestra (gr.)	Peso de semilla pura (gr.)	Peso de material inerte (gr.)	Semilla pura (%)
PROMEDIO	855.5	854.1	1.4	99.8
S	134.9	134.1	0.9	

gr.= gramos
% = porcentaje
S = Desvío Estándar

$$\text{Porcentaje de pureza} = \frac{854.1}{855.5} \times 100 = 99.8 \%$$

Los resultados promedio obtenidos en el Cuadro 2 de un muestreo de cuatro repeticiones, reflejan los resultados de pureza física de los frutos-semillas alcanzando un valor de 99.8 %, lo que indica la ausencia o poca presencia de impurezas. Lamprecht (1990), indica que en el caso de su fruto, la teca tiene de 1 a 3 semillas, pudiendo a veces estar vacías, como también podridas y secas.

Al respecto 134.9 gr. de peso de las muestras varían entre si con relación a un promedio total de 855.5 gr. Asimismo 134.1 gr. de las muestras se desvían de 854.1 gr. como promedio de semilla pura, y además 0.9 gr. de peso de material inerte se desvían de un total promedio de 1.4 gr. Lo que nos indica que los valores de desvío estándar en pesos son muy bajos en términos de impurezas de frutos-semillas.

4.1.2 Número de frutos-semillas de teca en un kilogramo

Para obtener mejor respuesta sobre este indicador, se tomó en cuenta cuatro repeticiones, la cual se resume en un promedio observándose en el cuadro 3.

Cuadro 3. Número de frutos-semillas en un kilogramo

	Número de semillas en un kilogramo
PROMEDIO	1056
S	18.9

S = Desvío Estándar

En el Cuadro 3, se observa el promedio en número de frutos-semillas de teca en un kg de peso, alcanzando un valor de 1.056, al respecto Weaver (1993), indica que normalmente 1 kg contiene entre 800 y 1780 frutos-semillas, por tanto se puede concluir que el resultado obtenido es confiable.

Además cabe indicar que 18.9 (19) frutos-semillas varían en el peso de un kilogramo.

4.1.3 Porcentaje de sanidad

En el cuadro 4, se presenta los resultados obtenidos en promedio en número de semillas sanas y enfermas, producto del ensayo de cuatro repeticiones de 100 semillas, la cual ayudará a la obtención del porcentaje de sanidad de frutos-semillas.

Cuadro 4. Porcentaje de sanidad de semillas de teca

	Número de semillas ensayadas	Número de semillas sanas
PROMEDIO	100	64
S		13.3

S = Desvío Estándar

El resultado promedio obtenido en número de semillas sanas, sobre el número de semillas ensayadas, detalladas en el cuadro 4, fué de importancia para el siguiente cálculo:

$$\text{Porcentaje de sanidad} = \frac{64}{100} \times 100 \% = 64 \%$$

Interpretando este resultado producto de los datos del cuadro 4, se indica que el 64 % de semillas son sanas, de un total de cien semillas.

Al respecto existe una variabilidad de 13.3 (13) semillas sanas entre las muestras de las repeticiones con relación a 64 semillas sanas como promedio.

4.1.4 Contenido de humedad

En el cuadro 5, se muestra el valor promedio de peso inicial y final de las semillas de teca, los cuales fueron obtenidos de cuatro réplicas, valores que fueron útiles para el cálculo del porcentaje de humedad de las semillas.

Cuadro 5. Contenido de humedad de semillas de teca

	Peso inicial (gr.)	Peso final (gr.)
PROMEDIO	1.000	0.7825

gr.= gramos

Los valores promedios obtenidos en peso inicial y final de las semillas detalladas en el cuadro 5, fué de importancia para el siguiente cálculo:

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{1.000 - 0.7825}{1.000} \times 100 \% = 22 \%$$

El contenido de humedad porcentual que se obtuvo de las dos réplicas fué de 22%, al respecto Hartmann y Kester (1997), indican que el contenido de agua es un factor muy importante en el control de la germinación de la semilla, con menos del 40

ó 60% de agua en la semilla (con base en peso fresco), no se efectúa la germinación.

Viendo la necesidad de rehidratación de las semillas, razón es que fueron sometidas a la aplicación de los diferentes tratamientos pregerminativos con la alternancia de sequedad y humedad.

4.1.5 Porcentaje de viabilidad

Los resultados promedios obtenidos en porcentaje de viabilidad de las semillas de teca sometidas bajo la aplicación de los diferentes tratamientos pregerminativos, se resume en el cuadro 6 y anexo 2.

Cuadro 6. Porcentaje de viabilidad de semillas de teca

TRATAMIENTO	Número de semillas sembradas	Número de semillas viables	Porcentaje de viabilidad (%)
T ₀	1060	-	-
T ₁	1060	111	10.5
T ₂	1060	244	23
T ₃	1060	288	27

T₀= Sin tratamiento (testigo)

T₁= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).

T₂= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.

T₃= Exposición de frutos-semillas al sol y remojo con agua.

En el cuadro 6, se presenta los diferentes comportamientos de viabilidad de las semillas de teca sometidas bajo la aplicación de cuatro tratamientos pregerminativos, y para el cálculo de este se tomó en cuenta la germinación-emergencia en campo de las plántulas de teca.

El mayor porcentaje de viabilidad para el tratamiento pregerminativo (T₃ = Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua) con un valor de 27%, seguido del tratamiento (T₂ = Estratificación de frutos-semillas en aserrín

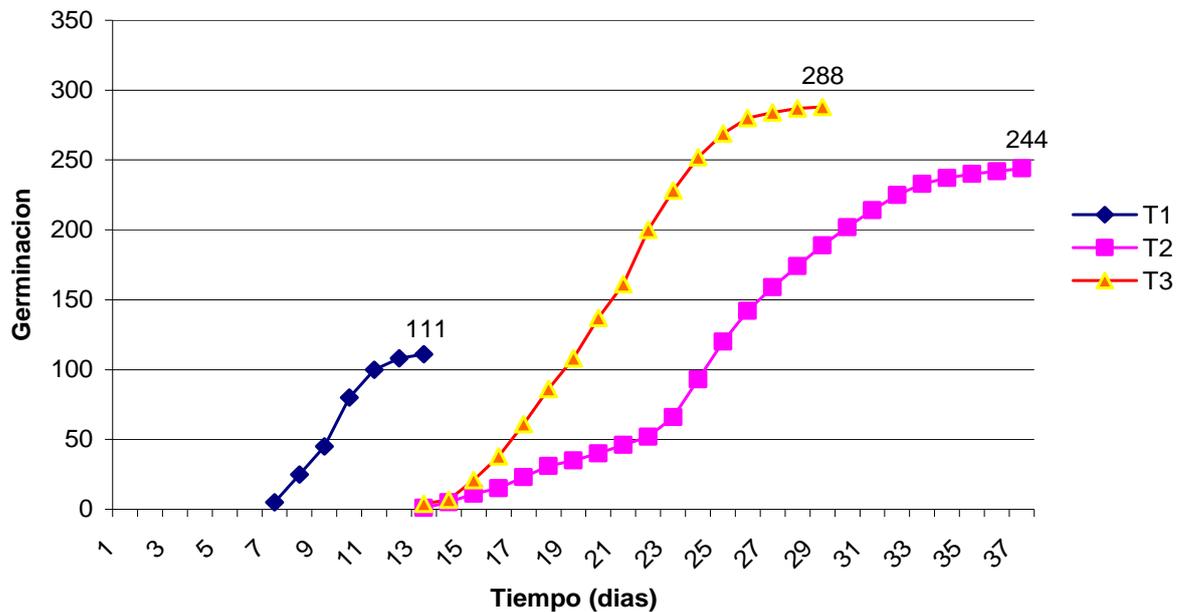
descompuesto a la intemperie) con un valor de 23%, quedando en último lugar el tratamiento (T_1 = Escarificación mecánica total, semillas sin testa) con un valor de 10.5%. Mientras tanto el tratamiento (T_0 = testigo) no reflejó evidencia alguna de vida.

Los resultados de viabilidad se deben a las condiciones de temperaturas medias y de humedad ambiente registradas en el momento de la aplicación de las técnicas pregerminativas, alcanzando valores de:

31°C de temperatura promedio y regadas tres veces por semana para el tratamiento (T_3 = Exposición de frutos semillas al sol y remojados con agua). 28°C de temperatura promedio y regadas tres veces por semana para el tratamiento (T_2 = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie). 18°C de temperatura promedio y regadas tres veces por semana para el tratamiento (T_1 = Escarificación mecánica total, semillas sin testa). Y 25°C de temperatura y regadas también tres veces por semana para el tratamiento (T_0 = testigo), las mismas que estuvieron sembradas en sustrato común de tierra del lugar.

Al respecto, en semillas de testa dura la germinación es muy sensible a la variación de la temperatura, de 30 a 35° C se presenta modificaciones en la estructura de sus capas lipídicas acelerando la actividad de aminoácidos y enzimas, y a su vez tomando efecto sobre alteraciones metabólicas (RENASER. UMSS-COSUDE, 1997).

También, para obtener los resultados anteriores se tuvo que esperar hasta el tiempo máximo en germinación-emergencia de semillas de teca las cuales estuvieron sometidas bajo la aplicación de diferentes tratamientos pregerminativos. Asimismo en la figura 4 se pueden observar sus respectivos comportamientos.



T1= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).
T2= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.
T3= Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua.

Figura 4. Comportamiento de la germinación de semillas de teca respecto a los días transcurridos durante la aplicación de diferentes tratamientos pregerminativos

En la figura 4, el tratamiento (T₁= Escarificación mecánica total, semillas sin testa), demuestra su comportamiento germinativo desde los 7 días de iniciado el tratamiento hasta los 13 días, el cual se lo demuestra mediante regresión:

$$\begin{aligned}
 r &= 0,99 & r^2 \times 100 &= 99\% \\
 b &= 19,5 & 100 - r^2 &= 1\% \\
 y &= - 127,6 + 19,5x
 \end{aligned}$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.99, lo que indica que existe una perfecta asociación con el tiempo, es decir a medida que transcurren los días mayor será el incremento de la germinación de semillas. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada día que transcurre en la evaluación se espera un incremento de 19.5 (19) semillas germinadas.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 99% de la variabilidad en el porcentaje de viabilidad se debe al tiempo transcurrido. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 1% de la variabilidad no tiene nada que ver con el tiempo transcurrido, si no mas bien se debe a otros factores como los del medio ambiente.

En la misma figura, se demuestra el comportamiento germinativo para el tratamiento (T_2 = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie), donde primeramente se tuvo que esperar 13 días de tratamiento para que se pueda demostrar el inicio de la germinación de sus semillas, es decir en total estuvo expuesto por 37 días de tratamiento, la cual se puede observar mediante regresión:

$$\begin{array}{ll} r = 0,98 & r^2 \times 100 = 96\% \\ b = 12.2 & 100 - r^2 = 4\% \\ y = - 184,15 + 12,2x & \end{array}$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.98, lo que indica que existe una perfecta asociación con el tiempo, es decir a más días que transcurren mayor será el incremento en la germinación de las semillas. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada día que transcurre en la evaluación se espera un incremento de 12.2 (12) semillas germinadas.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 96% de la variabilidad en el porcentaje de viabilidad se debe al tiempo transcurrido. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 4% de la variabilidad no tiene nada que ver con el tiempo transcurrido, si no mas bien se debe a otros factores como los del medio ambiente.

En la misma figura también, se demuestra los resultados del comportamiento germinativo de semillas para el tratamiento (T_3 = Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua), donde se tuvo que esperar 13 días también para que inicie su

germinación, es decir en total el tratamiento duró 29 días, la cual mediante regresión se lo puede analizar:

$$\begin{aligned} r &= 0,98 & r^2 \times 100 &= 96\% \\ b &= 21,2 & 100 - r^2 &= 4\% \\ y &= -85,94 + 21,2x \end{aligned}$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.98, indicando que existe una perfecta asociación con el tiempo, es decir a mayor tiempo que transcurre, mayor será la germinación de semillas. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada día que transcurre en la evaluación se espera un incremento de 21.2 (21) semillas germinadas.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 96% de la variabilidad en el porcentaje de viabilidad se debe al tiempo transcurrido. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 4% de la variabilidad no tiene nada que ver con el tiempo transcurrido, si no mas bien se debe a otros factores como los del medio ambiente.

Por otra parte el tratamiento ($T_0 =$ testigo) no dió evidencia alguna de germinación durante la evaluación, razón por la cual no se muestra en la figura anterior.

Al respecto Perez y Barrosa (1993), concluyen que para conocer la viabilidad de la semillas de teca, conviene hacer pruebas de germinación.

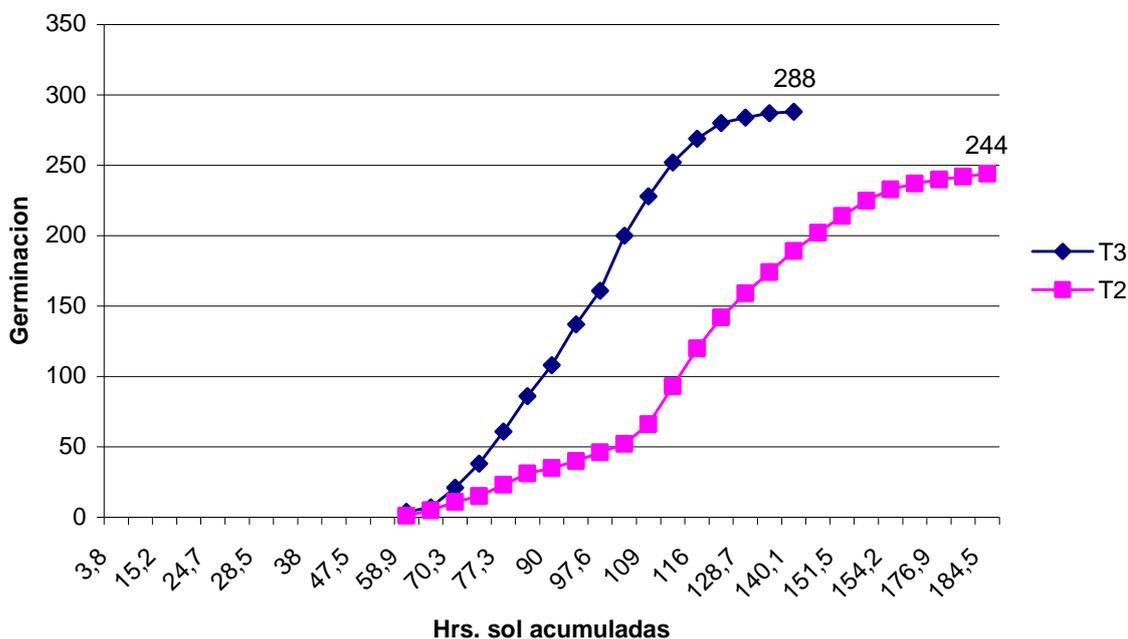
Weaver (1993), Menciona que los porcentajes de germinación de la teca varían considerablemente con valores reportados de entre el 10 y 80%. Por otra parte Lemckert (1980), citado por Cháves y Fonseca (1991), reporta de un 10 a 70% en germinación.

El mismo autor menciona que, en la India, investigadores en un estudio sobre origen de semillas de teca, concluyeron que la predicción del comportamiento de

diferentes procedencias de la teca es difícil, y que las semillas de origen local tenían una alta probabilidad de dar buenos resultados, pero no necesariamente los mejores, dentro del área de distribución natural de la teca. Asimismo, también según estudios llevados en Centroamérica, árboles de teca menores de 30 años de edad produjeron semillas de menor viabilidad que aquellos de mayor edad.

Cháves y Fonseca (1991), indican que la calidad genética de la semilla de teca puede mejorar gradualmente al eliminar con los aclareos los árboles mal formados.

Tomando en cuenta el efecto que tuvieron los días soleados durante la etapa de germinación para los tratamientos (T₃) y (T₂), en la figura 5 se analiza el comportamiento de horas sol acumuladas a las que estuvieron sometidas las semillas de teca.



T2= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.
T3= Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua.

Figura 5. Comportamiento de la germinación de semillas de teca respecto a las horas sol acumuladas de forma diaria durante la aplicación de diferentes tratamientos pregerminativos

En la figura 5, el tratamiento (T₂ = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie), demuestra su comportamiento germinativo mediante regresión:

$$\begin{aligned} r &= 1 & r^2 \times 100 &= 100 \% \\ b &= 2,8 \\ y &= -297,53 + 2,8x \end{aligned}$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 1, lo que indica que existe una perfecta asociación con las horas sol acumulado, es decir a mayores días en horas de sol acumulado, mayor será el incremento en la germinación de las semillas. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada día transcurrido en horas sol acumulado se espera un incremento de 2.8 (3) semillas germinadas.

Además el coeficiente de determinación (r² x 100) indica que el 100% de la variabilidad en el porcentaje de viabilidad se debe a las horas sol y acumuladas durante el tiempo de tratamiento.

En la misma figura también, se demuestra los resultados del comportamiento germinativo de semillas para el tratamiento (T₃= Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua) mediante regresión:

$$\begin{aligned} r &= 0,93 & r^2 \times 100 &= 86 \% \\ b &= 3,8 & 100 - r^2 &= 14\% \\ y &= -110,14 + 3,8x \end{aligned}$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.93, indicando que existe una asociación con las horas sol acumulado, es decir a mayores días en horas de sol acumulado, mayor será la germinación de las semillas. Asimismo el

coeficiente de regresión (b) indica que por cada día transcurrido en horas sol acumulado se espera un incremento de 3.8 (4) semillas germinadas.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 86% de la variabilidad en el porcentaje de viabilidad se debe a las horas sol acumuladas. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 14% de la variabilidad no tiene nada que ver con las horas sol acumuladas, si no mas bien se debe a otros factores del medioambiente y además el manejo propiamente dicho.

4.1.6 Energía germinativa

Tomando en cuenta el vigor germinativo y los días transcurridos desde la siembra de las semillas de teca previos a su respectivo tratamiento, los valores de energía germinativa se resumen en el cuadro 7 y anexo 2.

Cuadro 7. Energía germinativa de semillas de teca sometidas bajo la aplicación de diferentes tratamientos pregerminativos

Tratamientos Pregerminativos	Días desde la siembra	Energía Germinativa (%)
T ₀	-	-
T ₁	17	8.1
T ₂	21	20.1
T ₃	31	26

T₀= Sin tratamiento (testigo)

T₁= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).

T₂= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.

T₃= Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua.

El tratamiento (T₃: Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua) representa el valor más alto de 26 % de energía germinativa a los 31 días desde la siembra en comparación con los demás tratamientos, valor que significa que los frutos-semillas desarrollan mejor su vigor en actividad germinativa al ser sometido a este tratamiento. Mientras tanto los tratamientos (T₂: Estratificación de frutos-semillas

en aserrín descompuesto a la intemperie) y (T₁: Escarificación mecánica total, semillas sin testa), muestran valores de 20.1 y 8.1% a los 21 y 17 días desde la siembra, valores que significan que las semillas sometidas a previos tratamientos reducen su capacidad de energía para seguir germinando.

4.1.7 Periodo de energía

Con la obtención de este cálculo del comportamiento de los diferentes tratamientos a los que fueron sometidos los frutos-semillas se logró resaltar el tiempo que transcurre desde el primer día de siembra hasta llegar a su valor máximo de germinación diaria media, la cual se observa en el cuadro 8.

Cuadro 8. Periodo de energía de semillas de teca sometidas bajo la aplicación de diferentes tratamientos pregerminativos

Tratamientos Pregerminativos	Periodo de energía (días)
T ₀	-
T ₁	17
T ₂	27
T ₃	31

T₀= Sin tratamiento (testigo)

T₁= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).

T₂= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.

T₃= Exposición de frutos-semillas al sol y remojo con agua.

Con el valor obtenido de 31 días de periodo de energía para el tratamiento (T₃: Exposición de frutos-semillas al sol y remojo con agua), se puede mencionar que las frutos-semillas sometidos bajo este tratamiento muestran mayor tiempo de energía a comparación de los tratamientos T₂ y T₁, y las semillas toman su tiempo para demostrar completamente su vigor germinativo.

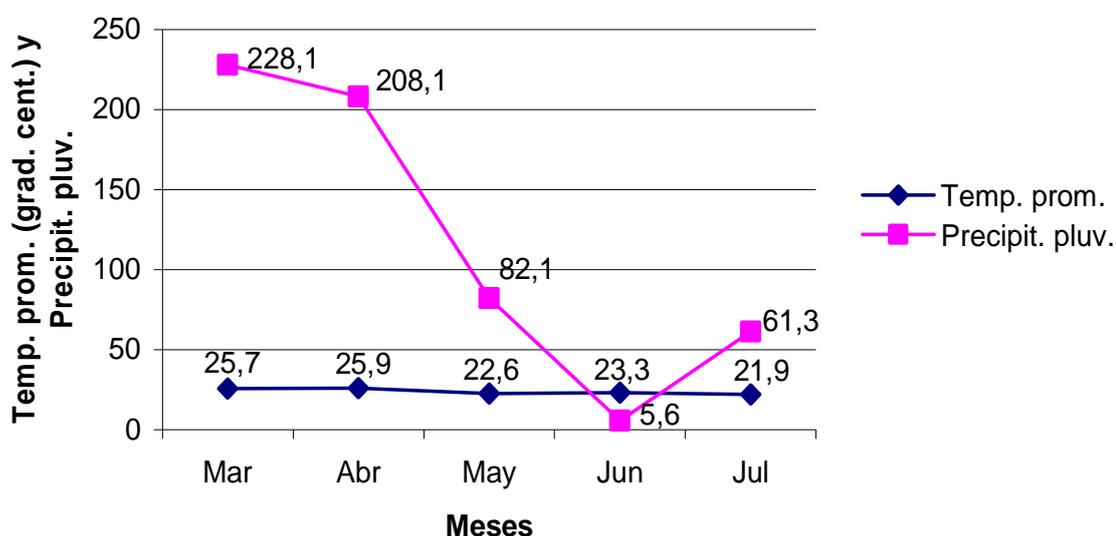
Mientras tanto los tratamientos (T₂: Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie) y (T₁: Escarificación mecánica total, semillas sin

testa), demuestran un periodo de energía menor a comparación del tratamiento 3, con valores de 27 y 17 días respectivamente, razón por la cual se puede señalar que las condiciones aplicadas durante el tratamiento 3, fueron las más apropiadas para poder demostrar el poder germinativo en un periodo de tiempo.

4.2 Comportamiento agroclimático

Los datos de comportamiento agroclimático tomados en cuenta para este trabajo de investigación fueron obtenidos de la estación meteorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), donde primeramente se detallan los comportamientos de temperatura y precipitación promedio registradas en la figura 6 y anexo 5.

En la Figura 6 y anexo 5, se presenta las variaciones de temperatura y precipitación promedio de la localidad de Sapecho.



Fuente: SENAMHI (2007)

Figura 6. Temperaturas y precipitaciones promedios registradas en Sapecho durante el periodo de estudio (2007).

En la figura 6, se observa que la temperatura promedio máxima alcanzó 25.9°C en el mes de abril, seguido de 25.7°C en el mes de mayo. Estas temperaturas no tuvieron incidencia negativa en el experimento, a razón porque las plántulas emergidas no daban muestra de alguna deficiencia. Por otra parte durante los tratamientos pregerminativos se pudo identificar 85 hrs sol, es decir entre la última

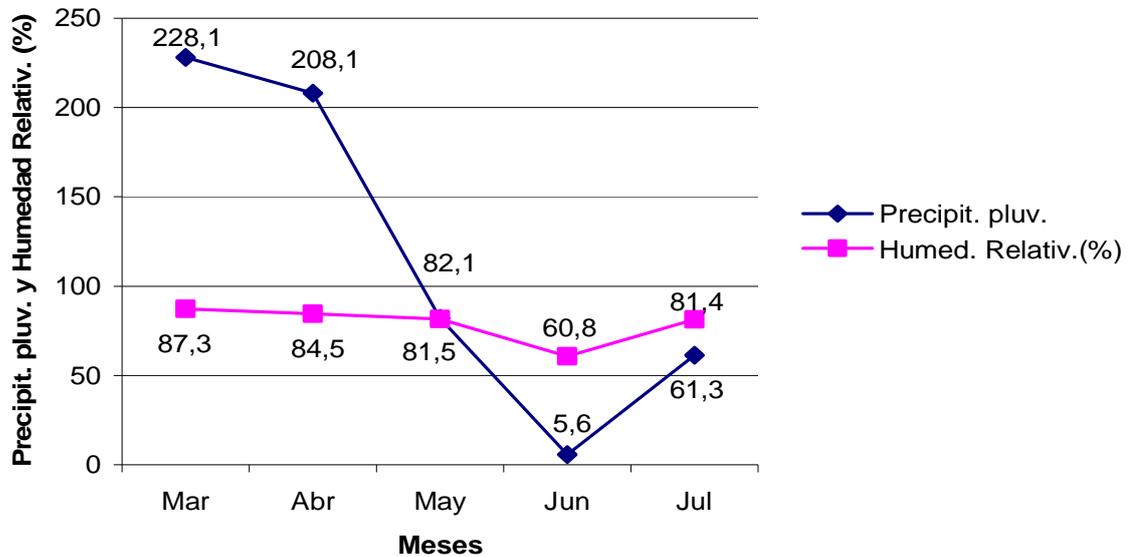
semana del mes de abril y la primera semana del mes de mayo, la cual también casualmente coincidió con la extensa temporada de lluvias (SENAMHI, 2007).

Por otra parte cabe recalcar que en el periodo de investigación las lluvias registradas en cada mes sucedieron con diferentes intensidades como se puede observar en la figura 6. Al respecto la precipitación pluvial ocurrida durante este periodo registró un total de 585.2 mm, la mayor precipitación se registró en los meses de marzo, abril y mayo con 228.1, 208.1 y 82,1 mm respectivamente. Las precipitaciones altas de los meses enunciados no favorecieron mucho en una de las actividades del trabajo de investigación, razón que coincidía con el periodo de siembra.

La menor precipitación fué registrada en el mes de junio con 5.6 mm, valor que permitió que se aproveche el acceso al agua de riego del vivero de la Estación Experimental, así beneficiando al crecimiento de las plántulas de teca y asegurando cubrir la deficiencia hídrica del cultivo.

Cabe también poder indicar que a pesar de existir diferentes intensidades de precipitación pluvial durante la etapa de estudio, el comportamiento de la temperatura registró un promedio de forma similar durante toda la etapa de estudio.

Por otra parte en la figura 7 y anexo 5, se presenta las variaciones de precipitación pluvial con respecto al porcentaje de humedad relativa de la localidad de Sapecho durante la etapa de estudio.



Fuente: SENAMHI (2007)

Figura 7. Variaciones de la Humedad relativa porcentual respecto a la precipitación pluvial, durante el periodo de estudio (2007).

En La figura 7, se observa que los mayores porcentajes de humedad relativa fueron reportadas en los meses de marzo y abril con 87.3 y 84.5 % respectivamente y el menor porcentaje de humedad relativa fué registrada en el mes de junio con 60.8%.

Asimismo también se puede indicar que a pesar de existir diferentes intensidades de precipitación pluvial durante toda la etapa de estudio, la humedad relativa mantuvo un comportamiento promedio relativamente homogéneo. Al respecto se puede indicar que la localidad de Sapecho – Alto Beni se considera de ambiente húmedo, es decir que los porcentajes de humedad relativa atmosférica alcanzados durante el año fluctúan de 60 a 80 % (SENAMHI, 2007).

4.3 Variables Agronómicas

Para dar respuesta al tema de investigación en la etapa de campo, primeramente se realizó un análisis estadístico para evaluar la siguiente variable de respuesta:

4.3.1 Emergencia

Para la determinación de esta variable se tuvo que realizar un conteo en número de plántulas emergidas por cada tratamiento durante 30 días de iniciada la emergencia, seguidamente para poder distinguir los diferentes efectos de los tratamientos se efectuó un análisis de varianza para los datos tomados (cuadro 9 y anexo 1), las medias de los tratamientos se analizaron con la Prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la emergencia de los plantines

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	Pr > F
BLOQ	4	7.513	1.878	2.92	0.0671 ns
TRAT	3	367.109	122.369	190.14	0.0001 *
Error	12	7.723	0.643		
Total	19	382.345			

C. V. = 10.94 %

ns = No significativo

* = Significativo al nivel de 5%

El análisis de varianza de emergencia, mostró un coeficiente de variación de 10.94 %, resultado que indica que los datos son confiables, ya que se encuentra por debajo del 30% (Calzada, 1970).

Por otra parte no se encontró diferencias significativas entre bloques, lo cual indica que los bloques que estuvieron expuestos al sol durante su salida por las mañanas no tuvieron efecto en la emergencia de plantines. Sin embargo se encontró

diferencias significativas entre los tratamientos, lo cual indica que la aplicación de estas técnicas pregerminativas si afectan a la emergencia de las plántulas.

- Comparación de medias de la emergencia de plántulas de teca para los diferentes tratamientos.

Según el análisis de varianza del cuadro 9, se determinó que la diferencia entre los tratamientos pregerminativos en efecto para la emergencia es significativa, cuyas medias se analizan en el cuadro 10 y figura 8 mediante la prueba de Duncan, a un nivel de significancia del 5%.

Cuadro 10. Comparación de medias de emergencia de plantines de teca para los diferentes tratamientos

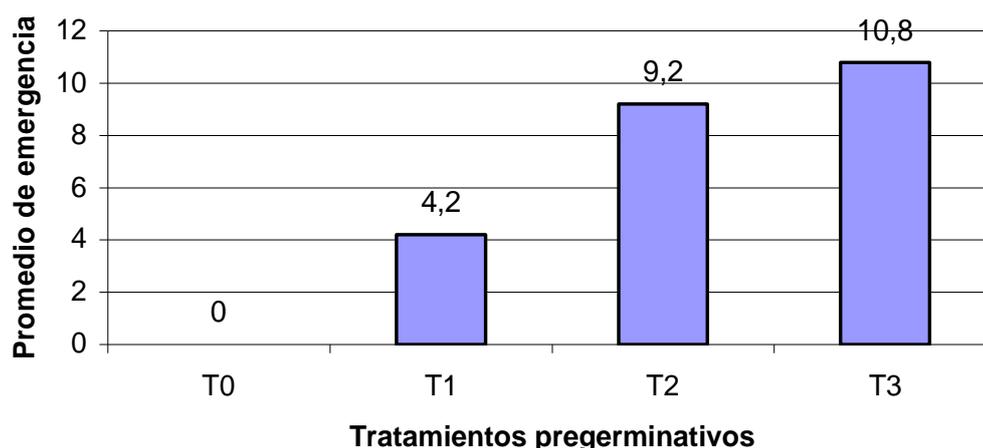
Tratamientos pregerminativos	Promedio de emergencia	Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$)
T₃ = Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua	10.8	a
T₂ = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie	9.2	b
T₁ = Escarificación mecánica total, (semillas sin testa)	4.2	c
T₀ = Sin tratamiento (testigo)	0.0	d

Comparando los resultados obtenidos del cuadro 10 y figura 8, el tratamiento (T₃= Exposición de frutos semillas al sol y remojados con agua) muestra un mayor porcentaje de emergencia de 10.8 %, seguido del tratamiento (T₂= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie) con 9.2 %, debido a que se consideran tratamientos nada torpes en romper el carozo protector de las semillas durante su germinación. Además del efecto de estrés causado en alternancia de sequedad y humedad en las semillas durante los tratamientos, influyeron favoreciendo en la emergencia.

Al respecto Willan (1991), considera muy eficaz la aplicación de alternar sequedad y humedad sobre semillas de teca en climas cálidos. Esta alternancia sobre los tratamientos T₃ y T₂, lograron la activación de fitohormonas principales como giberelinas y citoquininas, a lo que respecta a Bosque (2002), que estos estimulan a la elongación celular afectando a la dormancia de las semillas.

Mientras tanto el (T₀ = testigo), no mostró signos de emergencia de sus plántulas, razón atribuible de que las semillas de teca para su aprovechamiento requiere de algún tratamiento pregerminativo.

La diferencia atribuible entre los promedios de emergencia para los diferentes tratamientos, se analizan en la figura 8.



T3= Exposición de frutos-semillas al sol y remojo con agua
T2= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie
T1= Escarificación total, semillas sin testa
T0= Sin tratamiento (testigo)

Figura 8. Promedio de emergencia de plántulas de teca para los tratamientos pregerminativos

El tratamiento (T₃ = Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua), reporta el mayor promedio de emergencia alcanzando un valor de 10.8 (11) plantines en comparación a los demás tratamientos, debido a una temperatura de

31°C generada en el interior del montón de los frutos-semillas, efecto de calentamiento causado por los rayos del sol dados en forma directa, como también a la suficiente humedad existente durante el tratamiento. La luminosidad y exposición a la luz natural reduce la latencia (Pastrana, 2004).

Con respecto al tratamiento (T_2 = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie) que alcanzó un valor promedio de emergencia de 9.2 debido que el aserrín concentró una temperatura con un calor interior de 28°C y también bastante humedad, mientras tanto para el tratamiento (T_1 = Escarificación mecánica total, semillas sin testa), respondió un 4.2 promedio de emergencia, valor muy bajo, a pesar en cuanto se realizó el tratamiento se tuvo bastante cuidado de no malograr las semillas, tomando en cuenta que el factor más importante de latencia estuvo superada. Mientras tanto para el (T_0 = testigo) durante la evaluación no emergió ninguna plántula. Al respecto, cuando la semilla presenta latencia a su condición morfológica impide su rápida germinación (Goitia, 2003).

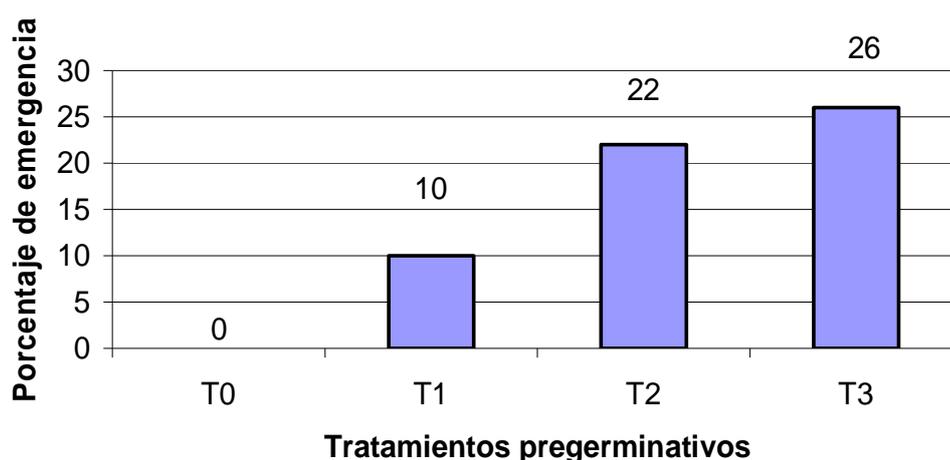
Weaver (1993), asume que las semillas propias de lugares con mayor humedad atmosférica se comportan por lo usual mejor que aquellas de regiones secas. Por contraparte al estudio llevado de las semillas originarias de bosques secos parecen germinar con mayor facilidad que aquellas originarias de áreas húmedas, pero su porcentaje de germinación es baja. Sin embargo, la alta humedad atmosférica, así como el alto contenido de humedad en las semillas, acortan la vida de almacenamiento de las semillas.

Las excesivas precipitaciones pluviales durante el trabajo de investigación no fueron muy favorables en el porcentaje de emergencia, una pequeña ventaja se asume para el tratamiento (T_1 = Escarificación mecánica total, semillas sin testa), a razón que en sustrato húmedo ninguna plaga se apareció para comer a las almendras (semillas), al respecto Perez y Barrosa (1993), concluye que las almendras por ser tan pequeñas y aceitosas son apetecibles por las hormigas.

Por otro lado durante la temporada de lluvias, una de las desventajas también fué que el sustrato de siembra se saturaba de agua, a pesar de que estuvo protegida con una malla semisombra y asimismo se lo cubría con hojas de palmeras. Al respecto, para asegurar la emergencia rápida es necesario que la semilla este rodeada de tierra suelta y suficiente humedad (Pastrana, 2007).

- Comparación del porcentaje de emergencia de plántulas para los tratamientos.

Según los resultados obtenidos en comparación del porcentaje de emergencia entre los diferentes tratamientos, se puede asumir que hay diferencias significativas entre los mismos, lo que amerita hacer un análisis de los resultados los cuales se observan en la figura 9 y anexo 6.



T3= Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua.
T2= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.
T1= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).
T0= Sin tratamiento (Testigo)

Figura 9. Porcentaje de emergencia de las plantines de teca para los diferentes tratamientos

El mayor porcentaje de emergencia para el tratamiento pregerminativo (T₃ = Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua) con un valor de 26 %, seguido del tratamiento (T₂ = Estratificación de frutos-semillas en aserrín

descompuesto a la intemperie) con un valor de 22 %, en tercer lugar el tratamiento (T_1 = Escarificación mecánica total, semillas sin testa) con un valor de 10 %, y quedando en último lugar el testigo (T_0 = Sin ningún tratamiento) con respuesta nula en términos de porcentaje de emergencia.

A pesar que los resultados del porcentaje de emergencia de las plántulas no son considerados para cualquier tipo de producción intensiva y/o extensiva se tuvo que asumirlos, razón que durante la etapa de investigación en campo se repitió cuatro veces consecutivas los ensayos de tesis y los resultados que se observaron fueron los mismos.

Al respecto Perez y Barrosa (1993), indica que la capacidad de germinación de la semilla recién colectada es de 70 a 90%, pero disminuye a menos del 40% después de un año de almacenada al medio ambiente

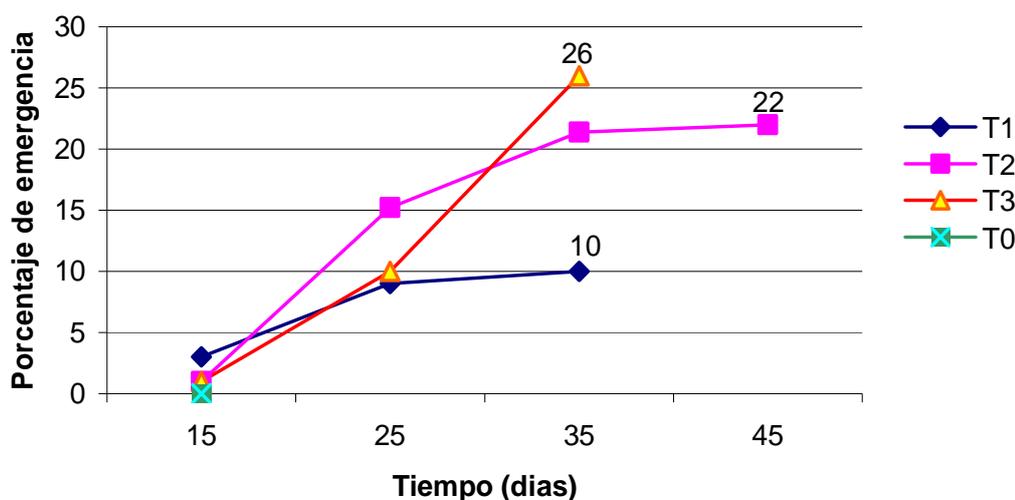
Por otra parte Weaver (1993), menciona que, la teca es principalmente una especie de polinización cruzada. La incompatibilidad con sí misma es alta. Las frutas resultantes de la auto-polinización pueden ocurrir, pero su germinación es pobre comparada a las de las frutas resultantes de polinización cruzada.

Asimismo, Kemp (1975), citado por Willan (1991), menciona que, cuando las semillas han perdido gran parte de su viabilidad antes de almacenarse, ni siquiera con el mejor tratamiento en la instalación se obtendrán más que unos resultados pobres en germinación. Por consiguiente, es esencial efectuar por adelantado una planificación cuidadosa que permita controlar de la manera más estrecha posible la identidad y salud de la semilla en todas las fases de su manejo.

Al respecto, Goitia (2003), indica que, la longevidad de las semillas es muy variable dependiendo de la especie. Ejemplo la mara o caoba, que después de tres meses su porcentaje de viabilidad baja considerablemente de 90 a 70%. Asimismo aproximadamente los árboles de 40 años de vida promedio pierden gran parte de su capacidad genética al producir semillas (FAO - UNASYLVA, 2000).

- Comportamiento del porcentaje de emergencia para los tratamientos pregerminativos

Según el seguimiento evaluativo para el porcentaje de emergencia los diferentes tratamientos se comportaron de la siguiente forma, haciendo una prueba de regresión y comparación observándose en las figuras 10 y 11.



T1= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).
T2= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.
T3= Exposición de frutos-semillas al sol y remojo con agua.
T0= Sin tratamiento (testigo)

Figura 10. Regresión del porcentaje de plántulas de teca emergidas para los tratamientos

En la figura 10, el tratamiento (T₁ = Escarificación mecánica total, semillas sin testa), demuestra su comportamiento en porcentaje de emergencia de plántulas mediante regresión:

$$\begin{aligned} r &= 0,9 & r^2 \times 100 &= 90\% \\ b &= 0,06 & 100 - r^2 &= 10\% \\ y &= 5,8 + 0,06x \end{aligned}$$

El mismo presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.9, lo que indica que existe una asociación con el tiempo, es decir a medida que transcurre el tiempo

durante la etapa de almacigado de semillas mayor será el porcentaje de plántulas emergidas. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada día que transcurre en la evaluación se espera un incremento de 0.06% de emergencia.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 90% de la variabilidad en el porcentaje de emergencia se debe al tiempo transcurrido. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 10% de la variabilidad no tiene nada que ver con el tiempo transcurrido durante la etapa de almacigado, si no mas bien se debe a factores del medioambiente y además el manejo propiamente dicho.

En la misma figura, el tratamiento (T_2 = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie), presenta los resultados del porcentaje de emergencia de plantines mediante regresión:

$$\begin{array}{ll} r = 0,91 & r^2 \times 100 = 91\% \\ b = 0,87 & 100 - r^2 = 9\% \\ y = - 11,3 + 0,87x \end{array}$$

El mismo presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.91, lo que indica que existe una asociación con el tiempo, es decir a mayor tiempo que transcurre durante la etapa de campo (almacigado de semillas) mayor será el porcentaje de plántulas emergidas. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada día que transcurre en la evaluación se espera un incremento de 0.87% de emergencia.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 91% de la variabilidad en el porcentaje de emergencia se debe al tiempo transcurrido. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 9% de la variabilidad no tiene nada que ver con el tiempo transcurrido durante la etapa de almacigado, si no mas bien se debe a factores del medioambiente.

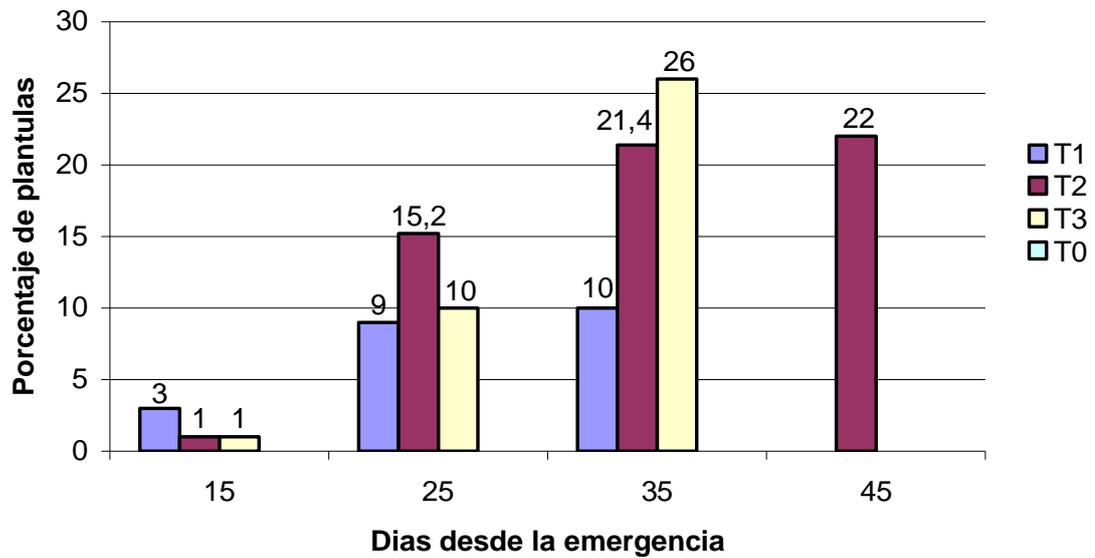
También en la misma figura, se demuestra los resultados mediante regresión del porcentaje de emergencia de plántulas para el tratamiento (T₃ = Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua):

$$\begin{array}{ll} r = 0,98 & r^2 \times 100 = 98\% \\ b = 1,2 & 100 - r^2 = 2\% \\ y = -17,7 + 1,2x & \end{array}$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.98, lo que indica que existe una perfecta asociación con el tiempo, es decir a mayor tiempo que transcurre durante la etapa de campo (almacigado de semillas) mayor será el porcentaje de plántulas emergidas. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada día que transcurre en la evaluación se espera un incremento de 1.2 % de emergencia.

De esta forma el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 98% de la variabilidad en el porcentaje de emergencia se debe al tiempo transcurrido. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 2% de la variabilidad no tiene nada que ver con el tiempo transcurrido durante la etapa de almacigado, si no mas bien se debe a factores del medioambiente.

Realizando el seguimiento de emergencia durante 30 días, tomando un parámetro de 10 días para su evaluación, los tratamientos tuvieron diferentes comportamientos en términos de porcentaje, el cual se observa en la figura 11.



T1= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).
T2= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.
T3= Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua.
T0= Sin tratamiento (testigo)

Figura 11. Comportamiento del porcentaje de emergencia de plántulas de teca para los tratamientos

En la figura 11, tomando en cuenta los valores crecientes del tratamiento 1, se puede indicar que los mismos ascendieron de 3 hasta 10 plántulas emergidas, mientras tanto con el tratamiento 2, se obtuvo desde 1 hasta 22 plántulas, y por último el tratamiento 3 respondiendo mejor que los demás tratamientos alcanzando de 1 a 26 plántulas, por otra parte el (T₀ = testigo) no tuvo respuesta en términos de emergencia, esta comparación se la hizo desde los 15 hasta los 45 días de iniciada la emergencia.

4.3.2 Altura de planta (cm.)

Para la determinación de esta variable se realizó un muestreo de 15 plantines por cada tratamiento durante 50 días, iniciándose de los 23 hasta los 73 días desde la emergencia, tomando en cuenta un parámetro evaluativo de 10 días viendo que la emergencia de las plantines no fué tan representativa en el momento de la toma de datos, a las cuales se midieron sus alturas desde el cuello hasta la parte más alta de la planta (hoja), haciendo uso de una regla milimétrica, posteriormente se realizó un análisis de varianza para los datos tomados (cuadro 11 y anexo 1), las medias de los tratamientos se analizaron con la Prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

Cuadro 11. Análisis de varianza para altura de planta

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	Pr > F
BLOQ	4	4.358	1.089	2.15	0.1366 ns
TRAT	3	157.473	52.491	103.70	0.0001 *
Error	12	6.074	0.506		
Total	19	167.905			

C. V. = 14.93 %

ns = No significativo

* = Significativo al nivel de 5%

En el cuadro 11 de análisis de varianza se destacó para altura de planta un coeficiente de variación de 14.93 %, indicando que los datos son confiables, por encontrarse debajo del 30%, siendo este el límite de confiabilidad (Calzada, 1970).

Con respecto a los bloques, la diferencia no fué significativa, lo cual quiere decir que la cubierta (malla semisombra) al ser uniforme para toda la parcela experimental no tuvo efecto sobre el comportamiento en el crecimiento en altura de planta. Al respecto la teca es una especie de luz, por ello pertenece al grupo de las heliófitas, no tolera la sombra ni la supresión en ninguna fase de su ciclo vital y para conseguir un desarrollo adecuado requiere que no se impida el paso de luz desde arriba (Shoji, 2002).

Por otro lado, se obtuvo diferencia significativa entre los diferentes tratamientos indicando que si afectan a la altura de planta, a razón que la germinación de las semillas de teca no son nada uniforme.

- Altura de planta para los diferentes tratamientos pregerminativos.

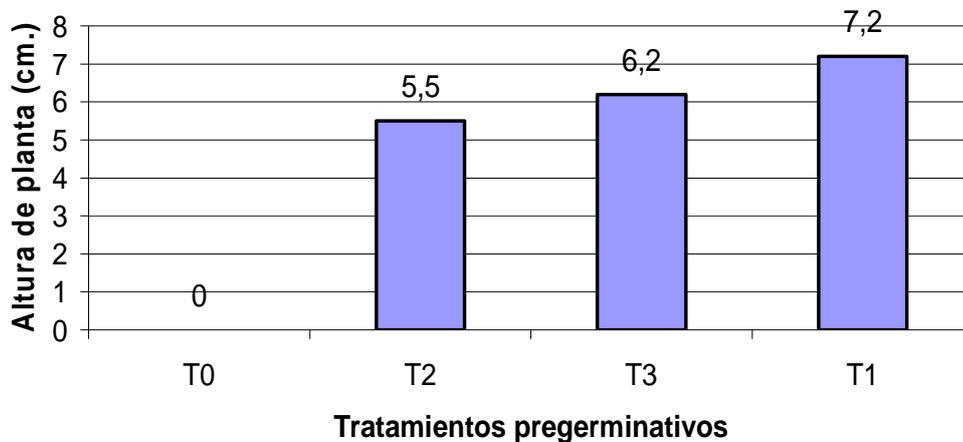
Con relación a los tratamientos también se mostraron diferencias estadísticas, para lo cual las medias de los tratamientos se analizaron con la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%, las cuales se observan en el cuadro 12 y figura 12.

Cuadro 12. Comparación de medias de altura de planta a los 73 días desde el inicio de la emergencia de plantines para los diferentes tratamientos

Tratamientos pregerminativos	Altura de planta (cm.)	Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$)
T₁ = Escarificación mecánica total (semillas sin testa)	7.2	a
T₃ = Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua	6.2	b
T₂ = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie	5.5	b
T₀ = Sin tratamiento (testigo)	0.0	c

cm. = centímetros

En la prueba de medias del cuadro 12 y figura 12, para el tratamiento (T₁= Escarificación mecánica total, semillas sin testa) muestra una mayor altura de planta, alcanzando un valor de 7.2 cm, seguido del tratamiento (T₃= Exposición de frutos semillas al sol y remojados con agua) con 6.2 cm, en cambio el tratamiento (T₂= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie) con 5.5 cm. en altura de planta.



T1= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).
 T3= Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua.
 T2= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.
 T0= Sin tratamiento (testigo).

Figura 12. Altura de planta promedio (cm.) para los diferentes tratamientos

Según los datos obtenidos, la diferencia de valores en altura de planta en (cm.) fué muy leve entre los diferentes tratamientos.

En cuanto a la altura de planta, se tuvo una altura promedio producto de la sumatoria de los tres tratamientos un valor de 6.3 cm, además se observaron que los tratamientos tuvieron diferencias en su comportamiento en cuanto a esta variable, deduciéndose que los factores de temperatura generada por la llegada del sol indirecto y humedad ambiente fueron favorables para el desarrollo del cultivo en parte de su ciclo vegetativo, observándose producto de aquellos factores plantas erectas con tallos delgados pero firmes y hojas densas. Al respecto la planta debe absorber luz para expresar su fototropismo, lo cual incide en su crecimiento y desarrollo (Lira, 1994).

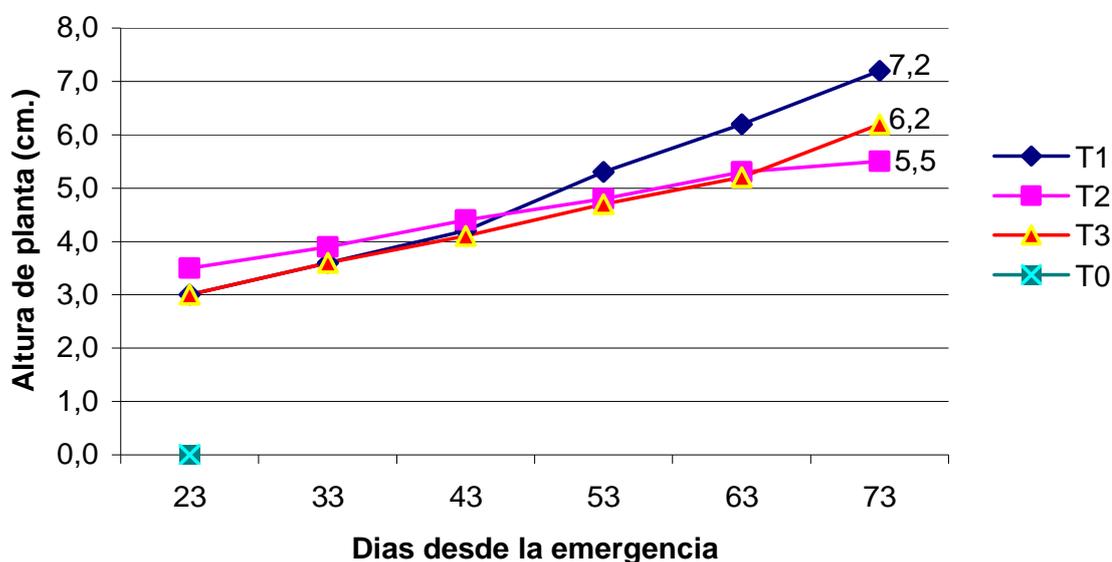
Al respecto cabe indicar que *tectona grandis* es exigente de luz vertical, el control de este factor dará como resultados un buen desarrollo inicial de las plantitas (Fonseca y Heredia, 2004).

Asimismo se puede indicar que la riqueza mineral disponible para la absorción de las plantas es muy primordial, es así que, el fósforo tiene una gran influencia en la primera fase de crecimiento de las plantas (Lira, 1994)

Por contraparte para el tratamiento (T₀ = testigo), se considera un método antiguo el realizar la siembra directa de semillas de teca sin previo tratamiento, caracterizándose por un crecimiento lento de las plántulas resultantes (Weaver, 1993).

- Comportamiento de la altura de planta promedio en (cm.) para los tratamientos

Según el seguimiento evaluativo para altura de planta, los tratamientos se comportaron de la siguiente manera, haciendo una prueba de regresión y comparación observándose en las figuras 13 y 14.



T1= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).
T2= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.
T3= Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua.
T0= Sin tratamiento (testigo)

Figura 13. Regresión de altura de planta en (cm.) para los tratamientos

En la figura 13, el tratamiento (T₁= Escarificación mecánica total, semillas sin testa), demuestra su comportamiento en altura de planta en centímetros mediante regresión:

$$\begin{aligned} r &= 0,99 & r^2 \times 100 &= 98\% \\ b &= 0,08 & 100 - r^2 &= 2\% \\ y &= 1,08 + 0,08x \end{aligned}$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.99, lo que indica que existe una perfecta asociación con el tiempo, es decir a medida que transcurre el tiempo mayor será el incremento en el tamaño de los plantines. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada día que transcurre en la evaluación se espera un incremento de 0.08 cm en el tamaño de la planta.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 98% de la variabilidad en el crecimiento en altura de planta se debe al tiempo transcurrido. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 2% de la variabilidad no tiene nada que ver con el tiempo transcurrido, si no mas bien se debe a factores del medioambiente.

En la misma figura, se demuestra el comportamiento en altura de planta mediante regresión para el tratamiento (T₂= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie):

$$\begin{aligned} r &= 0,99 & r^2 \times 100 &= 99\% \\ b &= 0,042 & 100 - r^2 &= 1\% \\ y &= 2,58 + 0,042x \end{aligned}$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.99, lo que indica que existe una perfecta asociación con el tiempo, es decir a mayor tiempo que transcurre mayor será el crecimiento en altura de planta. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada día que transcurre en la evaluación se espera un incremento de 0.042 cm en la altura de planta.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 99% de la variabilidad en el crecimiento en altura de planta se debe al tiempo transcurrido. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 1% de la variabilidad no tiene nada que ver con el tiempo transcurrido, si no mas bien se debe a factores del medioambiente.

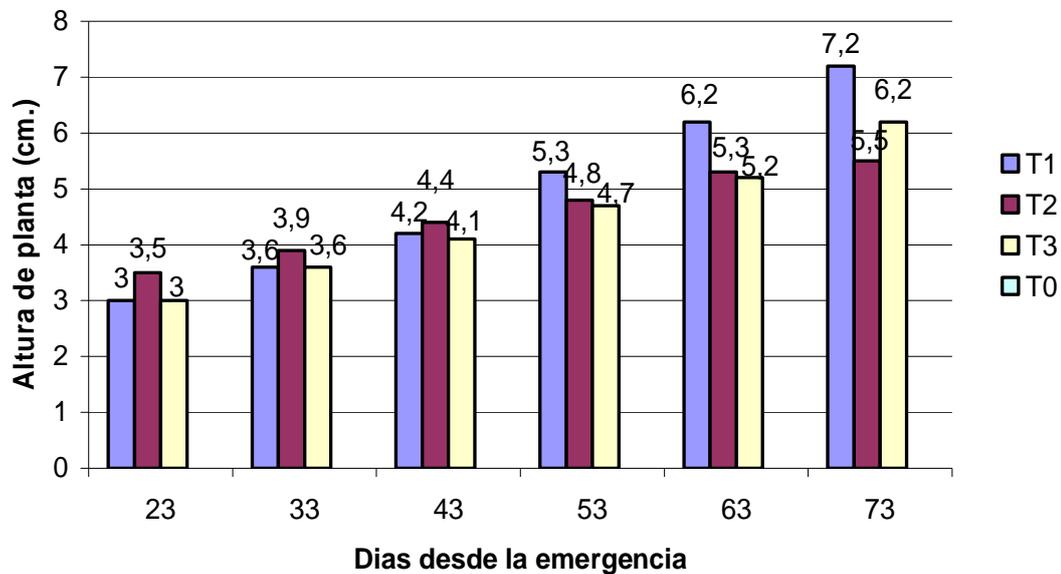
En la misma figura también, se demuestra los resultados mediante regresión del comportamiento en altura de planta para el tratamiento (T₃= Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua):

$$\begin{array}{ll} r = 0,99 & r^2 \times 100 = 99\% \\ b = 0,061 & 100 - r^2 = 1\% \\ y = 1,57 + 0,061x & \end{array}$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.009, indicando que existe una asociación con el tiempo, es decir a mayor tiempo que transcurre, mayor será el incremento en altura de planta. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada día que transcurre en la evaluación se espera un incremento de 0.061 cm en altura de planta.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 99% de la variabilidad en el crecimiento en altura de planta se debe al tiempo transcurrido. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 1% de la variabilidad no tiene nada que ver con el tiempo transcurrido, si no mas bien se debe a factores del medioambiente.

Mediante un seguimiento evaluativo para altura de planta durante 50 días, tomando un parámetro de 10 días para su evaluación, los tratamientos tuvieron comportamientos diferentes, la cual se observa en la figura 14.



T1= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).
T2= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.
T3= Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua.
T0= Sin tratamiento (testigo)

Figura 14. Comportamiento en el crecimiento promedio de altura de planta en (cm.) para los tratamientos

En la figura 14, haciendo un seguimiento en el comportamiento de altura de planta en (cm.) para los diferentes tratamientos, durante 50 días; el tratamiento 1 manifestó un mayor ascenso a comparación de los demás tratamientos en el crecimiento en longitud de raíz, alcanzando de 3.0 a 7.2 cm, para el tratamiento 2 aumentó de 3.5 a 5.5 cm, mientras tanto para el tratamiento 3 ascendió de 3.0 a 6.2 cm, todo esto desde los 23 a 73 días desde la emergencia. Por otra parte el comportamiento del (T₀ = testigo) no se manifestó debido a que sus semillas no germinaron.

4.3.3 Longitud de raíz (cm.)

Para el análisis de varianza de longitud de raíz, se realizó un muestreo de 15 plantines por cada tratamiento durante 40 días, iniciándose de los 33 hasta los 73 días desde la emergencia, tomando un parámetro evaluativo 20 días, considerando que se hicieron la suficiente toma de datos, a razón de no contar con bastantes plantines no se lograron hacer muchas más. El procedimiento en toma de datos fué la siguiente: medir las longitudes de las plantas desde el cuello hasta la punta de la raíz (cofia), haciendo uso de una regla milimétrica.

Al finalizar cada evaluación en el muestreo de plantines para toma de datos de longitud de raíz para los tratamientos, se consideraron como plantas muertas a aquellas que fueron evaluadas, razón para que se pueda optimizar la evaluación para esta variable, los cuales se expresan en el cuadro 13 y anexo 1.

Cuadro 13. Análisis de varianza para longitud de raíz

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	Pr >F
BLOQ	4	7.513	1.878	2.92	0.0671 ns
TRAT	3	367.109	122.369	190.14	0.0001 *
Error	12	7.723	0.643		
Total	19	382.345			

C. V. = 10.94 %

ns = No significativo

* = Significativo al nivel de 5%

El cuadro 13 permite apreciar el análisis de varianza correspondiente a longitud de raíz con un coeficiente de variación de 10.94 %, indicando que los datos son confiables, por encontrarse debajo del 30% siendo este el límite de confiabilidad (Calzada, 1970).

Por otra parte no se encontró diferencias estadísticas significativas entre bloques, lo cual quiere decir que los plantines expuestos a los rayos del sol durante

sus salidas por las mañanas no tuvieron efecto directo en el crecimiento en longitud de sus raíces.

Por otro lado sí hubo diferencias significativas entre los tratamientos, entonces cabe indicar que hubo efecto de los tratamientos pregerminativos en el crecimiento en longitud de raíz, a razón que uno de los tratamientos se adelantó en emerger más rápido que los demás, y en general se tomó cuenta que el comportamiento en germinación y/o emergencia de la teca es muy variable.

- Promedios de longitud de raíz en (cm.) para los diferentes tratamientos.

Realizando una prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%, se registra diferencias significativas entre las longitudes de raíz, cuyas medias se analizan en el cuadro 14 y figura 15.

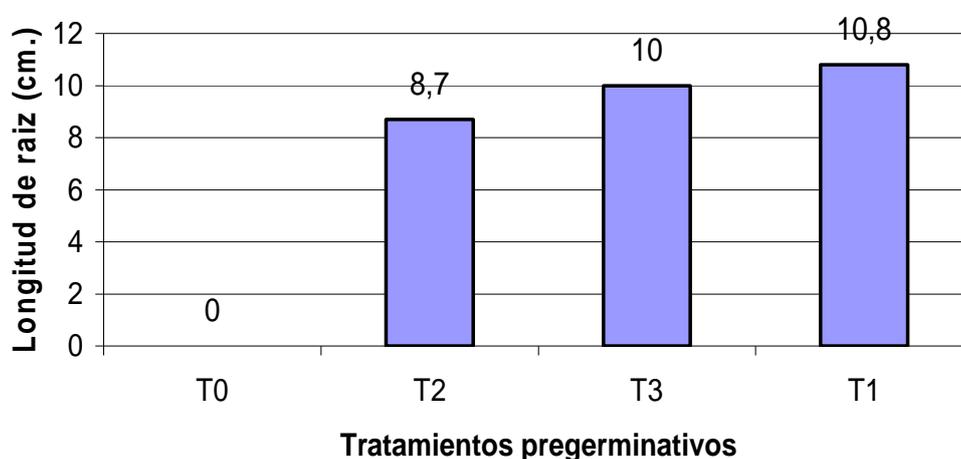
Cuadro 14. Comparación de medias de longitud de raíz a los 73 días desde la emergencia de las plantines para los diferentes tratamientos

Tratamientos pregerminativos	Longitud de raíz (cm.)	Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$)
T₁ = Escarificación mecánica total (semillas sin testa)	10.8	a
T₃ = Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua	10.0	a
T₂ = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie	8.7	b
T₀ = Sin tratamiento (testigo)	0.0	c

Estos resultados obtenidos para los tratamientos (T₁= Escarificación mecánica total, semillas sin testa) y (T₃= Exposición de frutos semillas al sol y remojados con agua) con 10.8 y 10.0 cm respectivamente, son considerados los mayores valores y comportamientos casi similares en crecimiento en longitud de raíz.

Para el tratamiento 1 el resultado que se obtuvo se debió a que los plantines resultantes de estas semillas, no tuvieron que esforzarse en romper su carozo para germinar y posteriormente crecer, Por otro lado el tratamiento (T₂ = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie) resulta tener menor crecimiento en longitud de raíz con un promedio de 8.7 cm, mientras tanto el (T₀ = testigo) resultó no tener respuesta, debido a que sus semillas no emergieron, estas diferencias son atribuibles debido a que el efecto de los tratamientos se comportaron de forma diferente en la ruptura del carozo protector de las semillas. Al respecto la semilla al presentar su grueso y duro pericarpio obstaculiza la germinación rápida, permitiendo así su dormancia (FAO-UNASYLVA, 2000).

Estas diferencias de valores se atribuyen a la aplicación de diferentes técnicas pregerminativas a las semillas antes de su siembra y también a los factores climáticos (en particular a las altas precipitaciones registradas en el mes de la siembra), los cuales afectaron notoriamente al porcentaje de emergencia de las plántulas y por consecuencia al crecimiento de la raíz.



T1= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).
T3= Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua.
T2= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.
T0= Sin tratamiento (testigo)

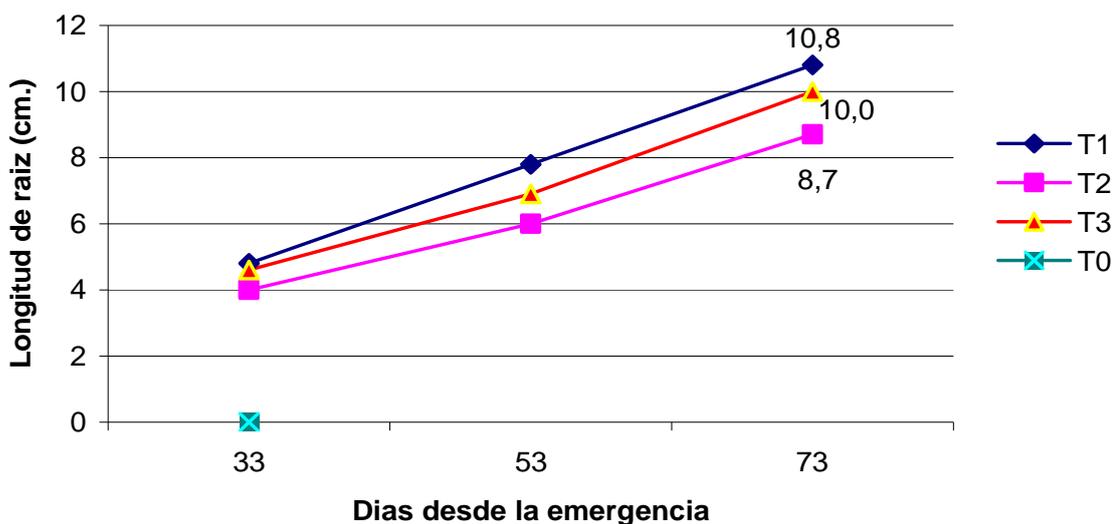
Figura 15. Longitud de raíz promedio en (cm.) para los tratamientos pregerminativos

Los resultados del comportamiento en crecimiento en longitud de raíz en cm, para los diferentes tratamientos fueron muy leves, por esta razón se puede indicar que el tamaño promedio de la raíz que se obtuvo hasta el final de la evaluación fué de 9.7cm hasta los 50 días desde el inicio de la emergencia, al respecto las plantas de teca producen un sistema radical mayor en longitud respecto al tallo, en un corto período de tiempo (Weaver, 1993).

Asimismo se puede indicar que el estado mineral disponible para la absorción de las plantas es muy importante, es así que el fósforo y el potasio favorece el desarrollo del sistema radicular al comienzo de la vegetación, y la carencia del fósforo influye en la disminución de la absorción del nitrógeno (Lira, 1994).

- Comportamiento en el crecimiento en longitud de raíz promedio en (cm.) los diferentes tratamientos

Según el seguimiento evaluativo en el crecimiento en longitud de raíz, los tratamientos se comportaron de la siguiente manera, haciendo una prueba de regresión y comparación observándose en las figuras 16 y 17.



T1= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).
T2= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.
T3= Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua.
T0= Sin tratamiento (testigo)

Figura 16. Regresión en el crecimiento de longitud de raíz en (cm) para los tratamientos

En la figura 16, el tratamiento (T₁= Escarificación mecánica total, semillas sin testa), demuestra su comportamiento en longitud de raíz en centímetros mediante regresión:

$$\begin{aligned} r &= 0,98 & r^2 \times 100 &= 98\% \\ b &= 0,15 & 100 - r^2 &= 2\% \\ y &= - 0,10 + 0,15x \end{aligned}$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.98, lo que indica que existe una asociación con el tiempo, es decir a medida que transcurre el tiempo mayor será el incremento en tamaño en longitud de raíz por planta. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada día que transcurre en la evaluación se espera un incremento de 0.15 cm en la longitud de raíz.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 98% de la variabilidad en el crecimiento en longitud de raíz se debe al tiempo transcurrido. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 2% de la variabilidad no tiene nada que ver con el tiempo transcurrido, si no mas bien se debe a factores del medioambiente.

En la misma figura, se demuestra el comportamiento en el crecimiento en longitud de raíz mediante regresión para el tratamiento (T₂= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie):

$$\begin{aligned} r &= 0,97 & r^2 \times 100 &= 97\% \\ b &= 0,11 & 100 - r^2 &= 3\% \\ y &= - 0,16 + 0,11x \end{aligned}$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.97, lo que indica que existe una asociación con el tiempo, es decir a mayor tiempo que transcurre mayor será el crecimiento en longitud de raíz. Asimismo el coeficiente de regresión (b)

indica que por cada día que transcurre en la evaluación se espera un incremento de 0.11 cm en longitud de raíz.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 97% de la variabilidad en el crecimiento en longitud de raíz se debe al tiempo transcurrido. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 3% de la variabilidad no tiene nada que ver con el tiempo transcurrido, si no mas bien se debe a factores del medioambiente.

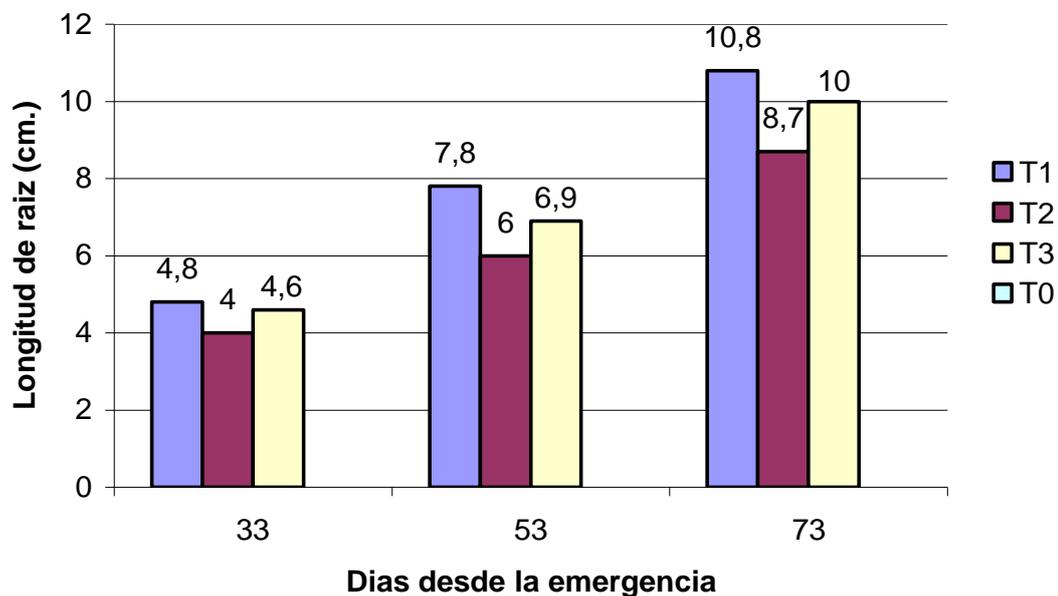
En la misma figura también, se demuestra los resultados mediante regresión del comportamiento en longitud de raíz para el tratamiento (T_3 = Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua):

$$\begin{array}{ll} r = 0,98 & r^2 \times 100 = 98\% \\ b = 0,13 & 100 - r^2 = 2\% \\ y = 0,31 + 0,13x & \end{array}$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.98, indicando que existe una asociación con el tiempo, es decir a mayor tiempo que transcurre mayor será el incremento en longitud de raíz. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada día que transcurre en la evaluación se espera un incremento de 0.13 cm en longitud de raíz.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 98% de la variabilidad en el crecimiento en longitud de raíz se debe al tiempo transcurrido. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 2% de la variabilidad no tiene nada que ver con el tiempo transcurrido, si no mas bien se debe a factores del medioambiente.

Haciendo un seguimiento evaluativo en el crecimiento en la longitud de raíz en centímetros para los diferentes tratamientos, su comportamiento se refleja en la figura 17.



T1= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).
 T2= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.
 T3= Exposición de frutos-semillas al sol y remojo con agua.
 T0= Sin tratamiento (testigo)

Figura 17. Comportamiento en el crecimiento promedio en longitud de raíz en (cm.) para los diferentes tratamientos

Como se puede observar en la figura 17, el estudio comparativo del comportamiento en el crecimiento de longitud de raíz de los diferentes tratamientos se inicia desde los 33 hasta los 73 días de emergencia.

Al respecto en los 40 días de evaluación, mediante el tratamiento 1, la longitud de raíz aumentó de tamaño de 4.8 a 10.8 cm, siendo mayor que los demás tratamientos, tanto así que el tratamiento 2 creció de 4 a 8.7 cm, mientras tanto el tratamiento 3 incrementó su tamaño de 4.6 a 10 cm de longitud. Por otra parte el (T₀ = testigo) no presentó ningún valor en longitud de raíz debido a que sus semillas no germinaron.

4.3.4 Número de hojas

Para la determinación de esta variable se realizó un muestreo de 15 plantines por cada tratamiento, esto durante 30 días, iniciándose de los 23 hasta los 83 días desde el inicio de la emergencia, usando como parámetro evaluativo 10 días, a las cuales se hizo un conteo en número de sus hojas, posteriormente se realizó un análisis de varianza para los datos tomados (cuadro 15 y anexo 1), las medias de los tratamientos se analizaron con la Prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

Cuadro 15. Análisis de varianza para número de hojas.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	Pr > F
BLOQ	4	15.790	3.947	4.96	0.0136 *
TRAT	3	268.793	89.597	112.54	0.0001 *
Error	12	9.554	0.796		
Total	19	294.137			

C. V. = 14.68 %

* = Significativo al nivel de 5%

El cuadro 15 de análisis de varianza, destacó para número de hojas un coeficiente de variación de 14.68 %, indicando que los datos son confiables, por encontrarse debajo del 30 % siendo este el límite de confiabilidad (Calzada, 1970).

Por otra parte se encontraron diferencias significativas entre bloques, lo cual indica que las plántulas expuestas a la luz directa del sol durante su salida por las mañanas fué diferente en comportamiento funcional en comparación con aquellas que estuvieron cubiertas bajo semisombra, al respecto las diferentes intensidades de luz sobre las plantas varían de forma indirecta en el comportamiento de la actividad hormonal y fotosintética (Lira, 1994).

El análisis de varianza para los tratamientos también mostró significancia, indicando que estadísticamente el diseño experimental fué el correctamente empleado.

- Comparación de medias de número de hojas para los diferentes tratamientos.

Según el análisis de varianza del cuadro 15, se obtuvo diferencias no significativas para los tratamientos pregerminativos cuyas medias se analizan en el cuadro 16 y figura 19 mediante la prueba de Duncan, a un nivel de significancia del 5%.

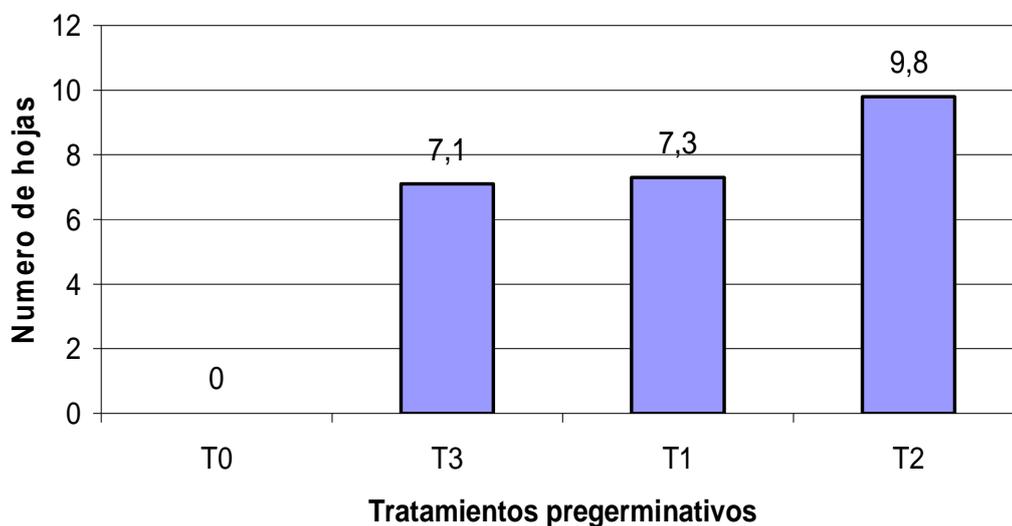
Cuadro 16. Comparación de medias del número de hojas a los 83 días desde el inicio de la emergencia de las plántulas para los diferentes tratamientos pregerminativos

Tratamientos pregerminativos	Número de hojas	Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$)
T₃ = Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua	7.1	a
T₂ = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie	9.8	b
T₁ = Escarificación mecánica total (semillas sin testa)	7.3	c
T₀ = Sin tratamiento (testigo)	0.0	d

En la prueba de medias del cuadro 16 y figura 18, el tratamiento (T₂ = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie) muestra un resultado mayor de 9.8 (10) hojas promedio por planta, seguido del tratamiento (T₁ = Escarificación mecánica total, semillas sin testa) con un promedio de 7.3 (7) hojas, y por último con su similar en comportamiento para el tratamiento (T₃ = Exposición de frutos semillas al sol y remojados con agua) con 7.1 (7) hojas promedio.

Las respuestas que se obtuvieron fueron debidas a que se manejaron tratamientos diferentes y distintos también fueron sus comportamientos, tal es el caso de que el tratamiento 2 por presentar un valor más alto en comparación a los demás tratamientos, se tuvo que respaldar a lo que respecta Bosque (2002), que

estímulos fitohormonales actúan sobre la división celular y desarrollo de los órganos de las plantas.



T1= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).
T2= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.
T3= Exposición de frutos-semillas al sol y remojo con agua.
T0= Sin tratamiento (testigo)

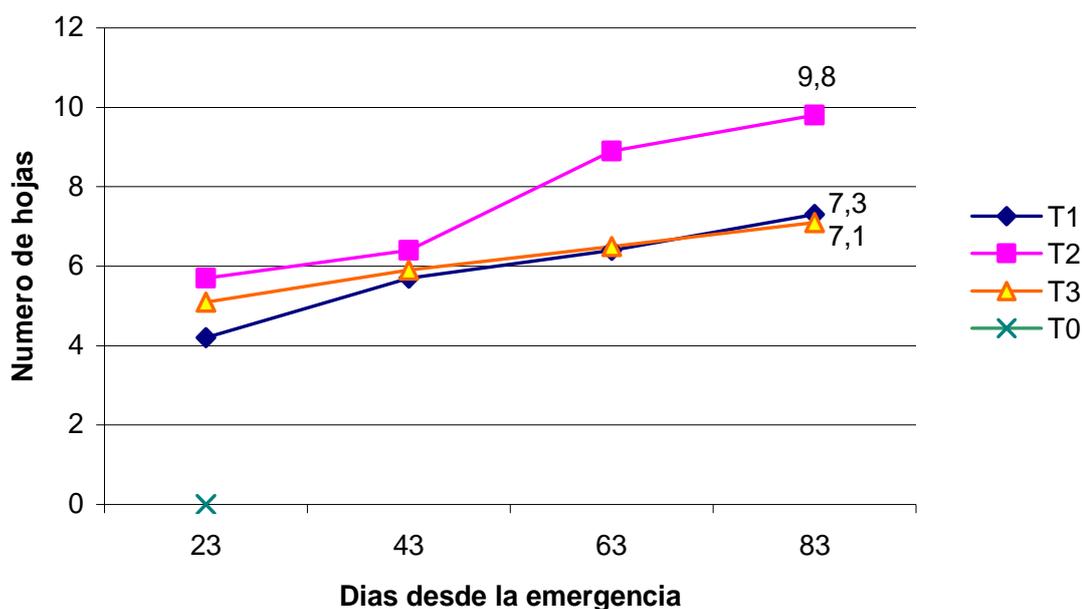
Figura 18. Número promedio de hojas para los tratamientos pregerminativos

Como se puede apreciar en la figura 18, el comportamiento no fué muy diferenciado para los tratamientos en sus resultados de número de hojas, es así que el comportamiento climático de la zona influyó en la respuesta del desarrollo de las plántulas por cada tratamiento, además que la alternancia de días lluviosos y secos favoreció a la calidad de sustrato, es decir cuanto mejor estructura y humedad de suelo se le pueda proveer a la teca, mayor es la probabilidad en efecto de tener un crecimiento y desarrollo rápido de sus órganos (Pastrana, 2004).

Al respecto 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 (Lira, 1994).

- Comportamiento en el número promedio de hojas para cada los diferentes tratamientos

Según el seguimiento evaluativo en el número de hojas, los tratamientos se comportaron de la siguiente manera, haciendo una prueba de regresión y comparación observándose en las figuras 19 y 20.



T1= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).
 T2= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.
 T3= Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua.
 T0= Sin tratamiento (testigo)

Figura 19. Regresión en el incremento de número de hojas para los tratamientos

En la figura 19, el tratamiento (T₁= Escarificación mecánica total, semillas sin testa), demuestra su comportamiento en el incremento de número de hojas mediante regresión:

$$r = 0.99 \quad r^2 \times 100 = 99\%$$

$$b = 0,05 \quad 100 - r^2 = 1\%$$

$$y = 3,25 + 0,05x$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.99, lo que indica que existe una perfecta asociación con el tiempo, es decir a medida que transcurre el tiempo mayor será el incremento en número de hojas. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada día que transcurre en la evaluación se espera un incremento de 0.05 hojas por planta.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 99% de la variabilidad en el incremento de número de hojas se debe al tiempo transcurrido. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 1% de la variabilidad no tiene nada que ver con el tiempo transcurrido, si no mas bien se debe a factores del medioambiente.

En la misma figura, se demuestra el comportamiento en el incremento de número de hojas por planta mediante regresión para el tratamiento ($T_2 =$ Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie):

$$\begin{array}{ll} r = 0,97 & r^2 \times 100 = 97\% \\ b = 0,07 & 100 - r^2 = 3\% \\ y = 3,99 + 0,07x & \end{array}$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.97, lo que indica que existe una asociación con el tiempo, es decir a mayor tiempo que transcurre mayor será el incremento en el número de hojas. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada día que transcurre en la evaluación se espera un incremento de 0.07 hojas por planta.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 97% de la variabilidad en el incremento de número de hojas se debe al tiempo transcurrido. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 3% de la variabilidad no tiene nada que ver con el tiempo transcurrido, si no mas bien se debe a factores del medioambiente.

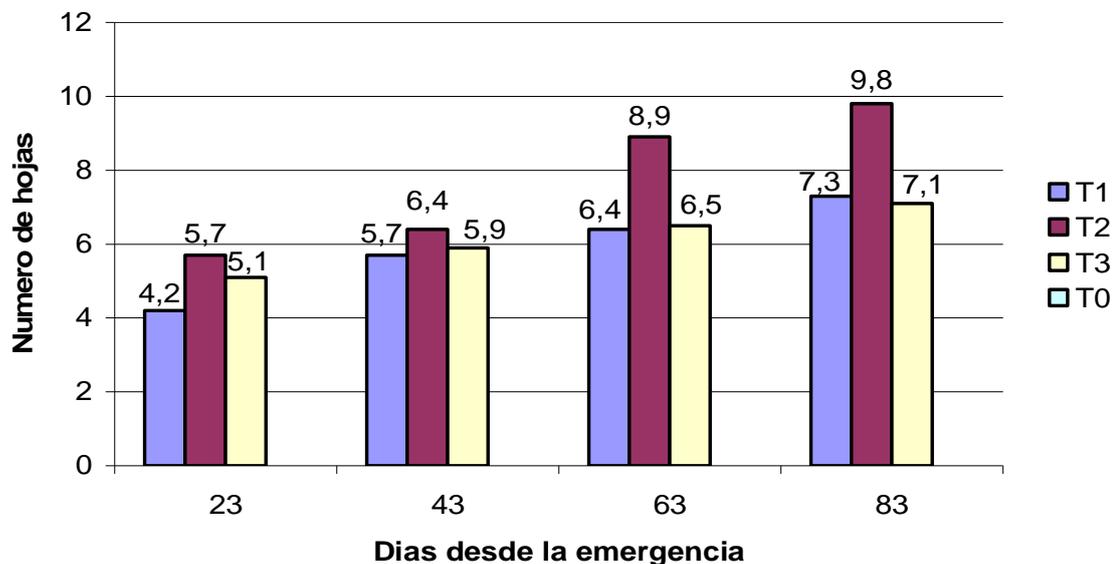
En la misma figura también, se demuestra el comportamiento en el incremento de número de hojas mediante regresión para el tratamiento (T₃ = Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua):

$$\begin{array}{ll} r = 0,01 & r^2 \times 100 = 99\% \\ b = 0,03 & 100 - r^2 = 1\% \\ y = 4,61 + 0,03x & \end{array}$$

El cual presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.01, indicando que existe una perfecta asociación con el tiempo, es decir a mayor tiempo que transcurre, mayor será el incremento en número de hojas. Asimismo el coeficiente de regresión (b) indica que por cada día que transcurre en la evaluación se espera un incremento de 0.03 hojas por planta.

Además el coeficiente de determinación ($r^2 \times 100$) indica que el 99% de la variabilidad en el incremento de número de hojas se debe al tiempo transcurrido. Mientras tanto el coeficiente de no determinación ($100 - r^2$) indica que el 1% de la variabilidad no tiene nada que ver con el tiempo transcurrido, si no mas bien se debe a factores del medioambiente.

Según el seguimiento evaluativo promedio en la cuantificación en número de hojas de las plantitas para los diferentes tratamientos durante 60 días, con un parámetro de evaluación de 20 días, los mismos se comportaron de forma diferente observándose en la figura 20.



T1= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).
 T2= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.
 T3= Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua.
 T0= Sin tratamiento (testigo)

Figura 20. Comportamiento en el incremento de número de hojas por planta para los diferentes tratamientos

El comportamiento en aumento en número de hojas por planta durante los 70 días de evaluación registró los siguientes resultados:

El tratamiento 1, aumentó de 4.2 (4) a 7.3 (7) hojas por planta, mientras tanto el tratamiento 2, aumentó de 5.7 (6) a 9.8 (10) hojas por planta, y por otro lado el tratamiento 3, aumentó su valor de 5.1 (5) a 7.1 (7) hojas por planta promedio, comportándose mejor que los demás tratamientos, por otra parte el (T₀ = testigo) no presento resultado alguno, razón que sus semillas no germinaron. Estas respuestas se analizaron desde los 23 hasta los 83 días de la evaluación.

4.3.5 Área foliar (cm²)

Para la determinación de esta variable se realizó un muestreo de 15 plantines por cada tratamiento, esto al término de los 30 días desde el inicio de la emergencia de las plántulas de las cuales procediendo con mucho cuidado se dispusieron para el calcado (dibujado) de sus hojas sobre papel milimetrado, posteriormente se realizó un análisis de varianza para los datos tomados (cuadro 17 y anexo 1), las medias de los tratamientos se analizaron con la Prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

Cuadro 17. Análisis de varianza para área foliar (cm²)

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	Pr > F
BLOQ	4	32.057	8.014	1.97	0.0063 *
TRAT	3	1137.770	379.256	93.42	0.0001 *
Error	12	48.715	4.059		
Total	19	1218.542			

C. V. = 19.31 %

* = Significativo al nivel de 5%

El cuadro 17 de análisis de varianza, se destacó para área foliar un coeficiente de variación de 19.31%, indicando que los datos son confiables, por encontrarse debajo del 30 % siendo este el límite de confiabilidad (Calzada, 1970).

Por otra parte, se encontraron diferencias significativas entre bloques, lo cual quiere decir que la actividad fotosintética de las plantas es directamente proporcional a la duración del día. Entre los límites y siendo todos los demás factores iguales, las hojas fotosintetizarán en la medida en que reciban la luz y crecerán más rápidamente (Lira, 1994).

Asimismo también se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos pregerminativos lo cual indican que sí afectan a la germinación, y por supuesto al crecimiento del área foliar.

- Comparación de área foliar en (cm²) promedio para los diferentes tratamientos pregerminativos.

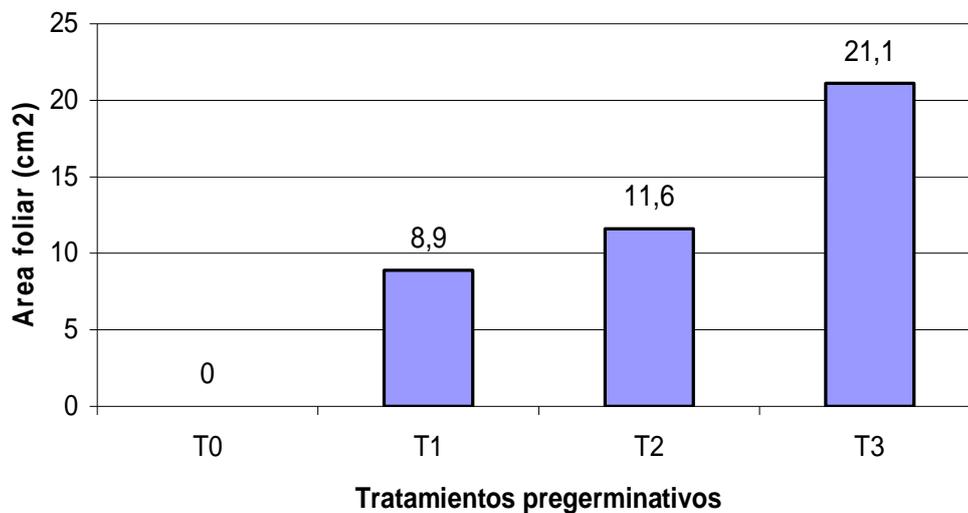
Según el análisis de varianza del cuadro 17, se encontró diferencias significativas para los tratamientos pregerminativos cuyas medias se analizan en el cuadro 18 y figura 21 mediante la prueba de Duncan, a un nivel de significancia del 5%.

Cuadro 18. Comparación de medias del área foliar (cm²) a los 83 días desde el inicio de la emergencia de las plántulas para los diferentes tratamientos

Tratamientos pregerminativos	Área foliar (cm²)	Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$)
T₃ = Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua	21.1	a
T₂ = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie	11.6	b
T₁ = Escarificación mecánica total (semillas sin testa)	8.9	b
T₀ = Sin tratamiento (testigo)	0.0	c

cm² = centímetros cuadrados

En la prueba de medias del cuadro 18 y figura 21, el tratamiento (T₃ = Exposición de frutos semillas al sol y remojados con agua) obtuvo un mejor resultado, alcanzando un valor de 21.1 cm² de área foliar promedio, mientras tanto el tratamiento (T₂ = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie) mostró un resultado de 11.6 cm² promedio, quedando en ultimo lugar el tratamiento (T₁ = Escarificación mecánica total, semillas sin testa) con un promedio de 8.9 cm².



T3= Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua.
T2= Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie.
T1= Escarificación mecánica total (semillas sin testa).
T0= Sin tratamiento (testigo)

Figura 21. Área foliar promedio en (cm²) para los tratamientos pregerminativos

El tratamiento (T₃ = Exposición de frutos semillas al sol y remojados con agua), reporta la mayor área foliar con un valor de 21.1 cm², con respecto el tratamiento (T₂ = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie) alcanzó un valor área foliar de 11.6 cm², mientras tanto para el tratamiento (T₁ = Escarificación mecánica total, semillas sin testa) quedando en último lugar frente a los otros tratamientos respondió con un valor de 8.9 cm².

Al respecto se puede asumir los resultados obtenidos, a razón que el efecto de los tratamientos en su comportamiento fueron diferentes, ocurriendo que un tratamiento se adelantó en emerger más rápido que otro, así llevando ventaja en crecimiento y desarrollo de algunos plantines con respecto a otros.

Asimismo cabe indicar que el área foliar también fué influenciado por la cantidad de (N) disponible del sustrato para su absorción de los plantines resultantes producto de los diferentes tratamientos. La escasez de este elemento se manifiesta

en las plantas por un desarrollo reducido vegetativo y por un color verde amarillento de las hojas, así también el (K) 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 (Lira, 1994).

4.4 Variables Económicas

4.4.1 Análisis de costos parciales

Para obtener el presupuesto parcial se calculó el beneficio bruto, el 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), el cual se observa en el cuadro 19.

Cuadro 19. Presupuesto parcial sobre la aplicación de técnicas pregerminativas en semillas de teca (*Tectona grandis* L.) para la producción de plantines en una hectárea, en Bs.

Tratamientos	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
Rendimiento medio (pl/ha)	0	227.228	500.000	590.909
Rendimiento ajustado (pl/ha) %15	0	193.144	425.000	502.273
Beneficio Bruto (Bs/ha)	0	1.136.364	2.500.000	2.954.545
Costo de semilla (Bs/ha)	136.364	136.364	136.364	136.364
Costo de materiales (Bs/ha)	338.636	429.545	454.545	381.818
Costo de siembra (Bs/ha)	1.909.091	1.909.091	1.909.091	1.909.091
Total Costos Variables (Bs/ha)	2.384.091	2.475.000	2.500.000	2.427.273
Beneficio Neto (Bs/ha)	-2.384.091	-1.338.636	0	527.272

(pl/ha) = plantines por hectárea

En el cuadro 19, se observa el presupuesto parcial para todo el ensayo donde en su primera fila se observa los cuatro tratamientos utilizados.

T₀ = Sin ningún tratamiento (testigo)

T₁ = Escarificación mecánica total (semillas sin testa)

T₂ = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie

T₃ = Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua.

En la segunda fila se observa el rendimiento medio de plantines producidos para cada tratamiento donde se puede indicar que, existe un mayor rendimiento medio del tratamiento (T₃) con un rendimiento de 590.909 plantines por hectárea, seguido por los demás rendimientos medios de los otros tratamientos: T₂ con 500.000 plantines por hectárea, T₁ con 227.228 plantines por hectárea, y por último el T₀ (testigo) que no produjo ningún plantín.

En la tercera fila se observa el rendimiento ajustado donde se realiza un ajuste del rendimiento medio para todos los tratamientos, es así que se ajusto el rendimiento obtenido con un 15% de decremento al rendimiento observado 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 de (CIMMYT, 1988).

La cuarta fila, presenta los beneficios brutos de campo que se obtuvo de los rendimientos ajustados por el precio de venta de los plantines, una vez descontados los gastos de producción, es así que, obtuvo un mayor beneficio bruto el tratamiento que presentó mayor rendimiento (T₃), siendo el precio de venta del producto para todos los tratamientos de 5 Bs/plantín.

En la penúltima fila se observa el total de los costos variables para cada tratamiento donde se puede observar que, el máximo beneficio neto alcanzado fué para el tratamiento T₃ (Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua), que logró un beneficio de 527.272 Bs/ha.

Cuadro 20. Análisis de dominancia para los diferentes tratamientos

Tratamientos	Rendimiento Ajustado (pl/ha)	Total Costos Variables (Bs/ha)	Beneficio Neto (Bs/ha)	Dominancia
T0	0	2.384.091	-2.384.091	D
T1	193.144	2.475.000	-1.338.636	D
T2	425.000	2.500.000	0	D
T3	502.273	2.427.273	527.272	D

D = Dominado

De acuerdo al cuadro 19 y figura 22, se pudo permitir seleccionar los tratamientos de acuerdo al criterio propuesto por el CIMMYT (1988), el mismo señala que, se considera tratamiento dominado cuando se tiene beneficios netos menores o iguales a los de un costo variable más bajo. En el análisis de presupuestos parciales se comparan las alternativas de producción de plantines de tecla tomando en cuenta los diferentes tratamientos pregerminativos, la cual si al optar por cualquiera de ellos económicamente no es viable para su producción.

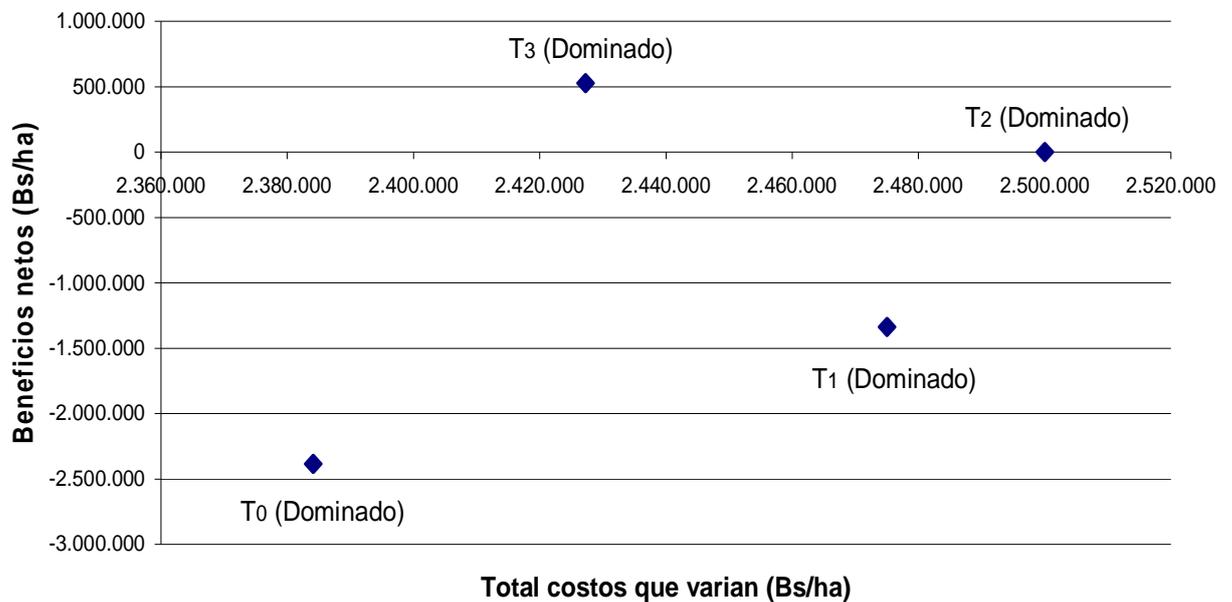


Figura 22. Curva de Beneficios Netos para los tratamientos

Se puede observar en la figura 22, todos los tratamientos resultaron dominados, por lo tanto se indica que económicamente no son viables para su adopción, pero técnicamente es viable hacer uso del tratamiento (T₃ = Exposición de frutos semillas al sol y remojados con agua), la cual tomando en cuenta las características desventajosas de las semillas no se invirtió mucho a comparación de los demás tratamientos y es la que rindió mejores respuestas durante el estudio en la producción de plantines.

Cuadro 21. Análisis marginal de costos variables para los tratamientos

Tratamientos	Costos Variables (Bs/ha)	Costos Marginales (Bs/ha)	Beneficios Netos (Bs/ha)	Beneficios marginales (Bs/ha)	Tasa de retorno marginal (%)
T ₂	2500000		0		
		-72727		527272	-725 %
T ₃	2427273		527272		

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 (s).

En el cuadro 21 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 (T₃ = Exposición de frutos semillas al sol y remojados con agua) en lugar del tratamiento (T₂ = Estratificación de frutos-semillas en aserrín descompuesto a la intemperie) se obtiene -725 %, esto significa que por cada boliviano invertido de optar por el T₃ en lugar del T₂ se puede llegar a perder 7.25 Bs más.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Con los resultados obtenidos bajo la aplicación de los cuatro diferentes tratamientos pregerminativos en los frutos-semillas de teca, se llegaron a las siguientes conclusiones.

El efecto causado de la aplicación de los tratamientos sobre las semillas concluye que:

El porcentaje de emergencia fué influenciado por los diferentes tratamientos pregerminativos, encontrándose el mejor porcentaje para el tratamiento (T₃: Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua) con un valor de 26 % en emergencia.

El vigor de los plantines fué también influenciado por los tratamientos pregerminativos casi de forma similar, hallándose los mejores resultados para el tratamiento (T₃: Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua), con un valor de 5.5 cm en altura de planta, 8.7 cm en longitud de raíz, 7.3 (7) hojas por planta, y 21.1 cm² en área foliar.

Para el análisis de las características físicas de las semillas se concluye que:

El mayor valor en porcentaje de viabilidad alcanzado fué para el tratamiento (T₃ = Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua) con un valor de 27%.

El tratamiento (T₃: Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua) representa el valor más alto en energía germinativa a comparación de los demás tratamientos, alcanzando un 26 % a los 31 días desde la siembra de las semillas.

Con el valor obtenido de 31 días de periodo de energía para el tratamiento (T₃: Exposición de frutos-semillas al sol y remojado con agua), se puede concluir que los frutos-semillas sometidos bajo este tratamiento muestran mayor tiempo de energía.

Para determinar la descripción dendrológica se deduce que:

La teca es un árbol de flores hermafroditas, de hojas opuestas enteras, presenta frutos drupa del tipo subgloboso, y en su interior se encuentran de uno a tres semillas, además presenta una raíz principal profunda y un tallo erecto cilíndrico. Esta especie forestal pertenece a la Clase Dicotyledonae, Orden Lamiales, Familia Verbenaceae y su Nombre Científico es *Tectona grandis* L.

El análisis de costos parciales indican que el tratamiento (T₃: Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua) obtuvo el valor más alto en beneficio neto de 527.272 Bs. en comparación con los tratamientos T₀, T₁ y T₂.

5.2 Recomendaciones

Por los resultados obtenidos en el trabajo de investigación sobre la aplicación de técnicas pregerminativas en semillas de teca se recomiendan lo siguiente:

Hacer uso del tratamiento (T₃: Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua), razón por el cual se obtuvo los resultados más significativos en emergencia y vigor de los plantines a comparación de los demás tratamientos.

Al respecto para obtener plantas vigorosas evitando problemas de manipuleo, ataque de enfermedades y patógenos se recomienda coger cuidadosamente las semillas germinadas, para que posteriormente sean sembradas en sustrato de aserrín descompuesto, ofreciéndole un ambiente limpio con semisombra, alejado del ataque de hormigas y otras plagas. Ya realizada la siembra se mantiene durante 30 días desde el inicio de la emergencia a las plantitas, para que posteriormente sean expuestas al sol directo.

Según los resultados de las características físicas, se recomienda tomar en cuenta la longevidad, origen, manejo, cuidado y almacén de semillas de teca.

Por representar un valor no tan perjudicial económicamente a comparación de los demás tratamientos, se recomienda hacer uso del tratamiento (T₃: Exposición de frutos-semillas al sol y remojados con agua), siendo el más fácil de aplicar, el de menor tiempo de inversión y por lo tanto el menos costoso, en comparación a los demás tratamientos.

6. BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, A. y FALLAS, J. L. 2004. La saturación de acidez y el encalado sobre el crecimiento de la teca (*Tectona grandis* L. f.) en suelos ácidos de San José, Costa Rica., CR. Agronomía Costarricense. 28 (1): 81-87pp.

ANDERSON, A. y LEACH, CH. 1962. Análisis de las Semillas para descubrir organismos que son llevados en ellas. 1º ed. Trad. por Antonio Marino y Pánfilo Rodríguez. In: Anuario de Agricultura, Semillas. Centro Regional de Ayuda Técnica ADI México. Ed. Continental S. A. 801-804 pp.

BOSQUE, H. 2002. Apuntes de Fisiología Vegetal. Universidad Mayor de San Andrés-Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniera Agronómica. La Paz-Bolivia. 130 p.

BETANCOURT, A. B. 1983. Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. Editorial Científica-Técnica. Ministerio de Cultura. La Habana, Cuba. 159-171 pp.

CALZADA, B. J. 1970. Métodos Estadísticos para la investigación. 5º ed. Lima, Perú S.A. 644 p.

CIMMYT, 1988. Manual metodológico de evaluación económica. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. México D. F. 79 p.

COMISION NACIONAL DE SEMILLAS, 1977. Reglas Internacionales para los Ensayos de Semillas. Varsovia. 35 p.

COSME, F. 2002. Tesis de Grado: Estudio de Técnicas Pregerminativas de Semillas de Duraznero (*Prunus persica* (L.) Batsch) en Sapahaqui, La Paz. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz-Bolivia. 88 p.

CUMAT Y COTESU. 1985. Proyecto USAID/Bolivia. Capacidad de uso mayor de la tierra. Proyecto Alto Beni, La Paz, Bolivia. V. I. 49p.

CUSTODE, J. 2007. Ficha Técnica. jaimibt@bosquestropicales.com - Bosques Naturales Tropicales S. A., Quito - Ecuador – Sudamérica. 9 -11pp.

CHAVES, E. y FONSECA, W. 1991. Teca: *Tectona grandis* L. f., especie de árbol de uso múltiple en América Central. Proyecto Madeleña CATIE-ROCAP. Serie técnica, Informe técnico 179. 47 p.

DELOUCHE, J. 1964. El Proceso de la Germinación. Trad. Jaira Correa. In Curso Internacional de Entrenamiento sobre emilla mejorada para América Latina. Campiña, Brasil. 1-3 pp.

FAO - UNASYLVA, 2000. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: La Teca-Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales Vol. 51, 4-5 pp.

FONSECA, W. y HEREDIA. 2004. Manual Para Productores de Teca (*Tectona grandis* L. f) en Costa Rica, 209 p.

GOITIA, L. 2003. Manual de Dasonomía y Silvicultura. Universidad Mayor de San Andrés-Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniera Agronómica. La Paz-Bolivia. 159 p.

GONZALEZ, G.; BONILLA L. y RIVERA, D., 1979. Propiedades y Usos de la madera de teca (*Tectona grandis* L.) Creciendo en Quepos, Costa Rica-Laboratorio de Productos Forestales de la Universidad de Costa Rica 20-31 pp.

GEILFUS, F. 1994. El Árbol al Servicio del Agricultor. Manual de Agroforesteria para el Desarrollo rural. Guia de especies Vol. 2. Turrialba, Costa Rica. Edic. No. 9, Edit. ENDA-CARIBE/CATIE. 453-455 pp.

HARTMANN, H. y KESTER, D. 1997. Propagación de Plantas. México D. F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C. V. 760 p.

ISTA, 1973. Asociación Internacional de Ensayo de Semillas. Roma. Estudio FAO: Montes No. 20/3 458 p.

LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos. Cooperación Técnica, Republica Federal de Alemania. Traducido por Antonio Carrillo. GTZ. Eschborn. 335 p.

LOHSE, L. 1997. Tesis de Grado: Evaluación Germinativa en Semillas de Mara (*Swietenia macrophylla*, King) en seis tipos de Substratos. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz-Bolivia. 86 p.

LIRA, R. 1994. Fisiología Vegetal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 1º Ed. Editorial Trillas, S. A. de C. V. 237p.

NIEMBRO, A. 1988. Semillas de Árboles y Arbustos, Ontogenia y Estructura. Edit. LIMUSA S. A. Chapingo, México D. F. 285 p.

PARODI L., 1980. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería "Primera Edición. Tomo I" Descripción de las plantas cultivadas, Segundo Volumen, Editorial Acme S. A. C. I. Buenos Aires. 918-924 pp.

PASTRANA A., 2004. Sistemas Agroforestales y Silvopastoriles. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 104 p.

PASTRANA A., 2007. Cultivos Agroforestales. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 1-7 pp.

PATIÑO, F.; DE LA GARZA, P.; VILLAGOMEZ, Y.; TALAVERA, I. y CAMACHO, F. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. México D. F. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Subsecretaría Forestal. Boletín Divulgativo N° 63. 181 p.

PEREZ, E.; BARROSA, J. 1993. Producción de planta y establecimiento de plantaciones de teca en el estado de Tabasco. 23 p.

RENASER, UMSS – COSUDE, 1997. RED NACIONAL DE SEMILLAS FORESTALES. BANCO DE SEMILLAS FORESTALES. Curso sobre “ Recolección y Procesamiento de Semillas Forestales ” La Paz, Bolivia. 71 p.

RODRIGUEZ, M. 1985. Morfología y Anatomía Vegetal. 1º Edición. Cochabamba, Bolivia. Amigos del libro. 286p.

ROJAS, F. 2004. Aplicación del Programa “The SAS System” en la Investigación Agropecuaria. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 107p.

SEINO, H. 1971. Técnicas para el Mejoramiento del cultivo del durazno en Bolivia. Estación Experimental San Benito. Ed. OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY TOKIO, JAPAN. Cochabamba, Bolivia. 220 p.

SENAMHI, 2007. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Datos de Meteorología Sapecho, Alto Beni. La Paz, Bolivia. 4p.

SHOJI D., 2002. Tesis de Grado: Estudio físico de suelos de dos sitios para determinar la factibilidad del establecimiento de Caoba (*Swietenia humilis* Zucc.) y Teca (*Tectona grandis* L. f.) en Honduras. 40 p.

VASQUEZ W. y UGALDE A. 1995. Crecimiento y Calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinata* y *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Región Chorotega, Guanacaste, Costa Rica. Turrialba, CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No.256. 32 p.

VALCLAV, E. y SKOUPY, J. 1973. Growing of teak *Tectona grandis* L. F. in Bangladesh. *Silvicultura Tropical y Subtropical* 2.11-28 pp.

WEAVER, P. L. 1993. *Tectona grandis* L. f. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. New Orleans, U. S. A. 540 p.

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

ZALLES, T. 1988. Manual del técnico forestal. Silvicultura-viveros. Escuela Técnica Superior Forestal. Misión forestal Alemana UMSS-GTZ-Cochabamba, Bolivia. 3-37 pp.

ZAMBRANA, H. 1987. Fertilización forestal. *In*: Curso Centroamericano de Silvicultura de Plantaciones de Especies de Árboles de Uso Múltiple. Ed. Miguel Angel Musálem. Tomo I. Siguatepeque, HN. 109 p.