

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

RENDIMIENTO DE SEMILLA DE *Alnus jorullensis* HBK, *Tectona grandis* Linneo, *Cedrela odorata* Linneo y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. Y REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN SU PROCESAMIENTO EN GUATEMALA

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

POR

RAUL ANIBAL ZUÑIGA ARAGON

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRONOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, marzo del 2,000.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. EDGAR OSWALDO FRANCO RIVERA
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. WALTER ESTUARDO GARCIA TELLO
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. WILLIAM ROBERTO ESCOBAR LOPEZ
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. ALEJANDRO ARNOLDO HERNANDEZ FIGUEROA
VOCAL CUARTO	Prof. JACOBO BOLVITO RAMOS
VOCAL QUINTO	Br. JOSE DOMINGO MENDOZA CIPRIANO
SECRETARIO	Ing. Agr. EDIL RENE RODRIGUEZ QUEZADA

Guatemala, marzo del 2,000.

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

Señores miembros:

En cumplimiento a las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

**RENDIMIENTO DE SEMILLA DE *Alnus jorullensis* HBK, *Tectona grandis* Linneo, *Cedrela odorata* Linneo y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. Y REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN SU PROCESAMIENTO EN GUATEMALA.**

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Raúl Aníbal Zúñiga Aragón', written over a horizontal line.

Raúl Aníbal Zúñiga Aragón

## **ACTO QUE DEDICO**

**A DIOS**

**MIS PADRES:** Yolanda Aragón de Zúñiga  
Héctor Raúl Zúñiga Mogollón

**MI ESPOSA:** María Alejandra Noriega de Zúñiga

**MI HIJO:** Raúl Andrés

**MI HERMANA:** Claudia Larissa Zúñiga de Martínez

**MIS TIOS, EN ESPECIAL A:** Eduardo Zúñiga Mogollón

**MIS PRIMOS, SOBRINOS,  
CUÑADOS Y SUEGROS:** Con cariño y gratitud.

**LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.**

## AGRADECIMIENTOS

A Ing. Agr. EDWIN E. CANO

Por su amistad, tiempo y apoyo en la presente investigación.

BANCO DE SEMILLAS FORESTALES Y EN ESPECIAL AL EQUIPO DE RECOLECCION DE SEMILLA,

Por su gran colaboración en la fase de campo y procesamiento de la semilla.

Ing. Agr. CESAR TELON,

Por su apoyo en el planteamiento de la presente investigación.

Ing. Agr. HUGO CARDONA,

Por su amistad y orientación a lo largo de mi carrera.

LOS AMIGOS DE LA CARRERA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES,

Por su compañerismo y motivación a seguir adelante.

DEPARTAMENTO DE PRODUCCION DE A. V. S. A.,

Por su paciencia.

## CONTENIDO

	PAGINA
RESUMEN .....	vi
1. INTRODUCCION .....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
3. MARCO TEORICO .....	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL .....	3
3.1.1 CONCEPTOS GENERALES .....	3
A. Definición de Semilla .....	3
B. Germinación de las Semillas .....	3
C. Análisis de la calidad de las semillas .....	4
a. Contenido de humedad .....	4
b. Análisis de pureza .....	4
c. Peso de la semilla .....	5
d. Pruebas de germinación .....	5
e. Combinación de los ensayos de pureza y germinación .....	6
f. Energía de germinación .....	6
3.1.2 CLASIFICACION DE LAS FUENTES SEMILLERAS .....	7
A. Huerto Semillero Genéticamente Comprobado (HSGC) .....	7
B. Huerto Semillero No Comprobado (HSNC) .....	7
C. Rodal Semillero (RS) .....	8
D. Fuente Seleccionada (FS) .....	8
E. Fuente Identificada (FI) .....	9
3.1.3 RECOLECCION DE SEMILLAS FORESTALES .....	9
A. Evaluación de la demanda de semillas .....	10
B. Estimación de la cosecha de frutos y rendimiento de semillas .....	11
C. Estimación del período de la cosecha .....	11
D. Determinación de la madurez de las semillas .....	12
E. Determinación de la duración de la cosecha .....	12
F. Examen y preparación de las áreas de recolección .....	13
G. Pre-selección de los árboles .....	13
H. Plan logístico de recolección .....	13
I. Métodos de recolección de semillas forestales .....	14
a. Recolección de semillas caídas .....	14
b. Recolección de semillas en los árboles en pie .....	14
3.1.4 DESCRIPCION DE LAS ESPECIES FORESTALES EN ESTUDIO .	15
A. <i>Ainus jorullensis</i> HBK .....	15
a. Descripción .....	15
b. Distribución .....	16

c.	Usos .....	16
d.	Reproducción .....	17
B.	<i>Tectona grandis</i> Linneo .....	17
a.	Descripción .....	17
b.	Distribución .....	17
c.	Usos .....	18
d.	Reproducción .....	18
C.	<i>Cedrela odorata</i> Linneo .....	19
a.	Descripción .....	19
b.	Distribución .....	20
c.	Usos .....	20
D.	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC .....	20
a.	Descripción .....	20
b.	Distribución .....	21
c.	Usos .....	22
3.2	MARCO REFERENCIAL .....	22
3.2.1	CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO .....	22
3.2.2	ESTUDIOS SIMILARES REALIZADOS EN CENTRO AMERICA .....	22
4.	OBJETIVOS .....	26
4.1	GENERAL .....	26
4.2	ESPECIFICOS .....	26
5.	METODOLOGIA .....	27
5.1	SELECCIÓN DE ESPECIES .....	27
5.2	SITIOS DE RECOLECCIÓN .....	27
5.3	EPOCAS DE RECOLECCION .....	28
5.4	CARACTERISTICAS GENERALES DE LA FUENTE SEMILLERA .....	28
5.5	PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE FRUTOS Y SEMILLAS .....	28
5.5.1	Selección de los árboles .....	28
5.5.2	Recolección de frutos .....	30
5.5.3	Procesamiento de frutos y semillas .....	31
5.5.4	Análisis de la información .....	31
A.	Densidad .....	31
B.	Arboles descartados .....	31
C.	Densidad efectiva .....	32
D.	Producción de frutos y semillas .....	32
E.	Rendimiento de semillas por área .....	32
F.	Relaciones alométricas .....	33

5.6	REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN LAS FASES DE RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE FRUTOS Y SEMILLAS .....	34
5.6.1	Requerimientos de mano de obra en la fase de recolección de frutos	34
5.6.2	Requerimientos de mano de obra en la fase de procesamiento de frutos y semillas .....	35
5.6.3	Análisis de la información .....	35
5.7	ANALISIS DE CALIDAD DE LAS SEMILLAS .....	36
5.7.1	Contenido de Humedad (%) .....	36
5.7.2	Análisis de Pureza (%) .....	36
5.7.3	Número de semillas puras por kilogramo .....	37
5.7.4	Prueba de Germinación (%) .....	37
5.7.5	Número de semillas viables por kilogramo .....	37
5.7.6	Energía germinativa .....	38
5.7.7	Análisis de la información .....	38
6.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	39
6.1	PRODUCCION DE FRUTOS Y SEMILLAS .....	40
6.1.1	<i>Tectona grandis</i> Linneo .....	41
6.1.2	<i>Alnus jorullensis</i> HBK .....	42
6.1.3	<i>Cedrela odorata</i> Linneo .....	45
6.1.4	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC. ....	46
6.2	RENDIMIENTO DE FRUTOS Y SEMILLAS POR AREA .....	48
6.3	RELACIONES ALOMETRICAS .....	49
6.4	REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN LAS FASES DE RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE FRUTOS Y SEMILLAS .....	52
6.4.1	REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN LA FASE DE RECOLECCION DE FRUTOS .....	52
6.4.2	REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN LA FASE DE PROCESAMIENTO DE FRUTOS Y SEMILLAS .....	54
6.5	ANALISIS DE CALIDAD DE LAS SEMILLAS .....	56
7.	CONCLUSIONES .....	59
8.	RECOMENDACIONES .....	61
9.	BIBLIOGRAFIA .....	62
10.	APENDICE .....	64

## INDICE DE CUADROS

	PAGINA
Cuadro 1. Características climáticas y geográficas de los sitios de recolección .....	23
Cuadro 2. Localización de los sitios de recolección de semilla de las cuatro especies forestales analizadas .....	27
Cuadro 3. Epocas de recolección de la semilla de las cuatro especies forestales analizadas .....	28
Cuadro 4. Características generales de las 8 fuentes semilleras analizadas en Guatemala, 1997 .....	39
Cuadro 5. Producción de frutos y semillas por árbol de 4 especies forestales latifoliadas en Guatemala .....	41
Cuadro 6. Rendimiento de frutos y semillas por área en 4 especies forestales latifoliadas de Guatemala .....	48
Cuadro 7. Coeficientes de correlación, valores calculados de "t" y niveles de confianza (%) para las relaciones alométricas propuestas en cuatro especies forestales latifoliadas de Guatemala .....	50
Cuadro 8. Requerimientos de mano de obra en la fase de recolección de frutos y semillas para cuatro especies forestales latifoliadas de Guatemala .....	52
Cuadro 9. Requerimientos de mano de obra en la fase de procesamiento de frutos y semillas para cuatro especies forestales latifoliadas de Guatemala .....	55
Cuadro 10. Resultados del análisis de calidad de las semillas de cuatro especies forestales latifoliadas de Guatemala .....	57
Cuadro 11A. Boleta de campo en la fase de recolección de frutos de <i>Tectona grandis</i> en Finca Albertina, Retalhuleu .....	65
Cuadro 12A. Boleta de campo en la fase de recolección de frutos de <i>Tectona grandis</i> en Finca Las Tecas, Suchitepéquez .....	66
Cuadro 13A. Boleta de campo en la fase de recolección de frutos de <i>Ainus jorullensis</i> en Parcelamiento Pachalí, Sacatepéquez .....	67
Cuadro 14A. Boleta de campo en la fase de recolección de frutos de <i>Ainus jorullensis</i> en Finca Caleras Chichavac, Chimaltenango .....	68
Cuadro 15A. Boleta de campo en la fase de recolección de frutos de <i>Cedrela odorata</i> en Finca El Tesoro, Escuintla .....	69
Cuadro 16A. Boleta de campo en la fase de recolección de frutos de <i>Cedrela odorata</i> en Finca Villa Melida, Escuintla .....	70

Cuadro 17A.	Boleta de campo en la fase de recolección de frutos de <i>Tabebuia rosea</i> en Finca Anabella, Escuintla .....	71
Cuadro 18A.	Boleta de campo en la fase de recolección de frutos de <i>Tabebuia rosea</i> en Finca Villa Melida, Escuintla .....	72

### INDICE DE FIGURAS

		PAGINA
Figura 1.	Sección de una rama de Aliso ( <i>Ainus jorullensis</i> HBK), presentando hojas, inflorescencias y frutos .....	16
Figura 2.	Sección de una rama de Teca ( <i>Tectona grandis</i> Linneo), presentando hojas e inflorescencias .....	18
Figura 3.	Características botánicas más sobresalientes de Cedro ( <i>Cedrela odorata</i> Linneo.) .....	19
Figura 4.	Sección de una rama de Matiliguatate ( <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.), presentando hojas, inflorescencias, fruto y semilla .....	21

RENDIMIENTO DE SEMILLA DE *Alnus jorullensis* HBK, *Tectona grandis* Linneo, *Cedrela odorata* Linneo y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. Y REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN SU PROCESAMIENTO EN GUATEMALA

SEED YIELD OF *Alnus jorullensis* HBK, *Tectona grandis* Linneo, *Cedrela odorata* Linneo AND *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. AND LABOR FOR ITS PROCESSING IN GUATEMALA

RESUMEN

En Guatemala, la producción de semillas forestales aún no representa una actividad que pueda ser considerada como rentable, debido a que no existe información sobre el rendimiento que se obtiene de especies forestales en fuentes semilleras seleccionadas y manejadas con dicho propósito. Al mismo tiempo es importante considerar la gran cantidad de semilla de calidad genética y fisiológica que se necesita para garantizar la sobrevivencia e incremento en la producción de las plantaciones que se establezcan.

Con el fin de atender dicha demanda de información, el objetivo del presente estudio fue cuantificar la producción y el rendimiento de semillas en cuatro especies forestales latifoliadas de alta demanda actual en Guatemala: Aliso (*Alnus jorullensis* HBK.), Teca (*Tectona grandis* Linneo), Cedro (*Cedrela odorata* Linneo) y Matiliguete (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.); y al mismo tiempo estimar los requerimientos de mano de obra en las fases de recolección y procesamiento de frutos y semillas, por parte del personal del Banco de Semillas Forestales del Instituto Nacional de Bosques -INAB- en las fuentes semilleras establecidas.

El muestreo de las cuatro especies en estudio se realizó en ocho sitios distintos, de manera que se analizaron dos procedencias para cada especie. Dentro de cada una de las procedencias, se levantaron dos parcelas circulares de mil metros cuadrados en las que se seleccionaron diez árboles semilleros, escalables y que pudieran ser categorizados dentro de las clases 1 y 2 de la Calificación de PROSEFOR (Mesén, 1994), recolectando en dichos árboles todos los frutos accesibles al escalador y llevando un registro de cada árbol, en forma individual a manera de poder cuantificar la producción de frutos y semillas por árbol.

Con la información generada, la producción de semillas de las especies analizadas se puede resumir de la siguiente

manera: *Tectona grandis* puede producir un valor medio de 1.1 kilogramos de semilla por árbol, *Alnus jorullensis* un valor medio de 0.5 kilogramos de semilla por árbol, *Cedrela odorata* un valor medio de 1.1 kilogramos de semilla por árbol y *Tabebuia rosea* un valor medio de 1.2 kilogramos de semilla por árbol, considerando que en el nivel de producción de frutos y semillas de las cuatro especies influyen las características de área de copa, edad del rodal y densidad total del rodal.

En los requerimientos de mano de obra, *Tectona grandis* fue la especie que presentó la mayor demanda en la fase de recolección, ya que un escalador es capaz de recolectar únicamente 8.5 kilogramos de frutos en un día, mientras que para *Tabebuia rosea* se pueden recolectar hasta 27.8 kilogramos de frutos en un día. En la fase de procesamiento *Cedrela odorata* requiere la mayor cantidad de mano de obra debido al tamaño y características de su semilla, mientras que *Tectona grandis* es la especie que menor cantidad de mano de obra ocupa para procesar, ya que un operario puede trabajar hasta 2.3 kilogramos de semilla al día.

## 1. INTRODUCCION.

La fuerte deforestación y degradación de la vegetación arbórea que está ocurriendo en muchos países en vías de desarrollo demanda la ejecución de programas masivos de manejo, protección y reforestación. Para la ejecución de tales programas se necesita una gran cantidad de semilla de calidad genética y fisiológica adecuada, que garantice una alta sobrevivencia y un aumento en la producción de las plantaciones que se establezcan.

Un país que desea llenar satisfactoriamente sus necesidades de semilla debe tener, para comenzar, un buen conocimiento de sus programas reales de reforestación actuales y futuros. Debe poseer, además, una organización adecuada para la identificación, selección y manejo de las fuentes semilleras, así como para la recolección, procesamiento, almacenamiento y suministro de la semilla.

En Guatemala, existe poca información disponible sobre la producción y el rendimiento de semilla de especies forestales, y casi ninguna información sobre los rendimientos de recolección y los costos y beneficios a los que pueda conducir esta actividad. Por tal motivo, la presente investigación tuvo como objetivo cuantificar los niveles de producción y los requerimientos de mano de obra en la recolección y procesamiento de semillas de cuatro especies forestales latifoliadas (*Alnus jorullensis*, *Tectona grandis*, *Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea*) en fuentes semilleras previamente identificadas por el Banco de Semillas Forestales -BANSEFOR- del Instituto Nacional de Bosques -INAB-, especies que fueron seleccionadas bajo el criterio de semillas de especies latifoliadas de alta demanda actual en Guatemala.

Mediante la metodología se realizaron muestreos de las cuatro especies en ocho sitios distintos, de manera que para cada especie se analizaron dos procedencias. Dentro de cada una de las procedencias se levantaron dos parcelas circulares, mediante un muestreo selectivo o preferencial, en las que se seleccionaron los árboles que pudieran ser categorizados dentro de las clases 1 y 2 de la calificación de PROSEFOR propuesta por Mesén en 1994.

La información se analizó promediando la cantidad de frutos y semillas por árbol y proyectando la producción por hectárea para cada procedencia; así como también se estimó la calidad de la semilla y los rendimientos de mano de obra con los que se colectó y procesó dicha semilla.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La degradación del recurso bosque a causa del mal manejo y sobre uso ha sido reconocida como una fuerte amenaza para todos los ecosistemas y por consiguiente para el mismo hombre. A pesar de que se está consciente de los problemas de la degradación del bosque, pocos son los esfuerzos que se han realizado para recuperar las masas forestales que han sido destruidas. En este sentido, es necesario mencionar que en los últimos años los esfuerzos realizados en torno a las reforestaciones se han visto afectados, en parte por no proporcionar un manejo adecuado, pero principalmente debido a que solo en una mínima parte de dichas reforestaciones se ha utilizado semilla de calidad genética proveniente de fuentes manejadas, lo que ha provocado que en la actualidad varias plantaciones establecidas presenten árboles con características fenotípicas no adecuadas.

Aunado a las características indeseables que se obtienen de los individuos provenientes de semilla de mala calidad, el no utilizar semilla de fuentes manejadas ha provocado que la producción de semillas forestales aún no represente una actividad que pueda ser considerada como rentable en el mercado de productos forestales, debido a que no existe información sobre el rendimiento que puedan alcanzar especies forestales en fuentes semilleras seleccionadas y manejadas para dicho fin.

El desconocer los niveles de producción y rendimiento de semilla en una determinada fuente semillera y el no contar con una estimación de los costos de recolección y los ingresos que se pueden percibir por la venta de dicha semilla, puede llegar a provocar una falta de interés por parte de instituciones privadas o estatales que deseen establecer y manejar las fuentes semilleras con fines comerciales.

Por otro lado, se desconocen los rendimientos de mano de obra para recolectar y procesar dicha semilla, lo cual no permite tener una idea de la cantidad y calidad de personal que se requiere para esta actividad, y consecuentemente de la inversión que se debe realizar para la producción semillera.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL.

##### 3.1.1 CONCEPTOS GENERALES.

###### A. Definición de Semilla.

Una semilla es el óvulo fecundado y maduro que contiene un embrión y en ocasiones endospermo; se encuentra rodeada por la cubierta de la semilla (8). En la maduración del óvulo y antes de la germinación de la semilla, el embrión consiste de un epicótilo (el cual se desarrolla de un tallo), una radícula (la cual forma la raíz primaria), un hipocótilo (el cual conecta el epicótilo con la radícula), y uno ó dos cotiledones, u hojas de la semilla. La cubierta de la semilla o testa, se desarrolla a partir de los integumentos y frecuentemente presenta variaciones en los rasgos de la superficie (8).

###### B. Germinación de las Semillas.

Según Justice, citado por Willan (16), la germinación se define como el surgimiento y desarrollo, a partir del embrión de la semilla, de las estructuras esenciales que indican la capacidad de la semilla para producir una planta normal en condiciones favorables.

La planta embrionaria se mantiene en un estado de desarrollo suspendido al que se denomina latencia, el cual termina cuando ocurre la germinación. El tiempo durante el cual se retrasa la germinación es muy variable. Conforme la semilla se desarrolla hay una pérdida progresiva de agua de sus tejidos. La absorción de agua a partir del suelo circundante para reemplazar la que se pierde suele ser el principal requisito para la germinación. Para muchas semillas; sin embargo, existen otros tratamientos pregerminativos. Ciertas semillas germinan bajo la influencia de la luz; otras requieren humedecimiento prolongado, escarificación de la cubierta dura y fuego directo. Estos

requisitos aparentemente absurdos tienen sentido ecológico (15).

Un primer paso en la interrupción de la latencia es la liberación de la hormona giberelina por el embrión, la cual se difunde por toda la semilla. En las monocotiledóneas, las hormonas desencadenan la producción de enzimas digestivas por la aleurona; en las dicotiledóneas, las enzimas digestivas son producidas por los cotiledones. Dichas enzimas proceden luego a degradar las sustancias nutritivas almacenadas en el endospermo o los cotiledones (15).

### C. Análisis de la calidad de las semillas.

La función de un laboratorio de semillas es determinar el nivel de calidad de la semilla. El problema de análisis de calidad es un tanto complejo, por cuanto la "calidad", es un concepto muy amplio que abarca diversos factores. Entre otros, destacan los siguientes:

#### a. Contenido de humedad:

Se refiere al contenido de humedad presente en la semilla y suele expresarse como porcentaje de su peso. Dicho porcentaje puede ser calculado de dos maneras: a) el peso de agua expresado como porcentaje del "peso en húmedo" o "peso en fresco" de las semillas, o b) el peso del agua expresado como porcentaje del peso final de la semilla una vez secada en estufa. Sin embargo, según las reglas del ISTA (International Seed Testing Association), el contenido de humedad de la semilla debe expresarse siempre sobre la base de su peso en húmedo (16).

#### b. Análisis de Pureza:

Las muestras de semillas de árboles pueden contener impurezas como semillas de malas hierbas, semillas de otras especies arbóreas, estructuras seminales separadas, partículas de hoja y otros materiales. El análisis de pureza tiene por finalidad determinar la

composición, en peso, de la muestra que es objeto del ensayo. Para ello se separa la muestra en las partes que la componen. Cuando se efectúa el análisis de pureza, es el primer ensayo que debe realizarse, pues los ensayos ulteriores se efectúan únicamente sobre el componente de semilla pura (16).

c. **Peso de la semilla:**

El peso de la semilla se mide en el componente de semilla pura que se ha separado mediante el ensayo de pureza. Se expresa normalmente como el peso de 1,000 semillas puras, sin embargo, es muy sencillo convertir esta cifra en el número de semillas puras por gramo o por kilogramo, según se requiera. El peso puede determinarse sencillamente contando 1,000 semillas y pesándolas, pero la utilización de varias muestras más pequeñas permite al analista estimar la variación que existe dentro de la muestra. El ISTA prescribe ocho réplicas de 100 semillas cada una, con las que se puede calcular la desviación típica y el coeficiente de variación, así como la media (16).

d. **Pruebas de germinación:**

De todas las mediciones de la calidad de un lote de semilla, ninguna tiene tanta importancia como la que sirve para determinar la germinación potencial de las semillas. Los ensayos de germinación que se efectúan en laboratorio tiene por finalidad principal estimar el número máximo de semillas que pueden germinar en las condiciones óptimas. La utilización de condiciones ideales normalizadas en el laboratorio, como las que prescribe el ISTA, garantiza que los resultados obtenidos con un determinado lote en un laboratorio sean idénticos con los obtenidos en cualquier otro laboratorio de ese mismo u otro país. Por el contrario, está claro que los resultado que se obtienen en las condiciones ideales controladas en el laboratorio no son directamente aplicables sobre el terreno, en el vivero, donde sólo se puede ejercer un control limitado sobre las condiciones ambientales (16).

Normalmente un ensayo consta de 400 semillas en 4 réplicas de 100 semillas cada una, pero, si 100 semillas son demasiadas para el substrato de que se dispone, entonces las replicaciones pueden subdividirse en un número mayor de réplicas más pequeñas, de 50 ó 25 semillas cada una. Se recomienda de manera general dejar entre las semillas entre 1.5 y 5 veces la anchura o el diámetro normal de la semilla, para reducir el riesgo de que se desarrollen mohos de hongos (16).

e. Combinación de los ensayos de pureza y germinación.

En los lotes comerciales de semilla de algunas especies forestales no suele efectuarse el ensayo de pureza, pues es difícil o imposible separar la semilla de los residuos de algunas especies. Esto ocurre principalmente en las especies en las que las semillas y los residuos (granizas) son muy parecidos en tamaño, peso y color. Por esas razones, lo mejor es realizar los ensayos sobre réplicas en peso y registrar los resultados como número de semillas germinadas por unidad de peso de la mezcla impura de semilla y material inerte. Sin embargo, también se puede efectuar un ensayo de aplastamiento para obtener una estimación aproximada de la viabilidad (16).

f. Energía de germinación:

Según Ford y Robertson (1971), citados por Willan (16), hay más de una forma de definir la energía de germinación: a) el porcentaje, en número, de semillas de una muestra determinada que germinan dentro de un periodo determinado (que se denomina el periodo de energía), en óptimas o determinadas condiciones y b) el porcentaje, en número, de semillas de una muestra determinada que germinan hasta llegar al momento de germinación máxima, que generalmente significa el número máximo de germinaciones en 24 horas.

En ambas definiciones la duración del período de energía es considerablemente inferior a la del período del ensayo completo que prescribe el ISTA. La energía germinativa es una medida de la velocidad de la germinación, y por ello se supone que también lo es del vigor de la semilla y del germen que produce (16).

Según Allen (1958), citado por Willan (16), otro método para comparar la energía de germinación de diferentes lotes de semilla consiste en registrar la "tasa de germinación", es decir, el número de días que se necesitan para conseguir el 50 por ciento de la capacidad de germinación. Cuanto más breve sea ese período, tanto mayor será la energía de germinación.

### 3.1.2 CLASIFICACION DE FUENTES SEMILLERAS.

#### A. Huerto Semillero Genéticamente Comprobado (HSGC).

Plantación de clones o progenies seleccionadas intensivamente, aislada para reducir la contaminación de polen de árboles inferiores y manejada intensivamente para la producción de semillas. Tiene el respaldo de pruebas de progenies y ha sido sometido a aclareos genéticos (6).

#### B. Huerto Semillero No Comprobado (HSNC).

Huerto semillero similar al anterior pero no ha sido sometido a aclareos genéticos (6). El concepto de aclareo genético está referido básicamente a la eliminación de individuos con características "fenotípicas" no deseadas, a manera de favorecer el desarrollo de árboles con características deseables; como los descritos en las clases 1 y 2 de la Calificación de PROSEFOR (Mesén, 1994) y que se refieren a árboles excelentes y árboles buenos.

Uno de los principales propósitos de los aclareos genéticos es desarrollar copas amplias en los árboles semilleros para aumentar al máximo la producción de semilla por árbol. Esto se logra aislando la copa de los árboles semilleros de sus vecinos (13).

C. Rodal Semillero (RS).

"Según Snyder (1972) el rodal semillero conocido también como Area de Producción de Semilla tradicional (APS), se define generalmente como un rodal superior o plus que normalmente es aclareado y mejorado a través de la remoción de los árboles indeseables y que es manejado para una producción pronta y abundante de semillas" (13).

Puede ser plantado o natural, aislado o manejado para reducir la contaminación de polen de árboles inferiores y que ha sido sometido a aclareos de mejoramiento para dejar entre 100 y 250 árboles por hectárea con características fenotípicas deseables para el caso de plantaciones. En bosque natural puede contener entre 60 y 80 árboles en un área con condiciones ambientales similares (6).

Debe tener una base genética amplia, con el 50% de los árboles en estado de fructificación y un área mínima de 1.0 ha en caso de plantaciones (para Eucalipto, Casuarina y Aliso puede considerarse menos área). En bosque natural, el área no es un limitante, siempre y cuando los árboles se localicen en condiciones ambientales similares (6).

D. Fuente Seleccionada (FS).

Esta fuente no cumple con uno o varios de los requisitos mencionados para Rodal Semillero, principalmente porque presenta problemas de aislamiento, posee menos de 100 árboles deseables por hectárea (plantaciones) ó entre 30 y 50 árboles en bosque natural o porque aún no han sido sometidos a aclareos de mejoramiento (contiene más de 200 árboles/ha). Aún así, deben poseer una base genética amplia, una densidad que permita obtener un mínimo de 100

árboles/ha y 50% de ellos con características deseables (6).

Los bosques que se encuentren en ésta categoría por problemas de aislamiento o porque no se les ha efectuado ningún aclareo, pero cumplen con los otros requisitos, pueden pasar a la categoría de Rodal Semillero si se realizan las acciones correspondientes (6).

#### E. Fuente Identificada (FI).

Son grupos de árboles que por su baja densidad, poca área y/o porque no contienen el número suficiente de árboles por hectárea, no clasifican dentro de la categoría anterior, pero pueden utilizarse en forma temporal mientras se establecen fuentes más avanzadas (6).

En ésta categoría se encuentran principalmente: a) parcelas experimentales (pruebas de procedencia y/o progenie con un número reducido de árboles); b) plantaciones piloto o demostrativas de poca extensión; c) las especies del bosque natural que por su naturaleza ocurren en baja densidad (30 árboles) o no alcanzan el número mínimo de árboles deseables por hectárea (68).

### 3.1.3 RECOLECCION DE SEMILLAS FORESTALES.

El primer paso que debe contemplarse para lograr una recolección exitosa, consiste en planificar bien todas las actividades que se piensan desarrollar, antes de iniciar la faena. Muchas veces resulta difícil obtener a tiempo toda la información necesaria para llevar a cabo lo anterior, por causa de planes y objetivos no bien definidos dentro de la organización misma en la que está involucrado el programa semillero (2).

A. Evaluación de la demanda de semillas.

"La demanda de semillas está determinada por las metas de plantación. Moestrup (1968) explica los procedimientos de evaluación y cálculo de la demanda de semillas, mediante el uso de planes de cinco o diez años para programas de plantación" (11).

"Para el forestal encargado de planificar recolecciones anuales de semilla, el problema es básicamente el mismo: evaluar la demanda de semillas por especies, procedencias y categorías de fuentes semilleras para las siguientes épocas o estaciones" (11).

"Desafortunadamente, la producción de semillas en la mayoría de las especies, no es estable. Muchos factores pueden influir en la variación anual de producción de semillas: Factores genéticos (es común, especies que presentan periodicidad y florecen abundantemente en un ciclo regular de por ejemplo, cuatro años, con mas o menos efecto pronunciado). Las variaciones climáticas, también pueden influir la floración o dañar una cosecha promisorio. La presencia de plagas y enfermedades puede variar de año a año. La interferencia humana también influye en la cosecha, por ejemplo, raleos del bosque, incendios forestales y daños causados por recolecciones de semillas en años anteriores sobre los mismos árboles" (11).

"Estas variaciones en la producción de semillas pueden atrasar considerablemente las metas de plantación, sino se toman en cuenta. Esto implica la necesidad de hacer planes intermedios de demanda de semillas, por ejemplo, con cinco o diez años de anticipación, e ir registrando las variaciones y posibilidades de recolección en cada fuente semillera" (11).

"Por otro lado, la presencia de buenos años de cosecha, abre la posibilidad de recolectar mayores cantidades que las requeridas al momento. Esto es factible, si existen buenas facilidades de almacenamiento y si las especies se pueden almacenar por uno o más años. La ventaja de recolectar en buenos años de cosecha, es el menor costo de producción por kilogramo y en algunos casos, mejor calidad de semilla, debida a la mejor polinización y presión más baja de plagas. Estos

factores podrían hacer el almacenamiento factible" (11).

**B. Estimación de la cosecha de frutos y rendimiento de semillas.**

Casi toda estimación de la cantidad de frutos disponibles consiste en la observación de los árboles, recordando que su utilidad principal es comparar la cosecha de un año con otro o de un lugar con otro. Cada estimación requiere dos etapas: a) Estimación del número promedio de frutos de cada árbol semillero de la zona y b) Estimación del número de árboles semilleros por hectárea dentro de la zona (2).

Una vez estimada la cosecha de frutos hay que estimar el rendimiento de semillas de cada fruto. Como en las estimaciones ya mencionadas, se encuentra mucha variación en el rendimiento debido a los varios factores que afectan el desarrollo de la semilla. Vale la pena hacer notar que con las mejores cosechas de frutos suele haber un mejor rendimiento de semillas por fruto, principalmente a causa de una mejor fecundación (2).

**C. Estimación del período de la cosecha.**

Si se decide llevar a cabo una recolección en base a las estimaciones de cosechas y rendimiento, el próximo paso sería el de estimar el período de la cosecha, es decir, la fecha cuando se puede iniciar la recolección, y la duración de la misma (2).

La madurez de las semillas y el comienzo de su diseminación natural son los dos factores principales que determinan el período de cuando se puede realizar la recolección. El uso máximo de la cosecha disponible depende del conocimiento sobre el proceso de maduración, para que se pueda determinar el grado de madurez y poder cosechar los frutos inmediatamente antes de que su semilla se madure, de manera que se utilice todo el período antes de la caída natural de las mismas (2).

#### D. Determinación de la madurez de las semillas.

El indicador más aceptable para determinar la madurez de una semilla es cuando ésta ha llegado a alcanzar su peso seco máximo, que es el punto conocido como madurez fisiológica. Eso indica que la planta madre ya no está alimentando a la semilla con nutrientes. El peso fresco máximo no indica madurez fisiológica, porque la semilla empieza a perder agua mientras se están acumulando los nutrientes y los procesos bioquímicos continúan. La madurez fisiológica es acompañada por cambios físicos en el fruto o en la semilla, los cuales se pueden utilizar como índices prácticos de madurez (2).

Existen varios métodos que están basados en la fecha y en las condiciones físicas y químicas del fruto y su semilla. Cada especie tiene un método apto, y es muy importante determinarlo por medio de experimentos. Sin embargo, queda la posibilidad de recolectar frutos inmaduros y luego permitir una post-maduración de la semilla, si la especie lo permite. El realizar la recolección de semillas inmaduras, ayuda a prolongar la duración de la recolección, evita daños en la cosecha por causas de insectos y otras plagas y permite el aprovechamiento de semillas inmaduras recolectadas por descuido (2).

#### E. Determinación de la duración de la cosecha.

El tiempo de duración de la cosecha puede perjudicar las operaciones, especialmente en aquellas especies en donde sus semillas maduran un poco antes de la estación lluviosa y a menudo continúan madurando durante el inicio de las primeras lluvias cuando el acceso al bosque comienza a volverse difícil. Por eso se debe estimar la duración de la cosecha, lo cual se puede hacer en base a la experiencia de años anteriores, tomando en cuenta las condiciones prevalecientes del año a cosechar (2).

Se debe tener especial cuidado de no recolectar de aquellas cosechas donde los frutos maduran muy tarde y fuera de la época normal de la especie, porque en éste caso la calidad física de la

semilla puede ser baja a causa de una mala fecundación de los frutos (2).

F. Examen y preparación de las áreas de recolección.

La pre-organización se inicia principalmente con un estudio más detallado de las áreas propuestas para la recolección. Muchas decisiones y actividades subsiguientes dependerán de las especies y del tipo de rodal en donde se piensa recolectar. Durante este estudio, el encargado de recolección deberá considerar el método de recolección a emplear y consecuentemente, el tipo de equipo que va a necesitar (2).

El encargado también deberá informarse respecto a si los rodales son suficientemente extensos y si el número de árboles semilleros es suficiente para la cuota asignada (2).

G. Pre-selección de los árboles.

Si la selección de fuentes semilleras requiere de que se haga la recolección de árboles seleccionados dentro de un rodal en oposición a una recolección general de un bosque o rodal semillero, es práctico marcar los árboles seleccionados con cinta plástica o pintura antes de empezar la recolección (2).

H. Plan logístico de recolección.

Una vez que el encargado haya examinado las áreas de recolección, y puesto en marcha cualquier preparación del sitio, debe iniciar la preparación de un plan logístico de recolección. El plan debe cubrir los siguientes aspectos:

- Cantidad y tipo de equipo requerido.
- Número de recolectores, tamaño de las brigadas y el número de supervisores de campo.

- Duración de la recolección en cada zona.
- Cantidad de vehículos y su distribución.
- Cantidad y facilidades de almacenamiento de los frutos (2).

Con la información acerca de las cantidades y fechas, el encargado puede determinar la distribución de sus recursos como equipo, vehículos y personal, de acuerdo a un calendario de actividades. Si el encargado tiene que recolectar una gran variedad de especies, hay que asegurarse de que los planes para cada especie coincidan de acuerdo con las fechas de maduración y cantidad de recursos disponibles (2).

#### I. Métodos de recolección de semillas forestales.

##### a. Recolección de semillas caídas.

Consiste en hacer la recolección de las semillas una vez desprendidas de los árboles, tal y como se realiza en varias especies frondosas como Caoba, Cedro, Roble, etc. De ser posible, se recomienda limpiar el suelo debajo de los árboles donde se realizará la recolección. Es imperativo que la semilla caída al suelo sea lo antes posible recolectada, para evitar pérdidas por insectos, animales u hongos. Sin embargo, hay que tener presente que las primeras semillas o frutos que caen en general son de mala calidad (1).

##### b. Recolección de semillas en los árboles en pie.

La mayor cantidad de semillas se recoge en árboles en pie, este método evidentemente es el más difícil y el más costoso, pero se tiene la seguridad de que las semillas proceden de los árboles seleccionados y de la parte superior de la copa (1).

Los árboles se pueden escalar de varios modos: El uso de espolones es lo más frecuente. El espolón de hierro forjado se sujeta mediante dos correas de cuero bien curtido, suave y

firme al calzado del escalador, es importante que los zapatos del escalador estén firmes y bien cerrados en las piernas del operador. Este espolón termina en una punta firme cuya longitud varía según el método que se emplee para escalar los árboles. Sin embargo, los espolones tienen la desventaja que dañan los árboles con corteza delgada y lisa por eso en los árboles jóvenes y con corteza fina hay que evitar su empleo (1).

Para la recolección de conos, semillas o frutos de árboles de corteza muy fina y lisa, se recomienda el uso de Baum-velo o bicicleta del escalador, los cuales se usan con mucha facilidad en árboles con fustes lisos, muy especialmente se recomienda el uso de Baum-velo en la recolección de yemas y polen en árboles plus para evitar dañarlos. Finalmente, otro método es el uso de escaleras, en las que se tiene una gran variedad en la construcción, longitud y material (1).

### 3.1.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES FORESTALES EN ESTUDIO.

#### A. *Alnus jorullensis* HBK.

##### a. Descripción:

Esta especie pertenece a la familia Betulaceae y se le conoce con el nombre común de Aliso. Es un árbol pequeño o algunas veces grande que consta de una corteza lisa, delgada y de color café. Las ramas son usualmente glabras. Las hojas oblongas a ovadas u oblongo-ovadas, principalmente de 7 a 12 centímetros de longitud, agudas o acuminadas, o unas cuantas hojas obtusas, con la base aguda o redondeada, serrada irregular, verde y glabra en el haz, generalmente lustrosa, envés pálido, más o menos piloso al inicio pero al envejecer glabro, en el envés dotada con glándulas de cera, generalmente conspicuas y frecuentemente muy densas. Tiene amentos estaminados de 3 a 6 centímetros de longitud; estróbitos sésiles o subsésiles, generalmente alrededor de 12 milímetros de longitud, algunas veces ligeramente más grande (14). (Ver figura 1).

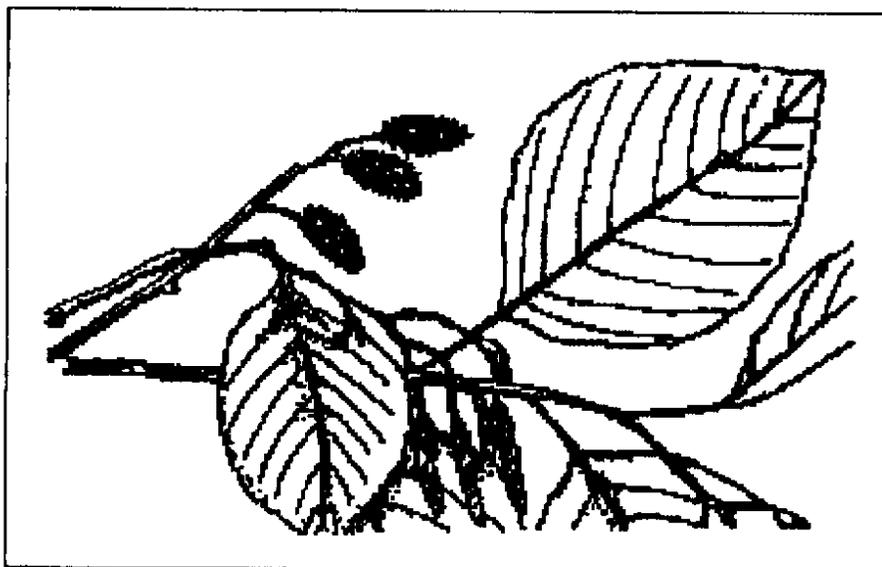


Figura 1. Sección de una rama de Aliso (*Alnus jorullensis* HBK.), presentando hojas, inflorescencias y frutos.  
Fuente: Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales, CATIE, 1997.

b. Distribución:

Se encuentra en bosques húmedos o en bosque mixtos muy húmedos, a menudo asociado con Encino, de 1,800 a 3,700 metros sobre el nivel del mar. En Guatemala se encuentra principalmente en los departamentos de Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá, Quetzaltenango, San Marcos y Huehuetenango. En México, en el volcán de Jorullo, en los Andes en Sur América, de Venezuela a Bolivia (14).

c. Usos:

La madera de Aliso se utilizada en construcciones livianas; para la construcción de muebles, gabinetes, cajas, palos de escoba, palillos; para postes de alumbrado eléctrico; en artesanía; para pulpa de papel y para leña y carbón. Las hojas y la corteza se utilizan para tinturas y para curtir cuero, a la vez que tienen algunos usos medicinales. Las hojas tiernas sirven para forraje (3).

Otros usos importante del Aliso es que como árbol es utilizado para la recuperación de

suelos degradados (debido a la capacidad que tiene de fijar el nitrógeno atmosférico), para la protección de cuencas y en reforestaciones y sistemas agrosilvopastoriles (3).

d. Reproducción:

La viabilidad de la semilla es bastante corta después de su colecta, algunos estudios reportan porcentajes de germinación que varían de 7 a 15% después de un mes de almacenaje ambiental, sin embargo, se pueden tener porcentajes de germinación mucho más altos teniendo un almacenaje adecuado (3).

B. *Tectona grandis* Linneo.

a. Descripción:

Esta especie se conoce con el nombre común de Teca, pertenece a la familia Verbenaceae. Es árbol de 30 a 40 metros de altura, el cual se desarrolla en climas tropicales y subtropicales con marcada estación seca en elevaciones de 0 a 900 msnm. El fruto consiste en una drupa coriácea pilosa, es un fruto de más o menos media pulgada de diámetro, rodeado de una cubierta gruesa afelpada de color café claro, que contiene de una a tres semillas o raramente cuatro (5). (Ver figura 2).

b. Distribución:

Debido a que en Guatemala es una especie exótica, se reporta únicamente en plantaciones en los departamentos de Escuintla y Suchitepéquez, en donde recolecta semillas el Banco de Semillas Forestales (5).

Esta especie es nativa del sureste de Asia; dentro del género *Tectona* es la especie más importante en India, Tailandia e Indochina (5).

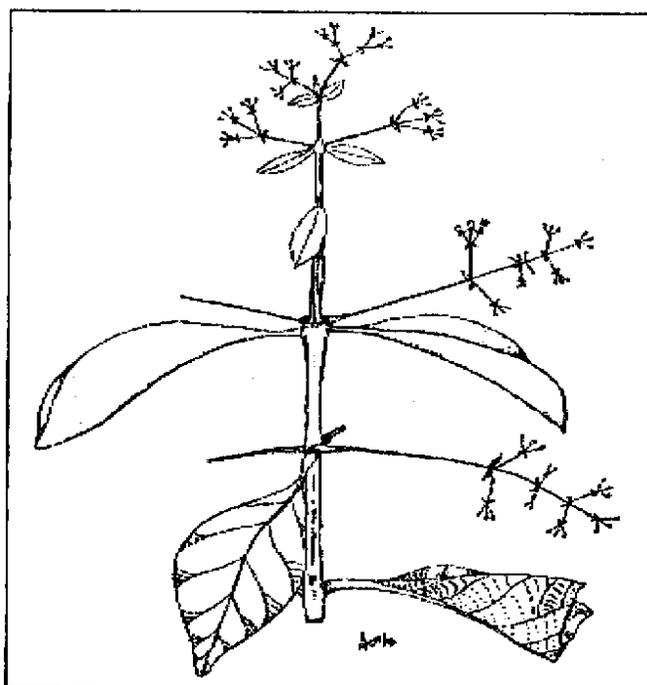


Figura 2. Sección de una rama de Teca (*Tectona grandis* Linneo.), presentando hojas e inflorescencias.  
Fuente: Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales, CATIE, 1997.

c. Usos:

La madera de Teca es notable por su resistencia a los cambios de temperatura y humedad. Se utiliza para construcciones pesadas y livianas, muebles finos, cajas, postes para alumbrado eléctrico, cercas, carbón, leña y tableros contrachapados (5).

d. Reproducción:

Según Murty citado por García Rodríguez (5), la germinación de la semilla de teca es muy fluctuante y afectada por cuidados que resultan significativos. La cubierta dura de la semilla, el letargo, la edad, el tamaño de la semilla y la edad de los árboles padres, son todos los factores de la semilla que deben ser investigados. La necesidad de oxígeno, condiciones de la mezcla del sustrato, luz y temperatura durante la germinación son los principales factores que requieren atención y un estudio detallado.

Para acelerar y uniformizar la germinación se ha recurrido a diversos tratamientos, tales como: Escarificación con ácidos, entierro en termiteros, quema de paja sobre la semilla desparramada y softamado leve con soplete (5).

C. *Cedrela odorata* Linneo.

a. Descripción:

Es sinónimo de *Cedrela yucatanana* Blake. y *Cedrela sintenisil* C.DC., pertenece a la familia Meliaceae y se le conoce con el nombre común de Cedro. Es un árbol que mide entre 20 y 30 metros de alto. El tronco es de más de un metro de diámetro, frecuentemente con gambas delgadas. La corteza externa es de color café claro con fisuras verticales ásperas y la interior es de color rosáceo. Es de ramas lisas, copa grande, alta y redondeada, las hojas son grandes, caedizas y están compuestas de 10 a 30 folíolos oblicuamente lanceolados. Las flores en ramilletes, son pequeñas y con un aroma parecido al del ajo. El fruto es una cápsula de muchas semillas aladas (4). (Ver figura 3).

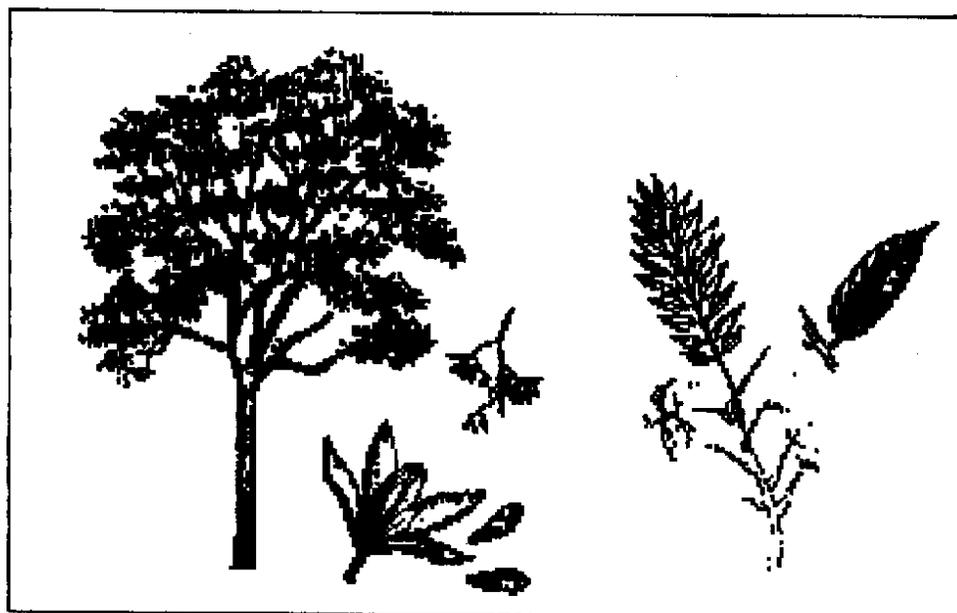


Figura 3. Características botánicas más sobresalientes de Cedro (*Cedrela odorata* Linneo.)  
Fuente: Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales, CATIE, 1997.

b. **Distribución:**

El Cedro crece en los bosques húmedos de América, desde México, Centro América, hasta Perú, Ecuador, Brasil y las Guyanas (4).

c. **Usos:**

La madera es de color rojizo a moreno claro, de grano fino, compacta, liviana, aromática, fuerte, durable, refractaria a la polilla, estable y fácil de trabajar (4).

Se utiliza para fabricar muebles finos, marcos de ventanas, puertas, paredes y baños sauna. Muy usada en ebanistería, instrumentos musicales, esculturas y tallados, también en aeromodelismo, juguetes y artesanía, flotadores, cubiertas y forros de embarcaciones, parquet, chapas y molduras, aparatos de precisión, partes de molinos y forros cerrados para relojes (4).

La infusión que se obtienen del cocimiento de sus hojas, raíz y corteza se usa como medicina casera contra la bronquitis, dispepsia, indigestión, fiebres, diarrea, vómitos, hemorragias y epilepsia. Las semillas poseen propiedades vermífugas, especialmente para eliminar lombrices. Se le aprecia como planta de sombra y ornamento. Su madera posee un perfumado aroma, producido por un aceite volátil (4).

D. ***Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.**

a. **Descripción:**

Se le conoce con el nombre común de Matiliguat y pertenece a la familia Bignoniaceae. Son árboles grandes, algunas veces de 30 metros de altura, con fustes rectos y gruesos hasta de 1 metro de diámetro, muchas veces apoyados, la copa dispersa o redondeada, la

corteza color café claro, con fisuras verticales, un tanto ásperas y largas, la corteza interna medianamente café, usualmente 5 folíolos, en peciolo muy largos, subcoriáceos, de 10 a 25 centímetros de longitud, elíptico-oblongos a elíptico-ovados o algunas veces obovados. Inflorescencias largas y abiertas, con glándulas de escamas pequeñas; cáliz bilabiado, de 1.5 a 2 centímetros de longitud, cerradas en capullo; corola de 6 a 8 centímetros de longitud, variando el color desde rosado-púrpura a raras veces blanco; ovario glandular con escamas pequeñas. Los frutos son cápsulas de 30 centímetros de longitud aproximadamente y 12 milímetros de grueso, atenuados a cada terminación (14). (Figura 4).

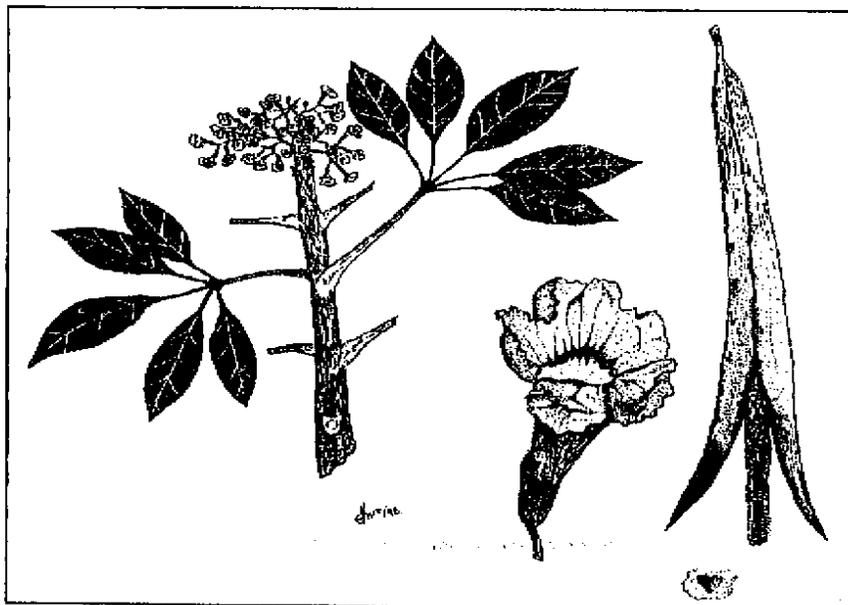


Figura 4. Sección de una rama de Matilisguate (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.), presentando hojas, inflorescencias y fruto y semilla.

Fuente: Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales, CATIE, 1997.

b. Distribución:

Común en bosques húmedos o más bien en bosques secos, a menudo en campos abiertos o a lo largo de la orilla de las carreteras; más abundante en las planicies del pacífico, pero a menudo en laderas escarpadas, a 1,200 metros o menos; principalmente en los departamentos de Petén, Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Progreso, Izabal, Zacapa, Juliapa, Santa Rosa, Escuintla, Guatemala, Sololá, Suchitepéquez, Retalhuleu, San Marcos

y Huehuetenango. En México, de Belice a El Salvador y Panamá; y hacia el sur hasta Venezuela (14).

c. Usos:

La madera es una de las más importantes en Centro América, la cual es utilizada para una gran variedad de propósitos, como: Construcciones pesadas, trabajos de amueblados y gabinetes, terminados de interiores, construcción de barcos, carretas y muchos otros tipos de trabajos (14).

### 3.2 MARCO REFERENCIAL.

#### 3.2.1 CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO.

En el Cuadro 1, se presentan las principales características climáticas y geográficas de los sitios en donde se encuentran las fuentes semilleras que fueron objetos de estudio. Es importante aclarar que la información climática corresponde a observaciones de cinco a veinte años en las estaciones meteorológicas que se encuentran más cercanas a cada uno de los sitios de muestreo.

#### 3.2.2 ESTUDIOS SIMILARES REALIZADOS EN CENTRO AMERICA.

En Costa Rica, Murillo, Rojas y Vilchez (1993) estimaron la cosecha en un rodal semillero de aliso (*Alnus acuminata*), recolectando infrutescencias en una plantación de 12 años de edad, que ocupa la extensión de 1 hectárea. Utilizando parcelas circulares de 10 metros de radio, se estimó la frecuencia de árboles fértiles y estériles en el rodal, obteniendo que en promedio un 40% de los árboles no mostraban flores ni infrutescencias, es decir que eran estériles. Del total de árboles considerados estériles, el 84% eran suprimidos, mientras que solo 8% eran codominantes y ninguno de los dominantes apareció estéril; demostrando que hay una alta asociación entre la posición sociológica de la copa y la capacidad de reproducción (9).

Cuadro 1. Características climáticas y geográficas de los sitios de recolección.

ESPECIE	<i>Tectona grandis</i>		<i>Alnus jorullensis</i>		<i>Cedrela odorata</i>		<i>Tabebuia rosea</i>	
	Finca Albertina, Retalhuleu	Finca Las Texas, Suchitepéquez	Parcelamiento Pachali, Sacatepéquez	Finca Caleras Chichavac, Chimaltenango	Finca El Tesoro, Escuintla	Finca Villa Melida, Escuintla	Finca Anabella, Escuintla	Finca Villa Melida, Escuintla
Zona de vida (Holdridge)	bmh-ST (c)	bmh-ST (c)	bh-MB	bmh-MB	bh-ST (c)	bh-ST (c)	bh-ST (c)	bh-ST (c)
Altitud (m.s.n.m.)	100	140	2,160	2,500	35	35	37	35
Longitud (Oeste)	91°35'45"	91°23'50"	90°39'50"	90°59'33"	90°46'00"	90°48'15"	90°52'37"	90°48'15"
Latitud (Norte)	14°23'10"	14°25'50"	14°38'40"	14°48'31"	14°01'20"	14°01'55"	14°03'08"	14°01'55"
Precipitación (mm/año)	2,891	3,357	1,032	1,386	1,621	1,621	1,621	1,621
Temperatura M. A. (°C)	26.9°	27.4°	18.5°	15.4°	27.0°	27.0°	27.0°	27.0°
Pendiente (%)	5	5	7	12	5	5	3	5
Fisiografía	Planicie	Planicie	Planicie	Colina baja	Planicie	Planicie	Planicie	Planicie

Fuente: Catálogo de Semillas Forestales, DIGEBOS, 1996.

Con base en la medición del largo de 60 infrutescencias se determinó un valor de longitud de infrutescencia de 1.635 centímetros; estimando al mismo tiempo que de una infrutescencia se puede obtener en promedio 101 semillas completas, 10 semillas vanas e incompletas y 52 escamas productivas. Del total de semillas completas, un 70% logrará germinar y un 60% logrará sobrevivir para llegar a ser plántulas útiles en un vivero forestal (9).

Finalmente, la producción de infrutescencias por árbol fue estimada con base al conteo total de 16 árboles, reportando que en promedio un árbol produce alrededor de 287 infrutescencias por año, teniendo un DAP promedio de 19.92 centímetros, 4.07 metros de diámetro de copa y 23.20 metros de altura total. En ese sentido, con el fin de poder predecir la cosecha de infrutescencias de un rodal semillero con esta especie, se intentó ajustar un modelo matemático capaz de explicar apropiadamente este fenómeno; sin embargo, se obtuvieron resultados parcialmente satisfactorios, ya que indican los mismos investigadores que para eso se necesita un mayor número de muestras (9).

Jara y Valle (1995) determinaron la producción y rendimiento de semilla de diez especies forestales: *Eucalyptus camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. deglupta*, *Tectona grandis*, *Leucaena leucocephala*, *Swietenia humilis*, *S. macrophylla*, *Alnus acuminata*, *Gliricidia sepium* y *Cordia alliodora*. Las semillas fueron recolectadas de fuentes semilleras de El Salvador (5), Costa Rica (6) y Guatemala (1). En Talcualhuya, El Salvador, *Tectona grandis* presentó un peso promedio de frutos por árbol de 2.2 kilogramos y de semilla de 1.8 kilogramos, mientras que en Santa Teresa, El Salvador, la misma especie presentó un peso promedio de frutos por árbol de 5.1 kilogramos y de semilla de 4.2 kilogramos (7).

En las mismas fuentes semilleras, los rendimientos de recolección variaron entre 0.3 a 1.2 kilogramos por hombre por día para semillas pequeñas y entre 2.0 a 4.0 kilogramos por hombre por día para semillas grandes. El procesamiento de los frutos y semillas (secado, selección y limpieza) no representó mayor consumo de mano de obra, sin embargo, es una actividad que requiere de personal que esté pendiente de los cambios climáticos interpestivos (7).

Por último, es importante mencionar el estudio realizado por Ruano Chamalé (1998), en el que se evaluó bajo una metodología similar a la de la presente investigación, el rendimiento de semilla de cuatro especies de coníferas: *Pinus pseudostrobus*, *P. tecunumanii*, *P. oocarpa* y *P. maximinoi* (12).

#### 4. OBJETIVOS.

##### 4.1 GENERAL.

4.1.1 Determinar el rendimiento de semilla y los requerimientos de mano de obra en las fases de recolección y procesamiento de frutos y semillas de *Ainus jorullensis* HBK, *Tectona grandis* Linneo, *Cedrela odorata* Linneo y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. en Guatemala.

##### 4.2 ESPECIFICOS.

4.2.1 Determinar la producción por árbol y el rendimiento por área de frutos y semillas de *Ainus jorullensis* HBK, *Tectona grandis* Linneo, *Cedrela odorata* Linneo y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.) en ocho fuentes semilleras de Guatemala.

4.2.2 Estudiar las relaciones existente entre las variables peso fresco de fruto y peso de semilla seca y limpia, entre área de copa y peso fresco de fruto, entre área de copa y peso de semilla seca y limpia y entre diámetro a la altura del pecho y peso de semilla seca y limpia, de las especies en estudio en ocho fuentes semilleras de Guatemala.

4.2.3 Estimar los requerimientos de mano de obra en las fases de recolección y procesamiento de frutos y semillas de *Ainus jorullensis* HBK, *Tectona grandis* Linneo, *Cedrela odorata* Linneo y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. en ocho fuentes semilleras de Guatemala.

4.2.4 Realizar pruebas de calidad en las semillas de las ocho fuentes semilleras analizadas.

## 5. METODOLOGIA.

### 5.1 SELECCION DE ESPECIES.

Las cuatro especies seleccionadas se encuentran dentro del Catálogo de Semillas Forestales de BANSEFOR, seleccionadas bajo el criterio de semillas de especies latifoliadas de alta demanda actual en Guatemala.

Cuadro 2. Localización de los sitios de recolección de semilla de las cuatro especies forestales analizadas.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	SITIO	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO
<i>Tectona grandis</i>	Teca	Finca Albertina	San Andrés Villa Seca	Retalhuleu
		Finca Las Tecas	Cuyotenango	Suchitepéquez
<i>Alnus jorullensis</i>	Aliso	Parcelamiento Pachalí	Santiago Sacatepéquez	Sacatepéquez
		Finca Caleras Chichavac	Tecpán	Chimaltenango
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Finca El Tesoro	Obero, Masagua	Escuintla
		Finca Villa Melida	Obero, Masagua	Escuintla
<i>Tabebuia rosea</i>	Matilisguate	Finca Anabella	Las Guacas, Masagua	Escuintla
		Finca Villa Melida	Obero, Masagua	Escuintla

### 5.2 SITIOS DE RECOLECCION.

Se tomaron muestras de las cuatro especies en estudio en ocho sitios distintos, de manera que para cada especie se analizaron dos procedencias. Las fuentes semilleras que se analizaron, fueron seleccionadas en base a su potencial de producción de semillas y por ser fuentes ya identificadas y pre-establecidas por BANSEFOR. Los nombre de las especies y la localización de los sitios se describen en el Cuadro 2.

### 5.3 EPOCAS DE RECOLECCION.

Las épocas en las cuales se realizó la recolección, estuvieron basadas en la época de maduración de frutos de cada una de las especies en estudio. Previo a la recolección de frutos, se realizaron visitas a cada una de las fuentes semilleras con el fin de determinar el grado de maduración de los frutos. Los meses en los que se recolectó la semilla de cada especie, se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Epocas de recolección de la semilla de las cuatro especies forestales analizadas.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	EPOCA DE RECOLECCION
<i>Tectona grandis</i>	Teca	Septiembre a noviembre
<i>Alnus jorullensis</i>	Aliso	Diciembre a enero
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Febrero a abril
<i>Tabebuia rosea</i>	Matiliguate	Febrero a mayo

Fuente: BANSEFOR.

### 5.4 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA FUENTE SEMILLERA.

En las ocho fuentes semilleras en las que se realizó recolección de semillas, se recopilaron las siguientes características: Tipo de rodal (plantación, agrosilvopastoril, natural, cerco vivo, árboles dispersos, etc.), edad del rodal, área total y número de raleos efectuados. En los casos en los que no estaba clasificada la fuente semillera, se procedió a categorizarla en base a la clasificación de fuentes semilleras de PROSEFOR.

### 5.5 PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE FRUTOS Y SEMILLAS.

#### 5.5.1 Selección de los árboles.

Dentro de cada una de las fuentes seleccionadas, se procedió primeramente a levantar mediante un

muestreo selectivo o preferencial, dos parcelas circulares de 1,000 metros cuadrados, en donde la ubicación dependió de la variabilidad del terreno y del rodal.

Inicialmente, dentro de cada una de las parcelas se obtuvo la siguiente información:

- Número de árboles dentro de la parcela.
- Número de árboles con semilla.
- Número de árboles con semilla y escalables.
- Número de árboles con semilla, escalables y que puedan ser categorizados dentro de las clases 1 y 2 de la calificación de PROSEFOR (Mesén, 1994).

Las características que considera la calificación de PROSEFOR (Mesén, 1994) y que se tomaron en cuenta para la selección de los árboles semilleros, son las siguientes:

Clase 1. *Arboles excelentes*. Dominantes o codominantes, rectos, sin bifurcaciones, de ramas delgadas, sanos y vigorosos.

Clase 2. *Arboles buenas*. Dominantes o codominantes, sin bifurcaciones bajas, con leves defectos en el fuste o en la copa.

De esta manera, quedaron descartados los individuos que fueron categorizados dentro de la Clase 3, que se refiere a arboles inaceptables, suprimidos, enfermos y/o con defectos importantes en el fuste y/o las copas.

Posteriormente, en cada una de las parcelas se seleccionaron cinco árboles, con semilla, escalables y que estuvieran categorizados en las clases 1 y 2 de PROSEFOR (Mesén, 1994); procurando que fueran individuos con altura y diámetro similares. Es decir que para cada procedencia se seleccionaron un total de diez árboles; tamaño de muestra que se definió en base a estudios realizados por Jara y Valle en 1995 y considerando principalmente aspectos de costos

y tiempo. A cada árbol se le tomó la siguiente información:

- Altura total (en metros), para lo cual se utilizó hipsómetro Haga.
- Diámetro a la altura del pecho DAP (centímetros), utilizando cinta diamétrica.
- Diámetro de copa (en metros), mediante la proyección sobre el suelo en sentido Norte-Sur y Este-Oeste, utilizando cinta métrica.

En los casos en los que se identificaron menos de diez árboles para recolectar semilla, dentro de las dos parcelas definidas, fue necesario levantar una tercera parcela a manera de completar la muestra mínima de diez árboles por procedencia; siempre tomando en consideración el resto de características que se obtuvieron de cada parcela, a manera de evitar sesgo en la información de campo.

#### 5.5.2 Recolección de frutos.

Para la recolección de frutos, el escalador utilizó el equipo necesario para el ascenso al árbol y para cortar las ramas y/o frutos de la copa (espolones, cuerdas, tijeras podadoras, cortadoras, cinturones de seguridad y guantes). A la vez, sobre la base del árbol se extendió una lona para lograr obtener y facilitar la recolección de las ramas con los frutos cortados por el escalador. De las ramas se cortaron los frutos maduros y en proceso de maduración; se retiraron hojas, ramas gruesas y delgadas.

Con el fin de llevar un orden en la recolección de las semillas, las copas de los árboles seleccionados se dividieron en cuatro segmentos, tomando como límites o divisiones las orientaciones norte-sur y este-oeste. Posteriormente, con el objeto de garantizar la recuperación del individuo, se dejó un segmento en el cual no se recolectó semilla, equivalente a un 25% del total de los frutos del árbol.

Del resto de la copa se recolectaron todos los frutos accesibles al escalador, de cada árbol en forma individual, para luego proceder a definir el peso fresco de los frutos en balanza con aproximación de 0.1 kilogramos. Los frutos fueron transportados en sacos identificados con el número de cada árbol, para el procesamiento en BANSEFOR.

#### 5.5.3 Procesamiento de frutos y semillas.

Consistió básicamente en labores de extracción, limpieza, secado y almacenaje de la semilla, para lo cual se utilizó el equipo disponible en el BANSEFOR.

Los frutos fueron colocados al ambiente, algunos a pleno sol y otros bajo sombra, según las características de cada especie, en un proceso de pos-maduración y al mismo tiempo pre-secado. Después de extraer las semillas de su fruto, se inició el proceso de limpieza, el cual dependió sobre todo del tamaño y peso de las semillas. Finalmente, se realizó el secado de la semilla, en el cual fue importante conocer el contenido de humedad óptimo en el que es posible almacenar la semilla sin que esta pierda su viabilidad. Al concluir este proceso se determinó el peso seco de la semilla seca y limpia, de cada árbol en forma individual.

#### 5.5.4 Análisis de la información.

##### A. Densidad.

Se determinó el número total de árboles por hectárea, en base a la información de número de árboles por parcela (de 1,000 metros cuadrados).

##### B. Árboles descartados.

El número de árboles descartados se calculó sumando, el número de árboles sin semilla, el número de árboles no escalables (que tenían semilla, pero que a criterio del escalador no eran susceptibles

de ser escalados) y el número de árboles que resultaron categorizados en la clase 3 de la calificación de PROSEFOR (Mesén, 1994).

Número de árboles descartados	=	Número de árboles sin semilla	+	Número de árboles con semilla y no escalables	+	Número de árboles con semilla, escalables y Clase 3
-------------------------------	---	-------------------------------	---	---	---	---

C. Densidad efectiva.

Para determinar la densidad efectiva de cada uno de los sitios analizados, se realizó el siguientes cálculo:

Densidad Efectiva (número de árboles semilleros / Hectárea)	=	Densidad Total	-	Número de árboles descartados
--	---	----------------	---	-------------------------------

D. Producción de frutos y semillas.

Las variables respuesta para el proceso de producción de frutos y semillas, fueron las siguientes:

- Producción de frutos por árbol, en cada una de las especies y en cada procedencia.
- Producción de semillas limpias y secas por árbol, en cada una de las especies y en cada procedencia.

En estas variables el análisis se realizó con estadística descriptiva, utilizando medidas de tendencia central y medidas de dispersión, específicamente mediante el cálculo de medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación.

E. Rendimiento de semillas por área.

Para determinar el rendimiento de semillas por área, se proyectó la producción de semillas por

árbol a producción de semillas por hectárea, utilizando el siguiente procedimiento:

<b>Rendimiento de semillas</b> (kilogramos de semilla / hectárea)	=	<b>Densidad Efectiva</b>	*	<b>Producción promedio de semillas / árbol</b> (kilogramos de semilla / árbol)
--	---	--------------------------	---	---

Para el cálculo del rendimiento total de semilla de cada uno de los sitios analizados, se multiplicó la producción de semillas por hectárea, por la extensión total del rodal.

#### F. Relaciones alométricas.

Se determinó la relación entre las siguientes variables:

- Relación peso fresco de fruto / peso de semilla seca y limpia.
- Relación área de copa / peso fresco de fruto.
- Relación área de copa / peso de semilla seca y limpia.
- Relación diámetro a la altura del pecho (DAP) / peso de semilla seca y limpia.

Para esto, se realizó un análisis de correlación lineal para cada una de las relaciones propuestas, de la siguiente manera:

- a. Se realizó una nube de puntos o diagrama de dispersión, que consiste en el ploteo de puntos en el plano cartesiano, en donde primero se definió el peso de frutos y el peso de semilla seca y limpia como variables "y", y el área de copa como variable "x".
- b. Cálculo del coeficiente de correlación (r). Para medir la intensidad o el grado de asociación entre las variables se recurrió al cálculo del coeficiente de correlación, de la siguiente manera:

$$r = \frac{\sum X_i Y_i - (\sum X_i \sum Y_i) / n}{\sqrt{[\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2 / n] [\sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2 / n]}}$$

El valor de "r" fluctúa entre  $-1 \leq r \leq 1$ . Los valores próximos a los extremos son los que indican una buena correlación.

- c. Prueba de hipótesis. Para ver si el valor de "r" es de magnitud suficiente como para indicar que las dos variables de interés están correlacionadas:

$$H_0: = 0$$

$$H_a: \neq 0$$

$$t = \frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

En donde la regla de decisión, fue la siguiente: Si  $t \geq t(n-2, \alpha/2)$  se rechaza  $H_0$ , lo cual indica que la correlación entre las dos variables no es igual a cero, y por lo tanto si existiría un grado de asociación entre las variables analizadas.

## 5.6 REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN LAS FASES DE RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE FRUTOS Y SEMILLAS.

### 5.6.1 Requerimientos de mano de obra en la fase de recolección de frutos.

Con el objeto de estimar el requerimiento de mano de obra en la fase de recolección de frutos en cada una de las fuentes semilleras en estudio, se contó con un equipo de dos operarios de BANSEFOR, con experiencia en escalamiento de árboles, para realizar la recolección de los frutos. Al final de la jornada normal de trabajo, se recopiló la información de horas de trabajo, DAP y altura de los árboles en los que se realizó la recolección y peso fresco de todos los frutos recolectados de

todos los árboles en conjunto, libres de ramas y hojas; registro que se tabuló para cada día en forma individual. Esta tarea se repitió durante tres días consecutivos, con los mismos operarios y siempre dentro de la misma fuente semillera.

Ya que se pudo contar con personal suficiente para dicha actividad y con el fin de aprovechar de mejor manera el tiempo, la recolección para estimar los requerimientos de mano de obra se llevó a cabo en forma simultánea con la recolección de frutos.

#### 5.6.2 Requerimientos de mano de obra en la fase de procesamiento de frutos y semillas.

Una vez pesados los frutos en el campo, se llevaron al BANSEFOR para su procesamiento. Los frutos obtenidos de cada día se mantuvieron separados para este proceso. Posteriormente, se registró el número de días que tomó a los operarios el secado y limpieza manual de la semilla, y el número de operarios que realizaron dicha actividad. Al final del procesamiento se pesó la semilla seca y limpia, se totalizó el número de días utilizados y se llevó la semilla a los cuartos fríos para su almacenamiento.

#### 5.6.3 Análisis de la información.

Para los requerimientos de mano de obra en la fase de recolección de frutos, el análisis de la información se realizó utilizando estadística descriptiva, mediante el cálculo de medias entre los valores obtenidos en los tres días en los que se repitió esta tarea. Con los valores promedio de peso de frutos recolectados por día, peso de semillas recolectadas por día y el número de operarios (2); se calculó la siguiente información:

- Requerimientos de mano de obra en la fase de recolección de frutos, en cada una de las especies y en cada procedencia (kilogramos/hombre/día).
- Requerimientos de mano de obra en la fase de recolección de semillas, en cada una de las especies y en cada procedencia (kilogramos/hombre/día).

Para los requerimientos de mano de obra en la fase de procesamiento de frutos y semillas, el análisis de la información se realizó utilizando estadística descriptiva, mediante el cálculo de medias entre los valores obtenidos en las muestras de los tres días de recolección. Con los valores promedio de peso de frutos recolectados por día, peso de semillas recolectadas por día, número de días requeridos para el procesamiento de cada muestra y el número de operarios que realizaron el procesamiento de cada muestra; se calculó la siguiente información:

- Requerimientos de mano de obra en la fase de procesamiento de frutos y semillas, en cada una de las especie y en cada procedencia (kilogramos/hombre/día).

## 5.7 ANALISIS DE CALIDAD DE LAS SEMILLAS.

Para determinar la calidad de las semillas a nivel de laboratorio se utilizaron las normas vigentes recomendadas por la ISTA. Las pruebas que se realizaron son las siguientes:

### 5.7.1 Contenido de Humedad (%).

El contenido de humedad, se calculó mediante el método de secado en estufa a temperatura baja y constante, es decir, 17 horas a 103° C, utilizando dos duplicados de muestras de 4 a 12 gramos de peso, dependiendo del tamaño de la semilla. En el caso de las semillas grandes (mayores de 10 milímetros de diámetro), fue necesario triturarlas, con el fin de obtener un buen secado.

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso de materia seca}}{\text{Peso húmedo}} * 100$$

### 5.7.2 Análisis de Pureza (%).

El análisis de pureza, se realizó manualmente utilizando mesas con lámparas incorporadas, en las que con la ayuda de una espátula se separaron las semillas puras de materiales inertes y otros

desechos. Esta prueba al igual que la anterior, se realizó utilizando dos duplicados, en los que el peso dependió principalmente de la especie.

$$\text{Porcentaje de pureza} = \frac{\text{Peso de la semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra original}} * 100$$

### 5.7.3 Número de semillas puras por kilogramo.

Para el número de semillas puras por kilogramo se utilizaron tableros de recuentos, en los que se contaron 8 replicas de 100 semillas cada una (tomadas de la muestra que no contiene impurezas) las cuales posteriormente fueron pesadas. Con esta información se calculó el peso promedio de las 8 replicas, que multiplicado por 10, da como resultado el peso promedio de 1,000 semillas puras por kilogramo. Finalmente, se calculó la diferencia entre la cifra más alta y la más baja de las 8 replicas, con el objeto de determinar la tolerancia, que permitió aceptar o no dicho análisis.

$$\text{Número de semillas por kilogramo} = \frac{\text{No. de semillas en la muestra} * 1,000}{\text{peso de la muestra en gramos}}$$

### 5.7.4 Prueba de Germinación (%).

Para las pruebas de germinación, se utilizaron cajas germinadoras con el método "TS" (top of sand), que consiste en colocar las semillas en la superficie de la arena humedecida. Dentro de cada caja se establecieron cuatro replicas de 100 semillas cada una, en las cuales se realizaron las observaciones diarias de germinación.

### 5.7.5 Número de semillas viables por kilogramo.

El número de semillas viables por kilogramo fue el registro de mayor utilidad, puesto que es el resultado de combinar el número de semillas puras por kilogramo y el porcentaje de germinación.

### 5.7.6 Energía germinativa.

El valor de energía germinativa, se calculó registrando el número de días que se necesitaban para llegar al momento de germinación máxima, lo cual significó el día en el que germinó el mayor número de semillas en cada una de las cuatro repeticiones de la prueba de germinación. Para cada especie se promedió el valor de energía germinativa de sus cuatro repeticiones y se expresó en número de días desde el inicio de la prueba.

### 5.7.7 Análisis de la información.

El análisis de la información se realizó con estadística descriptiva, utilizando medidas de tendencia central y medidas de dispersión, específicamente mediante el cálculo de medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación entre los valores proveniente de dos procedencias distintas, pero de la misma especie.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION.

Considerando que la demanda de semillas no ha tenido ninguna variación significativa durante los últimos meses, se analizó el rendimiento de las cuatro especies previamente seleccionadas; sin embargo los sitios de recolección estuvieron sujetos a cambios debido a la variación cíclica de los niveles de producción de semilla, a la época de maduración de los frutos y por lo tanto a las condiciones climáticas anuales.

Cuadro 4. Características generales de las 8 fuentes semilleras analizadas en Guatemala, 1997.

ESPECIE	SITIO	TIPO	EDAD (AÑOS)	AREA (HA)	# DE RALEOS	CLASIFICACION DE LA FUENTE	DENSIDAD TOTAL (ARBOLES/HA)	ARBOLES DESCARTADOS (ARBOLES/HA)	DENSIDAD EFECTIVA (ARBOLES/HA)
<i>Tectona grandis</i>	Fca. Albertina, Retalhuleu	Plantación	5	0.55	1	Fuente Seleccionada	370	130	240
	Fca. Las Tecas, Suchitépéquez	Plantación	17	5.0	1	Rodal Semillero	265	140	125
<i>Alnus jorullensis</i>	Parcelamiento Pachalí, Sacatepéquez	Bosque Natural	*	0.25	—	Fuente Identificada	120	35	85
	Fca. Celeras Chichavac, Chimaltenango	Bosque Natural	*	1.0	—	Fuente Identificada	260	160	100
<i>Cedrela odorata</i>	Fca. El Tesoro, Escuintla	Arboles Dispersos	*	2.0	—	Fuente Identificada	**	**	**
	Fca. Villa Melida, Escuintla	Arboles Dispersos	*	40.0	—	Fuente Identificada	**	**	**
<i>Tabebuia rosea</i>	Fca. Anabella, Escuintla	Arboles Dispersos	*	7.5	—	Fuente Identificada	100	60	40
	Fca. Villa Melida, Escuintla	Arboles Dispersos	*	40.0	—	Fuente Identificada	**	**	**

\* No fue posible estimar la edad.

\*\* Por ser árboles dispersos no es posible obtener la densidad.

En el Cuadro 4 se puede apreciar que para la especie *Tectona grandis* se analizaron dos procedencias con características similares en las que la principal diferencia fue la edad de los árboles, lo cual permitió comparar el rendimiento de dos plantaciones disetáneas entre ellas. Otra diferencia significativa fue la densidad de los rodales ya que en Finca Albertina, por tratarse de un rodal más joven se observó una mayor densidad, sin embargo la proporción de árboles descartados fue similar en las dos procedencias, por lo que en Finca Albertina se obtuvo un 65 % de árboles con características deseables, mientras que Finca Las Tecas reportó un 47 % de árboles con características deseables, de mejor edad para producción semillera y con mejores prácticas de manejo para este fin.

Para las procedencias de *Alnus jorullensis* la principal diferencia se observó en los cambios altitudinales que presentaron los dos sitios en estudio. Entre los dos rodales se observaron densidades totales muy distintas, asociadas a la extensión del rodal y al manejo que se le ha dado a cada una de estas fuentes semilleras. La procedencia de Finca Caleras Chichavac es un bosque natural con una densidad total de 260 árboles por hectárea, por lo que el 61 % de los individuos presentan características no deseables, propias de un rodal que no ha recibido un manejo forestal adecuado. Por el contrario la procedencia de Parcelamiento Pachalí presentó un 70 % de árboles con características deseables, es decir categorizados dentro de las clases 1 y 2 de la calificación de PROSEFOR, Mesén (1994).

En las procedencias de *Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea*, por tratarse de bosques naturales dispersos no fue posible observar diferencias significativas en cuanto a características de los rodales. Al mismo tiempo se debe considerar que las procedencias son bosques que no presentan mayores diferencias de condiciones ambientales, climáticas y de ubicación geográfica y altitudinal. En cuanto a la densidad de los árboles, únicamente en la procedencia de Finca Anabella se registró una densidad total de 100 árboles por hectárea, de los que solamente el 40 % presentó características deseables para árboles semillero.

#### 6.1 PRODUCCION DE FRUTOS Y SEMILLAS.

En el mismo orden en el que se recopiló la información en la fase de campo, se presenta en el Cuadro 5 el resumen de las características de los individuos analizados, tales como altura total, diámetro a la altura del pecho, diámetro de copa y las variables respuesta de producción de frutos por árbol y producción de semillas secas y limpias por árbol, para cada especie y procedencia. A la vez, se incluye información sobre la dispersión de los resultados con relación a la media, mediante el coeficiente de variación (c.v.) de todas las variables evaluadas.

Como se puede observar en el Cuadro 5, a pesar de que se logró seleccionar árboles con diámetros y alturas relativamente similares y con bajos coeficientes de variación, el área de copa y la producción por árbol de frutos y semillas, tiene en la mayoría de los casos un alto grado de variación entre árboles de la misma especie e incluso de la misma procedencia; lo cual también ya había sido reportado por Jara y Valle

en 1995 en su estudio de Producción y Rendimiento de semilla de diez especies tropicales. Por tal razón, se puede indicar que existe una alta variabilidad genética dentro de los individuos de una misma procedencia.

Cuadro 5. Producción de frutos y semillas por árbol de 4 especies forestales latifoliadas en Guatemala.

ESPECIE	SITIO		DAP (CM)	ALTURA TOTAL (METROS)	AREA DE COPA (METROS <sup>2</sup> )	PESO DE FRUTOS (KG/ARBOL)	PESO DE SEMILLAS (KG/ARBOL)
<i>Tectona grandis</i>	Fca. Albertina, Retalhuleu	media c.v.	18.30 6.777	13.345 4.335	27.275 15.890	1.277 34.471	0.686 35.452
	Fca. Las Tecas, Suchitepéquez	media c.v.	29.1 8.515	22.21 5.493	79.98 25.193	3.417 60.940	1.518 53.519
<i>Alnus jorullensis</i>	Parcelamiento Pachalí, Sacatepéquez	media c.v.	23.89 15.812	11.285 14.163	44.898 51.599	11.083 74.445	0.5286 61.385
	Fca. Caleras Chichevac, Chimaltenango	media c.v.	31.06 24.191	18.98 21.471	77.093 29.834	11.838 47.516	0.5103 66.363
<i>Cedrela odorata</i>	Fca. El Tesoro, Escuintla	media c.v.	45.28 20.685	17.120 17.368	130.144 50.053	33.322 95.339	1.732 116.242
	Fca. Villa Melida, Escuintla	media c.v.	37.04 15.565	17.14 14.373	77.079 23.002	10.265 55.057	0.459 47.917
<i>Tabebuia rosea</i>	Fca. Anabella, Escuintla	media c.v.	44.24 23.733	18.54 18.857	117.268 29.597	12.550 46.983	1.316 69.952
	Fca. Villa Melida, Escuintla	media c.v.	45.94 13.707	17.49 12.081	144.188 30.648	15.896 48.661	1.103 56.806

#### 6.1.1 *Tectona grandis* Linneo.

La variación en la producción de frutos y semillas entre las procedencias de *Tectona grandis*, se debió principalmente a la diferencia de edad y densidad de los rodales analizados, lo cual puede deberse a que en el rodal de Finca Albertina se tiene una mayor densidad y por lo tanto menor exposición de la copa de cada árbol, lo cual influiría directamente en la producción de frutos. En esta procedencia en particular, la producción de frutos y semillas tuvo una moderada variación entre los árboles seleccionados, a pesar de ser individuos jóvenes con baja producción semillera.

En Finca Albertina, la producción de frutos de *Tectona grandis* presentó una desviación estándar de 0.44, reportó un valor mínimo de 0.56 kilogramos por árbol y un máximo de 1.83 kilogramos por árbol; mientras que la producción de semillas reportó una desviación estándar de 0.24, un valor mínimo de 0.34 kilogramos por árbol y un máximo de 1.10 kilogramos por árbol. Para obtener un

kilogramo de semilla seca y limpia de *Tectona grandis* es necesario coleccionar 1.86 kilogramos de frutos, bajo las condiciones ambientales de Finca Albertina.

En lo que se refiere a Finca Las Tepas, se denotó que la producción de semilla de *Tectona grandis* obtenida en dicha procedencia es inferior a la reportada por Jara y Valle (1995), sin embargo coincide con la reportada por Salazar y Boshier (1989) y Chávez y Quesada (1993) de 2.0 y 1.5 kilogramos por árbol por año, respectivamente; aunque la variación en los valores de producción de frutos y semillas fue bastante más alta que en la otra procedencia analizada, y no así la variación del diámetro a la altura del pecho, altura total y área de copa.

Para Finca Las Tepas la producción de frutos por árbol de *Tectona grandis* se promedió en 3.42 kilogramos por árbol, con una desviación estándar de 2.08, ya que se reportó un valor mínimo de 1.04 kilogramos por árbol y un valor máximo de hasta 9.18 kilogramos de frutos por árbol. Por otro lado, la producción de semillas por árbol presentó una media de 1.52 kilogramos por árbol, con un coeficiente de variación de 53.52 %, una desviación estándar de 0.81, un valor mínimo de 0.46 kilogramos por árbol y un valor máximo de 3.30 kilogramos por árbol; rango que se aprecia muy alto por lo que las medidas de dispersión tendieron a elevarse.

La variación de la producción de frutos y semillas de Finca Las Tepas, fue afectada principalmente por la ubicación dentro del rodal de cada uno de los árboles analizados, ya que algunos presentaron una mayor exposición a la luz, debido al raleo del que ya fue sujeto este rodal, y con lo cual algunos árboles fueron favorecidos con una menor competencia de copas. Para obtener un kilogramo de semilla seca y limpia de *Tectona grandis*, se requiere coleccionar 2.25 kilogramos de frutos, bajo las condiciones ambientales de Finca Las Tepas.

#### 6.1.2 *Alnus jorullensis* HBK.

Para *Alnus jorullensis*, se presentó una baja variación entre las dos procedencias analizadas en lo que se refiere a producción de frutos y semillas, sin embargo entre árboles de la misma procedencia

si se apreció una alta variación, lo cual se vio directamente relacionado con el cambio de tamaño de los individuos analizados, principalmente con el diámetro a la altura del pecho y el área de copa. Por otro lado la densidad fue otro aspecto que influyó en la variación dentro de cada procedencia ya que para Finca Caleras Chichavac se obtuvo una densidad total bastante alta, pero al mismo tiempo una gran cantidad de árboles descartados por presentar características no deseables para la producción semillera.

Otro aspecto que resultó significativo en las dos procedencias analizadas, fue el periodo de maduración, que está directamente relacionado con las diferencias altitudinales de los dos sitios y por lo tanto con las características ambientales que resultaron afectando la época de cosecha. La producción de semilla de *Alnus jorullensis* de las dos procedencias analizadas, resultó bastante cercana al promedio de 0.5 kilogramos por árbol de *Alnus acuminata* estimado por Jara y Valle (1995) y levemente superior a los 0.25 kilogramos por árbol reportados por Murillo et al. (1993), también para *Alnus acuminata*.

En el Parcelamiento Pachalí, la producción de frutos de *Alnus jorullensis* resultó en un promedio de 11.08 kilogramos por árbol, con una desviación estándar ó real de 8.25, con un valor mínimo de 2.37 kilogramos por árbol y un valor máximo de 30.08 kilogramos por árbol; valores extremos que obviamente afectaron la medida de dispersión de los datos. La producción de semillas presentó una media de 0.53 kilogramos por árbol, una desviación estándar de 0.32, un coeficiente de variación de 61.38 %, con un valor mínimo de 0.18 kilogramos por árbol y un valor máximo de 1.07 kilogramos por árbol. Para las condiciones ambientales de Parcelamiento Pachalí es necesario coleccionar 20.97 kilogramos de frutos verdes para poder obtener un kilogramo de semilla seca y limpia.

Es importante mencionar que en la procedencia de Parcelamiento Pachalí, se observó una fuerte presión sobre la masa forestal por ser una pequeña área de bosque natural (0.25 hectárea) que ha permanecido dentro de un área eminentemente agrícola, por lo que varios árboles han sido afectados con fuertes desrames o cortas a tala rasa, provocando que en la actualidad ya solamente

se cuenta con un total aproximado de 30 árboles en dicho rodal, de los que el 70 % son árboles con características deseables (Clase 1 y 2 de la Calificación de PROSEFOR, Mesén, 1994).

Para Finca Caleras Chichavac, la producción de frutos de *Alnus jorullensis* presentó un promedio de 11.84 kilogramos por árbol, una desviación estándar de 5.62, un coeficiente de variación del 47.52 %, un valor mínimo de 3.68 kilogramos por árbol y un valor máximo de 20.65 kilogramos por árbol; mientras que la producción de semillas presentó una media de 0.51 kilogramos por árbol, una desviación estándar de 0.34, un valor mínimo de 0.13 kilogramos por árbol y un valor máximo de 1.28 kilogramos de semilla por árbol. Podemos afirmar que para obtener un kilogramo de semilla seca y limpia de *Alnus jorullensis*, se requiere recolectar 23.2 kilogramos de frutos verdes, bajo las condiciones ambientales de Finca Caleras Chichavac.

En la procedencia de Finca Caleras Chichavac, al igual que en la anterior, se obtuvo una alta variación en lo que fue la producción de frutos y semillas por árbol, y una mediana variación en lo que se refiere al diámetro a la altura del pecho, altura total y área de copa, a causa de la poca uniformidad en el tamaño de los árboles que se lograron seleccionar como aceptables para recolectar semilla, ya que así como se describió anteriormente, en esta procedencia se observaron varios árboles con características no deseables y una gran mayoría que no tenía producción de semilla, a causa de la alta densidad y poca exposición a la luz o posiblemente por el estado fisiológico de cada uno de estos árboles.

Un aspecto relevante en la procedencia de Finca Caleras Chichavac, es las características de densidad y altura de los árboles, ya que es un bosque natural que no ha estado sujeto a prácticas de manejo adecuadas, en donde la misma regeneración natural ha aumentado en forma significativa la densidad de dicho rodal, provocando con esto una competencia entre las copas de los árboles y al mismo tiempo un incremento en su altura total; por lo que en este sentido sería recomendable planificar prácticas de raleo en dicho rodal, siempre y cuando se considere la eliminación de los individuos de características no deseables.

### 6.1.3 *Cedrela odorata* Linneo.

La especie analizada de cedro, *Cedrela odorata*, mostró una alta variación entre sus dos procedencias, a pesar de que ambos sitios son bosques naturales dispersos que se encuentran ubicados dentro de una misma región climática. Las características de los dos rodales variaron específicamente en: Diámetro a la altura del pecho; ya que el promedio de Finca El Tesoro superó en 8 centímetros aproximadamente al promedio de Finca Villa Melida, área de copa; con 53 metros cuadrados más en el promedio de Finca El Tesoro y en producción de frutos y semillas; ya que Finca El Tesoro triplicó aproximadamente la producción de Finca Villa Melida, esto debido principalmente a que algunos árboles con muy buena producción en la primera procedencia afectaron la tendencia de la media. Por el contrario, es bueno mencionar que la característica de altura total no tuvo variación alguna entre los dos sitios en estudio.

En Finca El Tesoro, la producción de frutos de *Cedrela odorata* se promedió en 33.32 kilogramos por árbol, con una desviación estándar de 31.77, un coeficiente de variación de 95.34 %, un valor máximo de 94.88 kilogramos por árbol y un valor mínimo de 10.57 kilogramos por árbol. Al mismo tiempo, la producción de semillas presentó una media de 1.73 kilogramos por árbol, una desviación estándar de 2.01, un coeficiente de variación de 116.24 %, un valor mínimo de 0.30 kilogramos por árbol y un valor máximo de 5.61 kilogramos por árbol. Tal y como se mencionó con anterioridad la variación en los resultados de esta procedencia, se debió principalmente a las diferencias entre los árboles seleccionados, ya que algunos presentaron una muy buena producción de frutos en comparación con otros árboles que tuvieron una regular producción, lo cual puede estar relacionado con las diferencias de edad de los árboles y con las variantes de la exposición a la luz según la orientación.

Para *Cedrela odorata*, podemos afirmar que 19.24 kilogramos de frutos verdes son suficientes para recolectar un kilogramo de semilla seca y limpia, para las condiciones ambientales de Finca El Tesoro, Obero, Masagua, Escuintla. Finalmente, se debe mencionar que esta procedencia a pesar

de ser un área bastante reducida, cuenta con árboles de características deseables que presentan una buena producción de semilla, en la cual desde varios años atrás ha sido posible recolectar semilla, según afirmaron los escaladores del Instituto Nacional de Bosques - INAB -.

Para Finca Villa Melida, la producción de frutos de *Cedrela odorata* presentó un promedio de 10.26 kilogramos por árbol, una desviación estándar de 5.65, un coeficiente de variación del 55.06 %, con una producción mínima de 3.02 kilogramos de frutos por árbol y una máxima de 16.65 kilogramos por árbol; mientras que la producción de semilla presentó una media de 0.46 kilogramos por árbol, una desviación estándar de 0.22, un coeficiente de variación del 47.92 %, una producción mínima de 0.07 kilogramos de semilla por árbol y una máxima de 0.71 kilogramos por árbol. Como se puede observar esta procedencia en comparación con Finca El Tesoro, presentó una menor producción de frutos y semillas y al mismo tiempo una menor variación en dichas características, lo cual se relacionó con la edad de los árboles, ya que a pesar de que son bosques naturales, el rodal de Finca Villa Melida denota una menor edad y una mayor uniformidad en cuanto a las características de sus individuos.

El rodal de Finca Villa Melida se encuentra en un área de mayor extensión que el rodal de Finca El Tesoro, con una mejor distribución y con mayor cantidad de árboles, por lo que en el muestreo fue posible seleccionar más rigurosamente los individuos que fueron sujetos de estudio.

Para *Cedrela odorata* en las condiciones de Finca Villa Melida, Obero, Masagua, Escuintla, se requiere recolectar 22.36 kilogramos de frutos verdes, para poder obtener un kilogramo de semilla seca y limpia.

#### 6.1.4 *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.

Finalmente, para *Tabebuia rosea* fue posible observar entre sus dos procedencias analizadas una mínima variación en cuanto a las medias de las características: diámetro a la altura del pecho, altura total, área de copa, peso de frutos por árbol y peso de semillas por árbol, así como también se

apreció una alta uniformidad en cuanto a las variaciones de cada una de estas características en ambas procedencias. Sin embargo, las variaciones en la producción de frutos y semillas de cada procedencia por separado, si presentaron valores relativamente altos. Es decir, que las dos procedencias de *Tabebuia rosea* presentaron una mínima variación entre ellas y una alta variación dentro de cada una de ellas.

En Finca Anabella, la producción de frutos por árbol presentó una media de 12.55 kilogramos por árbol, una desviación estándar de 5.90, un coeficiente de variación del 46.98 %, un valor mínimo de 6.47 kilogramos de frutos por árbol y un máximo de 25.07 kilogramos por árbol, valores que hacen denotar la variación de los datos. Para la producción de semillas por árbol se obtuvo un promedio de 1.32 kilogramos por árbol, una desviación estándar de 0.92, un coeficiente de variación del 69.95 %, un valor mínimo de 0.03 kilogramos de semilla por árbol y un valor máximo de 3.64 kilogramos por árbol. En esta procedencia la producción de semilla estuvo afectada principalmente por la maduración de los frutos, ya que dentro de estos hubo que eliminar algunos en los que no se pudo obtener semilla de calidad.

Para obtener un kilogramo de semilla seca y limpia de *Tabebuia rosea* en las condiciones de Finca Anabella, es necesario recolectar 9.54 kilogramos de frutos verdes.

Para Finca Villa Melida, *Tabebuia rosea* presentó una producción de frutos promedio de 15.90 kilogramos por árbol, una desviación estándar de 7.74, un coeficiente de variación del 48.66 %, un valor mínimo de 8.97 kilogramos por árbol y un máximo de 35.40 kilogramos de frutos por árbol; mientras que la producción de semillas presentó una media de 1.10 kilogramos por árbol, una desviación estándar de 0.63, un coeficiente de variación del 56.97 %, un valor mínimo de 0.13 kilogramos por árbol y un valor máximo de 2.73 kilogramos de semilla por árbol. A diferencia de la procedencia anterior, en Finca Villa Melida, la producción de semillas si presentó una alta dependencia de la producción de frutos, a pesar de que los valores permitieron una alta variación. Las características de diámetro a la altura del pecho y altura total, presentaron una variación bastante aceptable.

Finalmente se puede afirmar que para obtener un kilogramo de semilla seca y limpia de *Tabebuia rosea*, se requiere recolectar 14.41 kilogramos de frutos verdes, para las condiciones de Finca Villa Melida.

## 6.2 RENDIMIENTO DE FRUTOS Y SEMILLAS POR AREA.

En el Cuadro 6 se presenta el rendimiento de frutos y semillas por hectárea y total; lo cual se calculó en base a la producción de frutos y semillas por árbol, a la densidad efectiva y a la extensión de cada uno de los rodales analizados, sin embargo, se debe mencionar que en las procedencias en las que no se presenta producción alguna, es debido a que en dichos sitios no fue posible levantar parcelas por tratarse de árboles dispersos, por lo que en estas procedencias únicamente se seleccionaron los árboles que fueron clasificados dentro de las clases 1 y 2 de la calificación de PROSEFOR (Mesén, 1994).

Cuadro 6. Rendimiento de frutos y semillas por área en 4 especies forestales latifoliadas de Guatemala.

ESPECIE	SITIO	TIPO	AREA (HA)	RENDIMIENTO DE FRUTOS POR HECTAREA (KG)	RENDIMIENTO DE SEMILLAS POR HECTAREA (KG)	RENDIMIENTO TOTAL DE FRUTOS (KG)	RENDIMIENTO TOTAL DE SEMILLAS (KG)
<i>Tectona grandis</i>	Fca. Albertina, Retalhuleu	Plantación	0.55	306.48	164.64	169.02	90.80
	Fca. Las Tecas, Suchitepéquez	Plantación	5.0	427.12	189.75	2,135.62	948.75
<i>Alnus jorullensis</i>	Parcelamiento Pachalí, Sacatepéquez	Bosque Natural	0.25	942.05	44.93	235.51	11.23
	Fca. Caleras Chichavac, Chimaltenango	Bosque Natural	1.0	1,183.80	51.03	1,183.80	51.03
<i>Cedrela odorata</i>	Fca. El Tesoro, Escuintla	Arboles Dispersos	2.0	--	--	--	--
	Fca. Villa Melida, Escuintla	Arboles Dispersos	40.0	--	--	--	--
<i>Tabebuia rosea</i>	Fca. Anabella, Escuintla	Arboles Dispersos	7.5	502.00	52.64	3,765.00	394.80
	Fca. Villa Melida, Escuintla	Arboles Dispersos	40.0	--	--	--	--

Debido a la variación que existe entre las extensiones totales de cada uno de los rodales, resulta más adecuado comparar el rendimiento de frutos y semillas por hectárea, a manera de poder evaluar el potencial de cada fuente semillera. En este sentido, se puede apreciar que para *Tectona grandis*, la procedencia de Finca Las Tecas reporta un rendimiento mayor que Finca Albertina, lo cual se ve directamente relacionado

con los 12 años más de edad de la plantación de Finca Las Tecas; sin embargo aún con esta diferencia, hay que resaltar que se mantiene un patrón de producción en ambos sitios.

De la misma manera que la especie anterior, *Alnus jorullensis*, presenta un rendimiento de frutos y semillas por hectárea, muy similar en sus dos procedencias, incluso a pesar de tratarse de dos bosques naturales con distintas condiciones ambientales y ubicación geográfica. La variación en cuanto a rendimiento total de semillas fue principalmente a causa de las diferentes extensiones de cada rodal.

Para *Tabebuia rosea*, fue posible analizar únicamente el rendimiento total de frutos y semillas en el rodal de Finca Anabella, debido a que en dicha procedencia los árboles a pesar de estar dispersos, presentaron una mayor densidad, dando la oportunidad de dejar varios individuos dentro de una misma parcela. Considerando los 394.8 kilogramos de semilla que puede producir este rodal, podemos decir que esta procedencia podría ser una de las más importantes para la recolección de semilla de esta especie.

### 6.3 RELACIONES ALOMETRICAS.

En el Cuadro 7 se presentan las relaciones alométricas analizadas para cada una de las procedencias en estudio y que se refieren a la relación que pueda existir entre: Peso fresco de fruto y peso de semilla seca y limpia, área de copa y peso fresco de fruto, área de copa y peso de semilla seca y limpia, diámetro a la altura del pecho y peso de semilla seca y limpia, y por último entre altura total y peso de semilla seca y limpia. Tal y como se presentó en la metodología, las relaciones se analizaron mediante el cálculo de coeficientes de correlación y se verificaron mediante valores de "t" obtenidos en base a los grados de libertad. Los niveles de significancia permitidos, variaron para cada una de las relaciones en cada procedencias.

En lo que se refiere a *Tectona grandis*, se puede observar que para Finca Albertina únicamente la relación peso fresco de fruto y peso de semilla seca y limpia, resultó medianamente significativa; ya que a pesar de que el valor de "r" no estuvo muy cercano a 1, la prueba de hipótesis confirmó la relación a un nivel de significancia de 0.05.

Cuadro 7. Coeficientes de correlación, valores calculados de "t" y niveles de confianza (%) para las relaciones alométricas propuestas en cuatro especies forestales latifoliadas de Guatemala.

ESPECIE	SITIO		PESO DE FRUTO/ PESO DE SEMILLA	AREA DE COPA / PESO DE FRUTO	AREA DE COPA / PESO DE SEMILLA	D.A.P./ PESO DE SEMILLA	ALTURA TOTAL/ PESO DE SEMILLA
<i>Tectona grandis</i>	Fca. Albertina, Retalhuleu	r	0.5688	0.5052	0.2055	-0.1074	-0.4819
		t	1.9558	1.6557	0.5939	-0.3054	-1.5555
		%	95.0	90.0	70.0	---	---
<i>Aitrus jorullensis</i>	Fca. Las Tecas, Suchitepéquez	r	0.9037	0.4243	0.4026	0.5552	0.0735
		t	5.9706	1.3252	1.2439	1.8880	0.2084
		%	99.5	80.0	80.0	95.0	55.0
<i>Aitrus jorullensis</i>	Parcelamiento Pachalí, Sacatepéquez	r	0.9143	0.7422	0.6079	0.5496	-0.3206
		t	6.3841	3.1324	2.1657	1.8607	-0.9573
		%	99.5	99.0	95.0	95.0	---
<i>Cedrela odorata</i>	Fca. Caleras Chichavac, Chimaltenango	r	0.7928	0.5879	0.5917	0.4202	0.1339
		t	3.6785	2.0558	2.0762	1.3097	0.3823
		%	99.5	95.0	95.0	80.0	60.0
<i>Tabebuia rosea</i>	Fca. El Tesoro, Escuintla	r	0.9992	0.9906	0.9875	0.8760	0.6467
		t	69.6890	20.5086	17.7321	5.1384	2.3884
		%	99.5	99.5	99.5	99.0	95.0
<i>Tabebuia rosea</i>	Fca. Villa Melida, Escuintla	r	0.8996	0.4983	0.7218	0.8460	0.8773
		t	5.8267	1.6255	2.9499	4.4883	5.1700
		%	99.0	80.0	95.0	97.5	99.0
<i>Tabebuia rosea</i>	Fca. Anabella, Escuintla	r	-0.0411	-0.3366	0.5002	0.6618	-0.2026
		t	-0.1163	-1.0111	1.6341	2.4971	-0.5851
		%	---	---	90.0	97.5	---
<i>Tabebuia rosea</i>	Fca. Villa Melida, Escuintla	r	0.9092	0.6959	0.7296	0.6786	0.8083
		t	6.1787	2.7411	3.0180	2.6131	3.8835
		%	99.5	97.5	99.0	97.5	89.5

En Finca Las Tecas, *Tectona grandis* presentó en la relación diámetro a la altura del pecho y peso de semilla seca y limpia, una baja correlación con un nivel de significancia de 0.05, mientras que la relación peso fresco de fruto y peso de semilla seca y limpia, presentó un coeficiente de correlación de 0.90 con un nivel de confianza del 99.5 %. En el resto de relaciones se apreciaron valores de "r" bastante alejados a los valores extremos de 1 y -1.

Para *Aitrus jorullensis*, la procedencia de Parcelamiento Pachalí presentó correlaciones bastante significativas entre la mayoría de las variables relacionadas, ya que para la relación peso fresco de fruto y peso de semilla seca y limpia se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.91 con un nivel de significancia de 0.005. Las variables área de copa y peso fresco de fruto denotaron una buena correlación con un nivel de significancia del 0.01, mientras que las relaciones área de copa y peso de semilla seca y limpia, y diámetro a la altura del pecho y peso de semilla seca y limpia, reportaron una mediana correlación con un nivel de confianza del 95 %.

La otra procedencia de Aliso, Finca Caleras Chichavac, presentó en la relación de peso fresco de fruto y peso de semilla seca y limpia, un coeficiente de correlación de 0.79 con un valor de "t" de 3.68 que es superior al valor tabulado de 3.36 de "t" de student, por lo que el valor obtenido de "r" es de magnitud suficiente para indicar que las dos variables están correlacionadas. Las relaciones entre área de copa y peso fresco de fruto y entre área de copa y peso de semilla seca y limpia, reportaron estar correlacionadas en base al coeficiente "r" obtenido, considerando como permisible un nivel de significancia de 0.05.

En las relaciones alométricas analizadas para *Cedrela odorata*, es necesario aclarar que la mayoría de los coeficientes de correlación obtenidos reportaron valores muy cercanos a 1 y con valores bastante elevados de "t", tal y como se caracteriza una buena correlación entre variables, sin embargo esto se debe a que en ambas procedencias fue necesario disminuir el número de árboles muestreados debido a la falta de producción de semilla en varios de los árboles de dichos rodales, por lo que las relaciones para esta especie se deben considerar de mediana confiabilidad.

Para *Tabebuia rosea*, en la procedencia de Finca Anabella únicamente dos relaciones presentaron una mediana correlación; área de copa y peso de semilla seca y limpia que denotó un coeficiente de correlación de 0.50 con un nivel de confianza de 90 %, y diámetro a la altura del pecho y peso de semilla seca y limpia con un coeficiente de correlación de 0.66, que difiere de cero a un nivel de significancia de 0.025.

Finalmente en Finca Villa Melida, *Tabebuia rosea* presentó coeficientes de correlación bastante altos en todas las relaciones analizadas, lo cual se debe a la uniformidad de los árboles analizados en cuanto a tamaño y características de conformación de las copas y fustes; ya que todos los individuos fueron calificados dentro de la clase 2 de la clasificación de PROSEFOR. Las relaciones peso fresco de fruto y peso de semilla seca y limpia, y altura total y peso de semilla seca y limpia presentaron altos coeficientes de correlación con niveles de confianza del 99.5%, mientras que las relaciones área de copa y peso fresco de fruto, área de copa y peso de semilla seca y limpia y diámetro a la altura del pecho y peso de semilla seca y limpia presentaron coeficientes de correlación también bastante adecuados, pero con un nivel de confianza del 97.5 %, ya que sus valores de "t" superaron el 2.31 de la tabla de "t" de student.

En el análisis de relaciones alométricas se puede concluir que fue en esta última procedencia donde se apreciaron de mejor manera todas las relaciones analizadas, por lo que ampliando la muestra de árboles semilleros en alguna futura investigación, se podrían construir y evaluar modelos de regresión, ya sea lineales o múltiples.

#### 6.4 REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN LAS FASES DE RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE FRUTOS Y SEMILLAS.

##### 6.4.1 REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN LA FASE DE RECOLECCION DE FRUTOS.

En el Cuadro 8 se presentan los requerimientos en la fase de recolección de frutos, para lo cual se analizaron tres días consecutivos de trabajo de campo, con personal calificado del grupo de escaladores del BANSEFOR, variando únicamente en algunos casos el número de escaladores y la cantidad de horas trabajadas por día. Es importante aclarar que el valor que se presentan en el Cuadro 8 de requerimientos en recolección de semillas se obtuvo como resultado de la cantidad de semilla que se logró procesar de los frutos recolectados en cada uno de los días analizados, ya que en la fase de campo solamente se recolectaron frutos.

Cuadro 8. Requerimientos de mano de obra en la fase de recolección de frutos y semillas para cuatro especies forestales latifoliadas de Guatemala.

ESPECIE	SITIO	REQUERIMIENTOS EN RECOLECCION DE FRUTOS (KG/HOMBRE/DIA)	REQUERIMIENTOS EN RECOLECCION DE SEMILLAS (KG/HOMBRE/DIA)	JORNADA (HORAS/DIA)	NUMERO DE ESCALADORES (HOMBRES/DIA)	NUMERO DE ARBOLES RECOLECTADOS (ARBOLES/DIA)
<i>Tectona grandis</i>	Fca. Albertina, Retalhuleu	5.966	3.481	7.67	2	11
	Fca. Las Tecas, Suchitepéquez	11.011	5.148	8	3	8
<i>Alnus jordanensis</i>	Parcelamiento Pachal, Sacatepéquez	19.418	0.968	7.67	3	5
	Fca. Caleras Chichavac, Chimaltenango	16.344	0.806	7	4	5
<i>Cedrela odorata</i>	Fca. El Tesoro, Escuintla	27.768	1.444	7.5	3	2
	Fca. Villa Melida, Escuintla	17.108	0.766	8	3	5
<i>Tabebuia rosea</i>	Fca. Anabella, Escuintla	23.356	2.504	7	2	4
	Fca. Villa Melida, Escuintla	32.216	2.004	6.67	2	4

Para *Tectona grandis*, la cantidad de frutos recolectados dependió directamente de la habilidad del escalador para "sacudir" las ramas y del poder mantenerse bien sostenido de las delgadas ramas que conforman la copa de los árboles de esta especie. Como se observa en el Cuadro 9, para las condiciones de Finca Albertina un escalador es capaz de recolectar frutos que permitan obtener 3.48 kilogramos de semilla en un día, mientras que para Finca Las Tecas el escalador puede recolectar 5.15 kilogramos de semillas en un día de recolección; diferencia que radica en que los árboles de esta última procedencia son individuos de mayor edad y por lo tanto de una producción más alta, por lo que no es necesario escalar demasiados árboles para obtener una buena cantidad de semilla.

En las procedencias de *Alnus jorullensis* al momento de la recolección fue necesario quebrar las puntas de las ramas que tenían frutos, ya que por el tamaño, la cantidad de frutos y la elasticidad que presentan dichas ramas no es posible cortarlos en forma individual; lo cual en cierta medida complica la recolección ya que luego de botados los frutos se deben separar de ramas y hojas a manera de poder transportar únicamente los frutos. En las dos procedencias analizadas no se apreció variación significativa debido a que los dos rodales son bosques naturales con producción bastante uniforme, por lo que en los tres días de trabajo se observó un rendimiento constante.

*Cedrela odorata* no presentó complicación alguna en cuanto al método de recolección, ya que con sacudir intensamente las ramas fue suficiente para desprender los frutos, sin embargo los rendimientos de recolección de una procedencia a otra si variaron significativamente, lo cual se encuentra muy relacionado al tamaño de los árboles seleccionados. De esta manera para las condiciones de Finca El Tesoro un escalador fue capaz de recolectar 27.77 kilogramos de frutos en un día, mientras que para Finca Villa Melida únicamente fue posible recolectar 17.11 kilogramos por día, lo cual representa una diferencia de 0.68 kilogramos de semilla recolectada por un escalador en un día.

La recolección de frutos en las procedencias de *Tabebuia rosea*, no presentó complicación alguna, de la misma manera que la especie anterior, sin embargo los rendimientos de mano de obra en la fase de recolección si denotaron diferencia entre las dos procedencias, lo cual se vio asociado a la destreza y experiencia de los escaladores que participaron en la recolección de cada una de las procedencias. Para las condiciones de Finca Anabella un escalador es capaz de recolectar 23.36 kilogramos de frutos en una jornada de 7 horas, mientras que para Finca Villa Melida el escalador puede recolectar 32.22 kilogramos de frutos en una jornada de 6.67 horas al día.

#### 6.4.2 REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN LA FASE DE PROCESAMIENTO DE FRUTOS Y SEMILLAS.

La fase de procesamiento de frutos fue el último aspecto evaluado dentro de la presente investigación, mediante la estimación de los requerimientos de mano de obra del mismo personal de escaladores del Banco de Semillas Forestales del INAB. Las labores de secado, separación del fruto, desalado en algunos casos y limpieza fue realizado en todos los casos por el mismo personal que participó en la recolección, sin embargo el lugar de procesamiento varió, ya que las semillas de *Tectona grandis* y *Ainus jorullensis* fueron procesadas en las instalaciones del BANSEFOR, mientras que las de *Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea* se procesaron en una casa particular siempre de la Ciudad Capital de Guatemala.

En el Cuadro 9 se muestran los requerimientos de mano de obra en el procesamiento de frutos, es decir el peso de frutos que un hombre procesó en un día, y al mismo tiempo el requerimiento de mano de obra en el procesamiento de semillas, lo cual representa el peso de semillas que fue posible obtener del procesamiento de frutos, siempre por un hombre en un día. Se presentan también el número de días que fueron necesarios para el secado de los frutos y el número de días necesarios para procesar dichos frutos a manera de obtener la semilla limpia.

Como se aprecia en el Cuadro 9 el requerimiento de mano de obra en la fase de procesamiento, está más en función del tiempo de secado de los frutos que del tiempo que se utilizó para procesar y limpiar la semilla obtenida de dichos frutos.

Cuadro 9. Requerimientos de mano de obra en la fase de procesamiento de frutos y semillas para cuatro especies forestales latifoliadas de Guatemala.

ESPECIE	SITIO	REQUERIMIENTOS EN PROCESAMIENTO DE FRUTOS (KG/HOMBRE/DIA)	REQUERIMIENTOS EN PROCESAMIENTO DE SEMILLAS (KG/HOMBRE/DIA)	TIEMPO DE SECADO (DIAS)	TIEMPO DE PROCESAMIENTO (DIAS)	NUMERO DE OPERARIOS (HOMBRES / DIA)
<b>Tectona grandis</b>	Fca. Albertina, Retalhuleu	2.983	1.740	12	2	6
	Fca. Las Tecas, Suchitepéquez	6.193	2.896	10	4	4
<b>Ainus jorullensis</b>	Parcelamiento Pachal, Sacatepéquez	29.126	1.452	6	3	2
	Fca. Caleras Chichavac, Chimaltenango	24.515	1.209	8	4	2
<b>Cedrela odorata</b>	Fca. El Tesoro, Escuintla	13.884	0.722	6	6	2
	Fca. Villa Melida, Escuintla	4.277	0.191	6	6	2
<b>Tabebuia rosea</b>	Fca. Anabella, Escuintla	11.678	1.252	7	6	2
	Fca. Villa Melida, Escuintla	19.329	1.202	7	5	2

Para las procedencias de *Tectona grandis*, el procesamiento dependió directamente del tiempo de secado de los frutos, que en promedio para las dos procedencias fue de 11 días; ya que como se puede apreciar en el Cuadro 10 el tiempo que requirió el procesamiento no fue mayor de 4 días. En este tiempo de procesamiento se pudo obtener para la procedencia de Finca Albertina un total de 20.88 kilogramos de semillas, mientras que para Finca Las Tecas un total de 46.34 kilogramos de semilla seca y limpia.

*Ainus jorullensis*, no necesitó demasiado tiempo para el secado de los frutos, ya que en promedio ambas procedencias necesitaron 7 días para secar los frutos verdes obtenidos en la recolección y debido al tamaño y al peso fresco de los frutos fue posible procesar hasta 29.13 kilogramos de frutos con un operario en un día normal de procesamiento, lo cual representa una buena cantidad de

semillas obtenida diariamente. Para las dos procedencias de aliso fue posible procesar en total 18.38 kilogramos de semilla seca y limpia.

Los frutos de las dos procedencias de *Cedrela odorata*, fueron los que menor tiempo de secado necesitaron para el procesamiento, sin embargo fueron los que mayor tiempo requirieron para la separación de la semilla de los frutos, limpieza y desalado, ya que en total requirieron de 12 días de procesamiento. Con dichos valores se pudo estimar que en un día un operario es capaz de procesar hasta 13.88 kilogramos de frutos y obtener así hasta 0.72 kilogramos de semilla. En resumen, de Finca El Tesoro se pudo obtener en los tres días de recolección un total de 8.66 kilogramos de semilla y de Finca Villa Melida un total de 2.30 kilogramos de semilla seca y limpia.

Finalmente, para *Tabebuia rosea* fue posible procesar una cantidad adecuada de frutos mediante un operario en un día de trabajo, debido a lo sencillo del procesamiento de este tipo de fruto, ya que por tratarse de frutos de vainas, únicamente es necesario secarlos y luego separar las semillas, que usualmente se comercializan sin removerles el ala de la que cuenta cada semilla. En promedio para ambas procedencias de *Tabebuia rosea*, un operario es capaz en un día de procesar frutos para obtener 1.23 kilogramos de semilla seca y limpia. De esta manera se estimó que para Finca Anabella se puede obtener en los tres días de recolección, un total de 15.02 kilogramos de semilla, mientras que para Finca Villá Melida se puede obtener un total de 12.02 kilogramos de semilla seca y limpia.

## 6.5 ANALISIS DE CALIDAD DE LAS SEMILLAS.

La calidad de las semillas recolectadas se determinó en el laboratorio del Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR) del Instituto Nacional de Bosques (INAB) en ciudad Guatemala. Las pruebas se realizaron teniendo en cuenta las normas y estándares de la Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (ISTA). Los resultados de estas pruebas se resumen en el Cuadro 10 para las cuatro especies en estudio.

Para las dos procedencias de *Tectona grandis*, los contenidos de humedad se observaron ligeramente altos, debido a que el fruto es una drupa coriácea bastante carnosas por lo que a pesar de que se procesó

con un secado bastante intensivo es dificultoso bajar su contenido de humedad. Es importante mencionar que por lo general esta semillas se comercializa incluyendo dentro de esta la parte carnosa del fruto y no así la cubierta delgada que cubre cada fruto, la cual se retira en el procesamiento. Los porcentajes de pureza de ambas procedencias se vieron afectados principalmente por el porcentaje de semillas vanas, pequeñas y mal conformadas que en el análisis representó un 3.59 %.

Cuadro 10. Resultados del análisis de calidad de las semillas de cuatro especies forestales latifoliadas de Guatemala.

ESPECIE	SITIO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PUREZA (%)	NUMERO DE SEMILLAS PURAS POR KILOGRAMO	GERMINACION (%)	NUMERO DE SEMILLAS VIABLES POR KILOGRAMO	ENERGIA GERMINATIVA (DIAS)
<i>Tectona grandis</i>	Fca. Albertina, Retalhuleu	14.810	94.173	1,847	—	—	—
	Fca. Las Tecas, Suchitépéquez	13.740	96.258	1,819	—	—	—
<i>Alnus jorullensis</i>	Parcelamiento Pachal, Sacatepéquez	12.198	77.583	1,937,046	38.5	745,763	10
	Fca. Caleras Chichavac, Chimaltenango	8.874	81.901	1,937,046	54	1,046,005	10
<i>Cedrela odorata</i>	Fca. El Tesoro, Escuintla	9.004	77.497	66,622	52	34,643	13
	Fca. Villa Melida, Escuintla	12.914	65.696	82,627	52	42,966	20
<i>Tabebuia rosea</i>	Fca. Anabella, Escuintla	23.292	80.109	46,614	32	14,980	12
	Fca. Villa Melida, Escuintla	18.301	92.847	41,861	41	17,163	10

Para las procedencias de *Tectona grandis*, no fue posible obtener resultados de laboratorio en lo que se refiere a germinación de las semillas, debido a las características de "dormancia" que presenta esta especie. Es importante mencionar que a pesar de que no se obtuvieron valores en la prueba, dicho análisis se intentó realizar utilizando tratamientos pregeminativos como lo fue sumergir la semillas en agua durante la noche y en el día sacarlas al sol, esto durante 30 días; y el método de cubrir la semilla con hojarasca, quemando la hojarasca y luego sembrando la semilla, tratamientos que fueron seleccionados por su facilidad de aplicación y por el costo. Finalmente se puede mencionar que la única información de la que se pudo disponer es que *Tectona grandis* presenta valores de germinación que varían entre un rango de 30 y 40 % en condiciones de campo similares a las de las procedencias analizadas para esta especie.

El contenido de humedad para las muestras de *Alnus jorullensis* y *Cedrela odorata* se presentó dentro del rango que se considera adecuado para este tipo de semillas, sin embargo el contenido de humedad de *Tabebuia rosea* si se presentó ligeramente elevado debido al estado de maduración de la semilla. La recolección de semilla de matiliguate requiere que se colecte la semilla un poco antes de su punto de adecuado de maduración, ya que si se prolonga más la colecta los frutos se abren con facilidad y dejan caer la semilla; por tal razón en la fase de campo se seleccionaron varios árboles a los que aún les quedaban algunos frutos verdes.

Los porcentajes de pureza en las pruebas de *Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea* fueron afectados principalmente por los restos de "alas" de las semillas, ya que a pesar de haberse realizado varias practicas, la semilla aún mantuvo ciertos restos. Caso distinto fue el porcentaje de pureza de *Alnus jorullensis*, en el que el factor determinante fue el tamaño de la semilla, ya que cualquier partícula pequeña de materia inerte puede representar un porcentaje significativo de la muestra.

Los porcentajes de germinación de las especies en la que si se pudo realizar esta prueba, mostraron valores bastante bajos probablemente asociados al poco tiempo de maduración que se le permitió a la semilla después del procesamiento y al hecho de que de que estas especies de latifoliadas analizadas presentan generalmente valores de germinación muy variables.

Finalmente, dentro del análisis de calidad de las semillas es importante definir el peso de semilla de cada una de las especies analizadas que sería necesario para plantar una hectárea, en base a los resultados obtenidos de número de semillas puras por kilogramo y porcentaje de germinación.

En este sentido, considerando un distanciamiento inicial de tres por tres metros, un 20 % de excedente necesario por replante y un 200 % por pérdidas y selección en vivero; se obtuvo que para plantar una hectárea de extensión se necesitan 3.17 gramos de semilla de *Alnus jorullensis*, 3.81 kilogramos de semilla de *Tectona grandis* (asumiendo un 35% de porcentaje de germinación), 79 gramos de semilla de *Cedrela odorata* ó 147 gramos de semilla de *Tabebuia rosea*.

## 7. CONCLUSIONES.

7.1 La producción de semillas por árbol para cada especie se resume dentro los siguientes límites:

- *Tectona grandis*: 0.338 - 3.297 kilogramos por árbol,
- *Alnus jorullensis*: 0.127 - 1.285 kilogramos por árbol,
- *Cedrela odorata*: 0.071 - 5.613 kilogramos por árbol y
- *Tabebuia rosea*: 0.033 - 3.637 kilogramos por árbol.

7.2 La producción de semilla por árbol para cada procedencia se presentó de la siguiente manera:

- *Tectona grandis* en Finca Albertina: 0.338 - 1.103 kilogramos por árbol,
- *Tectona grandis* en Finca Las Tecas: 0.456 - 3.297 kilogramos por árbol,
- *Alnus jorullensis* en Parcelamiento Pachalí: 0.180 - 1.071 kilogramos por árbol,
- *Alnus jorullensis* en Finca Caleras Chichavac: 0.127 - 1.285 kilogramos por árbol,
- *Cedrela odorata* en Finca El Tesoro: 0.298 - 5.613 kilogramos por árbol,
- *Cedrela odorata* en Finca Villa Melida: 0.071 - 0.709 kilogramos por árbol,
- *Tabebuia rosea* en Finca Anabella: 0.033 - 3.637 kilogramos por árbol y
- *Tabebuia rosea* en Finca Villa Melida: 0.132 - 2.730 kilogramos por árbol.

7.3 El rendimiento de semillas por hectárea se presenta de la siguiente manera, para las especies en las que fue posible estimar la densidad total del rodal:

- *Tectona grandis* en Finca Albertina: 164.64 kilogramos por hectárea,
- *Tectona grandis* en Finca Las Tecas: 189.75 kilogramos por hectárea,
- *Alnus jorullensis* en Parcelamiento Pachalí: 44.93 kilogramos por hectárea,
- *Alnus jorullensis* en Finca Caleras Chichavac: 51.03 kilogramos por hectárea y
- *Tabebuia rosea* en Finca Anabella: 52.64 kilogramos por hectárea.

7.4 *Alnus jorullensis* presentó baja variación entre las dos procedencias analizadas en la producción de frutos y semillas, a pesar de ser bosques naturales con diferencias en sus características climáticas, altitudinales y de densidad del rodal.

- 7.5 La variación en la producción de frutos y semillas entre las procedencias de *Tectona grandis* se debió principalmente a la diferencia de edades de los rodales y a la densidad de los mismos.
- 7.6 En las cuatro especies analizadas se determinó alta correlación entre las variables peso fresco de fruto y peso de semilla seca y limpia, y específicamente en las correlaciones de *Cedrela odorata* en donde las variables área de copa, diámetro a la altura del pecho y altura total resultaron significativas para la producción de semillas; por lo que en futuras investigaciones se deben utilizar estas relaciones para la generación de modelos matemáticos mediante análisis de regresión.
- 7.7 *Tectona grandis* es la especie que presentó la mayor demanda de mano de obra en la fase de recolección de frutos, ya que un escalador es capaz de recolectar únicamente 8.49 kilogramos de frutos en un día; mientras que *Tabebuia rosea* es la especie que menor cantidad de mano de obra demanda ya que un escalador puede recolectar hasta 27.79 kilogramos de frutos en un día.
- 7.8 En la fase de procesamiento de la semilla, *Cedrela odorata* es la especie que requiere mayor cantidad de mano de obra, ya que un operario es capaz de procesar 0.46 kilogramos de semilla en un día, mientras que *Tectona grandis* es la que menor cantidad de mano de obra requiere en este proceso, ya que un operario en un día puede procesar hasta 2.32 kilogramos de semilla.
- 7.9 La fase de procesamiento de frutos y semillas no representa mayor consumo de mano de obra, sin embargo es una actividad que requiere de personal que esté pendiente de los cambios climáticos. El proceso está influenciado más por el tiempo de secado que por el tiempo que requiere la selección y limpieza de la semilla.
- 7.10 En términos de calidad de semillas, las cuatro especies analizadas presentan bajos porcentajes de germinación debido a problemas de dormancia, por lo que será necesario realizar investigaciones en torno a la utilización de métodos que permitan romper dicha dormancia y con ello elevar estos porcentajes.

## B. RECOMENDACIONES.

- 8.1 Se sugiere continuar con el estudio por 2 ó 3 años más, a manera de poder determinar la producción cíclica o periódica que se estima tiene las especies forestales. En términos generales, generar información sobre la fenología de especies forestales "latifoliadas".
- 8.2 En las relaciones alométricas que presentaron un grado de correlación adecuado, principalmente en las de *Cedrela odorata*, se recomienda generar investigaciones que permitan crear modelos de regresión lineal y/o múltiples que puedan predecir o estimar la producción de semillas en base a características como altura total, diámetro a la altura del pecho o área de copa.
- 8.3 En investigaciones futuras relacionadas con la producción de semilla de especies forestales, se recomienda incluir dentro de la metodología, un análisis de beneficio-costos del proceso de recolección y procesamiento de la semilla.
- 8.4 Tomando en consideración los bajos porcentajes de germinación que presentan las especies bajo estudio, se debe realizar investigaciones que permitan determinar los tratamientos pregerminativos que tiendan a aumentar el porcentaje de germinación.

## 9. BIBLIOGRAFIA.

1. BUCH TEXAJ, M.S. 1992. Informe final; Manual sobre el proceso de análisis de semillas forestales. Práctica profesional agrícola y forestal supervisada. Barcena, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura. 52 p.
2. ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS FORESTALES (Hond.). 1981. Recolección de semillas forestales. Siguatepeque, Honduras. 67 p.
3. FLORES ROBLES, J.M. 1995. Estudio preliminar de las poblaciones de Aliso (Alnus spp.) y las especies arbóreas y arbustivas asociadas en el departamento de Totonicapán. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 103 p.
4. GARCIA ESQUIVEL, J. 1995. Análisis de la exportación de madera aserrada rústica de tres especies de importancia económica en Guatemala, situación actual y perspectivas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 117 p.
5. GARCIA RODRIGUEZ, G.R. 1989. Respuesta de la semilla de tres especies forestales (Abies guatemalensis Rehder, Tectona grandis Linneo y Juglans guatemalensis Manning) a varios tratamientos pregeminativos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 37 p.
6. GUATEMALA. MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y ALIMENTACION. DIRECCION GENERAL DE BOSQUES. BANCO DE SEMILLAS FORESTALES. 1995. Catálogo de semillas forestales. Guatemala. 20 p.
7. JARA, L.F.; VALLE, M.A. 1995. Producción y rendimiento de semillas de diez especies forestales tropicales. Turrialba, C. R., PROSEFOR-CATIE. 25 p.
8. JONES, S.B. 1988. Sistemática vegetal. Trad. por María de Lourdes Huesca Tapia. 2 ed. México, D.F., Mcgraw-Hill. 536 p.
9. MURILLO, O.; ROJAS, E.; VILCHEZ, B. 1993. Estimación de cosecha de semilla en un rodal semillero de jaul (Alnus acuminata oop. arguta (Schlectendal) Furlow) en Zarcero, Costa Rica. In. Convención Centroamericana de semillas forestales, (2., 1993, Siguatepeque, Honduras). Honduras. p 261 - 271.
10. ORDOÑEZ AGUILAR, W. 1981. Producción y conservación de semilla de tres especies de pinus importantes en Guatemala (Pinus oocarpa Schiede, Pinus maximinoi H.E. Moore y Pinus caribaea variedad hondurensis Bar. y Golf.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 83 p.
11. PROGRAMAS DE abastecimiento de semillas forestales. 1995. Turrialba, C. R., Danida Forest Seed Centre, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales, Proyecto de Semillas Forestales. 80 p.
12. RUANO CHAMALE, G.A. 1998. Rendimiento de semilla de cuatro especies de coníferas y requerimientos de mano de obra en su procesamiento en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 65 p.
13. SELECCIÓN Y manejo de rodales semilleros. 1994. Turrialba, C. R., Danida Forest Seed Centre, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales, Proyecto de Semillas Forestales. 176 p.

14. STANDLEY, P.C.; STEYERMARK, J.A. 1946. Flora of Guatemala. Chicago, EE. UU., Field Museum of Natural History, Fieldiana Botany. v. 24. tomo 3, 10. p. 225-226, 363-364.
15. VILLE, C.A.; SOLOMON, E.P.; DAVIS, P.W. 1987. Biología. Trad. por Ramón Elizondo Mata. México, D.F., Interamericana. 1342 p.
16. WILLAN, R.L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. Roma, Italia, Centro de semillas forestales de DANIDA - FAO. 502 p.



vo. B<sup>o</sup>

*Yriam De La Roca*

10. APENDICE

Cuadro 11A Boleta de campo en la fase de recolección de frutos de *Tectona grandis* en Finca Albertina, Retalhuleu.

ESPECIE: *Tectona grandis*  
 SITIO: Fca. Albertina, Retalhuleu  
 FECHA: 031296

ARBOL No.	D.A.P. (cms.)	ALTURA TOTAL (m.)	DIAMETRO DE COPA (m.)		AREA DE COPA (m <sup>2</sup> )	PESO DE FRUTOS (kg.)	PESO DE SEMILLAS (kg.)
			NORTE - SUR	ESTE - OESTE			
1	17.0	12.75	5.50	5.80	25.072	1.375	0.690
2	17.5	12.8	6.00	5.50	25.967	1.105	0.466
3	19.5	14.25	6.40	7.20	36.317	1.750	0.681
4	16.0	12.65	5.90	5.20	24.192	0.967	0.789
5	18.0	13.25	5.10	5.20	20.831	0.930	0.706
6	18.0	12.75	5.50	6.40	27.805	1.756	1.085
7	19.3	13.25	6.30	6.10	30.191	1.830	1.103
8	18.0	14.0	5.80	5.90	26.878	1.701	0.427
9	19.5	14.00	5.00	5.90	23.328	0.562	0.338
10	20.2	13.75	6.50	6.30	32.170	0.795	0.579
MEDIA	18.3	13.345	5.80	5.95	27.275	1.277	0.686
C.V.	6.77	4.33			15.890	34.471	35.452

DIA DE RECOLECCION	No. DE ARBOLES	D.A.P. (cm.)	ALTURA TOTAL (m.)	DIAMETRO DE COPA (m.)		PESO DE FRUTOS (kg.)	No. DE OPERARIOS	JORNADA (horas/día)
				NORTE-SUR	ESTE-OESTE			
1	10	18.3	13.345	5.80	5.95	12.771	3	7
2	12	16.65	13.60	5.57	5.70	8.620	2	8
3	11	17.827	14.218	5.882	5.682	14.407	2	8
MEDIA	11	17.592	13.721	5.694	5.777	11.933	2	7.67

Cuadro 12A. Boleta de campo en la fase de recolección de frutos de *Tectona grandis* en Finca Las Tecas, Suchitepéquez.

ESPECIE: *Tectona grandis*  
 SITIO: Fca. Las Tecas, Suchitepéquez  
 FECHA: 27/11/96

ARBOL No.	D.A.P. (cms.)	ALTURA TOTAL (m.)	DIAMETRO DE COPA (m.)		AREA DE COPA (m <sup>2</sup> )	PESO DE FRUTOS (kg.)	PESO DE SEMILLAS (kg.)
			NORTE - SUR	ESTE - OESTE			
1	33.0	21.25	12.40	10.20	100.287	9.185	3.297
2	26.0	23.25	7.50	6.70	39.592	2.498	1.000
3	29.0	20.25	9.10	8.40	60.132	2.650	0.994
4	26.0	23.75	9.00	8.8	62.211	2.561	1.263
5	28.0	22.80	9.60	9.90	74.662	3.949	2.592
6	29.0	22.10	11.90	10.70	100.287	3.798	1.482
7	31.0	24.30	11.20	11.10	97.643	3.489	1.747
8	26.5	21.25	8.30	11.00	73.138	1.037	0.456
9	29.5	21.90	13.50	8.60	95.899	2.223	0.817
10	33.0	21.25	10.00	12.10	95.899	2.781	1.531
MEDIA	29.1	22.21	10.25	9.75	79.98	3.417	1.518
C.V.	8.515	5.493			25.193	60.940	53.519

DIA DE RECOLECCION	No. DE ARBOLES	D.A.P. (cm.)	ALTURA TOTAL (m.)	DIAMETRO DE COPA (m.)		PESO DE FRUTOS (kg.)	No. DE OPERARIOS	JORNADA (horas/día)
				NORTE-SUR	ESTE-OESTE			
1	8	28.562	22.369	9.875	9.600	29.167	3	8
2	8	30.312	20.756	10.888	9.562	32.974	3	8
3	7	31.214	21.000	10.429	7.729	36.954	3	8
MEDIA	7.667	30.029	21.375	10.397	8.964	33.032	3	8

Cuadro 13A. Boleta de campo en la fase de recolección de frutos de *Alnus jorullensis* en Parcelamiento Pachali, Sacatepéquez.

ESPECIE: *Alnus jorullensis*  
 SITIO: Parcelamiento Pachali, Sacatepéquez  
 FECHA: 140197

ARBOL No.	D.A.P. (cms.)	ALTURA TOTAL (m.)	DIAMETRO DE COPA (m.)		AREA DE COPA (m <sup>2</sup> )	PESO DE FRUTOS (kg.)	PESO DE SEMILLAS (kg.)
			NORTE - SUR	ESTE - OESTE			
1	27.7	10.25	7.30	9.20	53.456	5.857	0.508
2	21.4	7.90	6.80	4.50	25.072	17.331	0.973
3	27.0	12.0	8.70	9.20	62.912	17.453	0.746
4	22.2	11.50	5.90	6.40	29.706	2.372	0.214
5	28.6	12.20	8.60	8.40	56.745	14.238	0.808
6	17.8	11.80	5.40	5.70	24.192	6.253	0.272
7	26.1	13.45	9.40	8.20	60.821	9.246	0.285
8	18.5	9.40	3.60	4.20	11.946	3.929	0.180
9	27.5	11.30	11.40	10.30	92.459	30.081	1.071
10	22.1	13.05	6.90	5.80	31.669	4.070	0.229
MEDIA	23.89	11.285	7.40	7.19	44.898	11.083	0.5286
C.V.	15.812	14.163			51.599	74.445	61.385

DIA DE RECOLECCION	No. DE ARBOLES	D.A.P. (cm.)	ALTURA TOTAL (m.)	DIAMETRO DE COPA (m.)		PESO DE FRUTOS (kg.)	JORNADA (horas/día)
				NORTE-SUR	ESTE-OESTE		
1	4	24.575	10.412	7.175	7.325	43.013	7
2	5	23.700	11.63	7.68	7.36	63.747	8
3	5	24.840	10.44	7.12	8.24	67.998	8
MEDIA	4.67	24.372	10.827	7.325	7.642	58.253	7.67

Cuadro 14A. Boleta de campo en la fase de recolección de frutos de *Alnus jorullensis* en Finca Caleras Chichavac, Chimaltenango.

ESPECIE: *Alnus jorullensis*  
 SITIO: Fca. Caleras Chichavac, Chimaltenango  
 FECHA: 070197

ARBOL No.	D.A.P. (cms.)	ALTURA TOTAL (m.)	DIAMETRO DE COPA (m.)		AREA DE COPA (m <sup>2</sup> )	PESO DE FRUTOS (kg.)	PESO DE SEMILLAS (kg.)
			NORTE - SUR	ESTE - OESTE			
1	21.9	16.50	8.80	6.60	46.566	3.582	0.127
2	32.6	18.25	10.70	8.90	75.430	11.562	0.188
3	32.5	16.90	11.10	10.90	95.033	15.683	0.878
4	36.7	19.55	10.40	11.30	92.459	19.372	1.285
5	31.5	16.90	9.20	11.10	80.914	20.651	0.618
6	25.0	24.3	9.90	7.50	59.447	8.879	0.367
7	48.4	26.70	11.80	12.10	112.157	7.540	0.416
8	27.0	16.75	9.30	10.80	79.327	10.254	0.442
9	21.80	12.00	7.30	5.80	33.696	4.608	0.183
10	33.2	21.95	11.70	10.40	95.899	16.147	0.599
MEDIA	31.06	18.98	10.02	9.54	77.093	11.838	0.5103
C.V.	24.191	21.471			29.634	47.516	66.363

DIA DE RECOLECCION	No. DE ARBOLES	D.A.P. (cm.)	ALTURA TOTAL (m.)	DIAMETRO DE COPA (m.)		PESO DE FRUTOS (kg.)	No. DE OPERARIOS	JORNADA (horas/día)
				NORTE-SUR	ESTE-OESTE			
1	3	29.0	17.217	10.20	8.80	30.927	4	5
2	6	31.73	19.367	9.65	9.77	71.304	4	8
3	6	37.7	21.0	12.35	11.23	93.890	4	8
MEDIA	5	32.81	19.195	10.73	9.93	65.374	4	7

Cuadro 15A. Boleta de campo en la fase de recolección de frutos de *Cedreia odorata* en Finca El Tesoro, Escuintla.

ESPECIE: *Cedreia odorata*  
 SITIO: Fca. El Tesoro Escuintla  
 FECHA: 040297

ARBOL No.	D.A.P. (cms.)	ALTURA TOTAL (m.)	DIAMETRO DE COPA (m.)		AREA DE COPA (m <sup>2</sup> )	PESO DE FRUTOS (kg.)	PESO DE SEMILLAS (kg.)
			NORTE - SUR	ESTE - OESTE			
1	62.0	21.75	17.3	19.0	258.728	94.885	5.613
2	40.8	13.25	11.1	12.9	113.097	32.498	1.786
3	36.3	16.25	11.4	10.4	93.313	10.569	0.369
4	38.5	15.30	10.4	10.0	81.713	11.481	0.298
5	48.8	19.05	11.4	11.6	103.869	17.175	0.595
MEDIA	45.28	17.12			130.144	33.322	1.732
C.V.	20.685	17.368			50.053	95.339	116.242

DIA DE RECOLECCION	No. DE ARBOLES	D.A.P. (cm.)	ALTURA TOTAL (m.)	DIAMETRO DE COPA (m.)		PESO DE FRUTOS (kg.)	No. DE OPERARIOS	JORNADA (horas/día)
				NORTE-SUR	ESTE-OESTE			
1	1	62.0	21.75	17.3	19.0	94.885	3	7
2	4	41.1	15.962	11.075	11.225	71.723	3	8
MEDIA	2	51.55	18.856	14.188	15.112	83.304	3	7.5

Cuadro 16A. Boleita de campo en la fase de recolección de frutos de *Cedrela odorata* en Finca Villa Melida, Escuintla.

ESPECIE: *Cedrela odorata*  
 SITIO: Fca. Villa Melida, Escuintla  
 FECHA: 070297

ARBOL No.	D.A.P. (cms.)	ALTURA TOTAL (m.)	DIAMETRO DE COPA (m.)		AREA DE COPA (m <sup>2</sup> )	PESO DE FRUTOS (kg.)	PESO DE SEMILLAS (kg.)
			NORTE - SUR	ESTE - OESTE			
1	44.1	18.7	11.1	11.8	102.968	15.899	0.709
2	28.6	12.75	7.1	9.6	54.760	3.019	0.071
3	38.7	18.2	9.9	11.2	87.417	4.465	0.397
4	41.5	19.75	12.5	7.7	80.118	16.649	0.610
5	32.3	16.3	8.0	9.5	60.132	11.292	0.510
MEDIA	37.04	17.14			77.079	10.265	0.459
C.V.	15.565	14.373			23.002	55.057	47.917

DIA DE RECOLECCION	No DE ARBOLES	D.A.P. (cm.)	ALTURA TOTAL (m.)	DIAMETRO DE COPA (m.)		PESO DE FRUTOS (kg.)	No DE OPERARIOS	JORNADA (horas/día)
				NORTE-SUR	ESTE-OESTE			
1	5	37.04	17.14	9.72	9.96	51.323	3	8

Cuadro 17A. Boleta de campo en la fase de recolección de frutos de *Tabebuia rosea* en Finca Anabella, Escuintla.

ESPECIE: *Tabebuia rosea*  
 SITIO: Finca Anabella, Escuintla  
 FECHA: 060397

ARBOL No.	D.A.P. (cms.)	ALTURA TOTAL (m.)	DIAMETRO DE COPA (m.)		AREA DE COPA (m <sup>2</sup> )	PESO DE FRUTOS (kg.)	PESO DE SEMILLAS (kg.)
			NORTE - SUR	ESTE - OESTE			
1	36.0	26.0	11.50	11.20	101.177	14.637	0.656
2	34.0	22.1	11.30	10.40	92.459	6.926	0.033
3	36.4	20.0	13.50	9.10	100.287	8.513	0.430
4	31.1	14.70	9.80	11.20	86.590	8.286	1.422
5	38.8	14.30	11.30	8.40	76.201	25.069	1.549
6	42.3	16.75	13.40	14.90	157.254	9.647	1.280
7	60.5	21.00	14.90	13.30	156.145	6.472	3.637
8	58.9	17.5	16.60	14.30	187.476	12.369	1.677
9	46.9	16.10	10.40	12.60	103.869	21.214	1.308
10	57.5	16.90	10.20	13.80	111.220	12.369	1.167
MEDIA	44.24	18.54			117.268	12.550	1.316
C.V.	23.733	18.857			29.597	46.983	69.952

DIA DE RECOLECCION	No. DE ARBOLES	D.A.P. (cm.)	ALTURA TOTAL (m.)	DIAMETRO DE COPA (m.)		PESO DE FRUTOS (kg.)	No. DE OPERARIOS	JORNADA (horas/día)
				NORTE-SUR	ESTE-OESTE			
1	3	35.47	22.70	12.10	10.23	30.076	2	6
2	5	46.32	16.85	13.20	12.42	61.843	2	8
3	3	52.5	15.73	11.73	13.77	48.220	2	7
MEDIA	4	44.76	18.43			46.713	2	7

Cuadro 18A. Boleta de campo en la fase de recolección de frutos de *Tabebuia rosea* en Finca Villa Melida, Escuintla.

ESPECIE: *Tabebuia rosea*  
 SITIO: Fca. Villa Melida, Escuintla  
 FECHA: 030397

ARBOL No.	D.A.P. (cms.)	ALTURA TOTAL (m.)	DIAMETRO DE COPA (m.)		AREA DE COPA (m <sup>2</sup> )	PESO DE FRUTOS (kg.)	PESO DE SEMILLAS (kg.)
			NORTE - SUR	ESTE - OESTE			
1	44.3	15.60	11.0	9.90	85.767	9.420	0.940
2	35.2	17.25	10.8	11.6	98.520	8.967	0.826
3	49.7	17.10	15.3	16.1	193.593	11.688	0.911
4	42.1	18.0	12.7	14.4	144.201	20.760	1.181
5	47.1	17.90	16.5	12.2	161.731	9.647	0.713
6	57.6	20.75	17.9	16.9	237.787	35.397	2.730
7	42.0	18.0	12.8	12.9	129.687	20.533	1.294
8	48.1	17.40	13.4	13.5	142.080	15.771	1.053
9	53.4	20.15	14.6	13.2	151.747	15.998	1.252
10	39.9	12.75	11.2	11.0	96.769	10.781	0.132
MEDIA	45.94	17.49			144.188	15.896	1.103
C.V.	13.707	12.081			30.648	48.661	56.966

DIA DE RECOLECCION	No. DE ARBOLES	D.A.P. (cm.)	ALTURA TOTAL (m.)	DIAMETRO DE COPA (m.)		PESO DE FRUTOS (kg.)	No. DE OPERARIOS	JORNADA (horas/día)
				NORTE-SUR	ESTE-OESTE			
1	4	42.82	16.987	12.45	13.00	50.835	2	6
2	5	49.84	18.840	15.04	13.74	97.346	2	8
3	4	40.80	16.325	10.97	11.50	45.113	2	6
MEDIA	4	44.42	17.384			64.431	2	6.67



FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

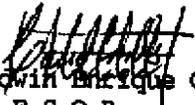
LA TESIS TITULADA: "RENDIMIENTO DE SEMILLA DE Alnus jorullensis HBK, Tectona grandis Linneo, Cedrela odorata Linneo y Tabebuia rosea (Bertol.) DC. Y REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN SU PROCESAMIENTO EN GUATEMALA".

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: RAUL ANIBAL ZUÑIGA ARAGON

CARNET No: 9014286

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Jorge Raúl Escobar Salazar  
Ing. Agr. Boris Augusto Méndez Paiz  
Ing. Agr. Francisco J. Vásquez Vásquez

El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

  
Ing. Agr. Edwín Enrique Cano Morales  
A S E S O R

  
Ing. Agr. M.Sc. Alvaro G. Hernández Dávila  
DIRECTOR DEL IIA.

I M P R I M A S E

  
Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera  
D E C A N O

cc:Control Académico  
IIA.  
Archivo  
AH/prc.

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C.A.  
TEL/FAX (502) 476-9794  
e-mail: [husac.edu.gt](mailto:husac.edu.gt) § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>