

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**SEGUNDA ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y EL RENDIMIENTO DE SEMILLAS DE  
CUATRO ESPECIES DE CONÍFERAS EN OCHO FUENTES SEMILLERAS DE  
GUATEMALA.**

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

**POR**

**JOSÉ PABLO PRADO CÓRDOVA**

**En el acto de investidura como**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN**

**RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

**Guatemala, marzo de 2000.**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Ing. Agr. EFRAÍN MEDINA GUERRA

RECTOR

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. William Roberto Escobar López
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa
VOCAL CUARTO	Prof. Jacobo Bolvito Ramos
VOCAL QUINTO	Br. José Domingo Mendoza Cipriano
SECRETARIO	Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada

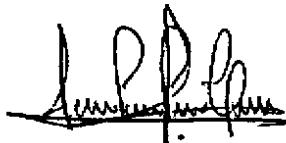
Guatemala, marzo de 2000.

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

Distinguidos Miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado "SEGUNDA ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y EL RENDIMIENTO DE SEMILLAS DE CUATRO ESPECIES DE CONÍFERAS EN OCHO FUENTES SEMILLERAS DE GUATEMALA" presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, atentamente,



José Pablo Prado Córdova

**ACTO QUE DEDICO**

**A MIS PADRES RONALDO (†) Y MARÍA ESTELA**

**MIS HERMANOS PEDRO, RAMIRO Y RONALDO**

**MI FAMILIA**

**MIS AMIGOS DE SIEMPRE**

**MIS COMPATRIOTAS MÁS POBRES**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A MIS PADRES RONALDO (†) Y MARÍA ESTELA**

**MIS HERMANOS PEDRO, RAMIRO Y RONALDO**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN  
CARLOS DE GUATEMALA**

**COLEGIO SAN SEBASTIÁN**

**ASOCIACIÓN CRISTIANA DE JÓVENES DE GUATEMALA**

**TODO EL PERSONAL DEL BANCO DE SEMILLAS FORESTALES  
DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES**

**MIS ASESORES JULIO LÓPEZ Y EDWIN CANO**

## Contenido General

<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Definición del Problema.....</b>	<b>2</b>
<b>3. Marco Teórico.....</b>	<b>3</b>
3.1 Marco Conceptual.....	3
3.1.1 Gimnospermas.....	3
3.1.2 Semilla.....	3
3.1.3 Desarrollo de la semilla y el fruto en las gimnospermas.....	5
3.1.4 Planificación de la recolección de semilla.....	7
3.1.5 Importancia de las fuentes semilleras.....	7
3.1.6 Valoración de la calidad fenotípica de los árboles semilleros.....	9
3.1.7 Procedencias.....	10
3.1.8 Recolección de semillas forestales.....	12
3.1.9 Efecto de la periodicidad en la determinación del año de recolección de semillas.....	13
3.1.10 Recolecciones de semilla en pequeña escala con fines de investigación.....	14
3.1.11 Acopio de los recursos necesarios para la recolección.....	15
A. Organización de los equipos de recolección.....	16
B. Organización del transporte.....	16
C. Organización del equipo.....	16
D. Organización de los registros.....	17
E. Organización de las autorizaciones.....	17
F. Organización de la extracción de la semilla.....	17
3.1.12 Descripción taxonómica de las especies a estudiar.....	17
A. <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.....	17
B. <i>Pinus tecunumanii</i> (Schw).....	19
C. <i>Pinus oocarpa</i> Schiede.....	19
D. <i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore.....	20
3.2 Marco Referencial.....	21
3.2.1 Antecedentes.....	21
3.2.2 Procedencias.....	23
<b>4. Objetivos.....</b>	<b>26</b>
4.1 Objetivo general.....	26
4.2 Objetivos específicos.....	26
<b>5. Metodología.....</b>	<b>27</b>
5.1 Selección de especies.....	27
5.2 Selección de las fuentes.....	27
5.3 Épocas de recolección y procedencias.....	27
5.4 Producción de estróbilos y semillas.....	28
5.4.1 Recopilación de información en parcelas.....	28
5.4.2 Selección de árboles semilleros.....	29
A. Variables primarias.....	29
B. Variables derivadas.....	29
5.4.3 Cuantificación de las variables.....	30
A. Variables primarias.....	30

B. Variables derivadas.....	30
a. Secado.....	30
b. Separación de alas.....	30
c. Limpieza de la semilla.....	31
5.5 Estimación de la variación de la producción de semillas entre 1997 y 1999 en las especies evaluadas.....	31
5.5.1 Supuestos de la prueba.....	32
5.5.2 Planteamiento de hipótesis estadísticas.....	32
5.5.3 Estadístico de prueba.....	32
5.5.4 Regla de decisión.....	32
5.6 Relaciones alométricas.....	33
5.7 Pruebas para determinar las características físicas y fisiológicas de las semillas.....	35
5.7.1 Contenido de humedad.....	35
5.7.2 Porcentaje de pureza.....	35
5.7.3 Número de semillas por kilogramo de lote.....	35
5.7.4 Porcentaje de germinación.....	36
5.7.5 Número de semillas viables por kilogramo.....	36
5.7.6 Energía germinativa.....	36
5.8 Costos de la recolección y procesamiento de las semillas.....	36
5.8.1 Orden de trabajo.....	37
<b>6. Resultados y Discusión.....</b>	<b>38</b>
6.1 Producción semillera y características de las fuentes evaluadas.....	38
6.1.1 Pinus oocarpa.....	38
6.1.2 Pinus tecunumanii.....	42
6.1.3 Pinus maximinoi.....	44
6.2 Indicadores estadísticos de las variables cuantificadas.....	46
6.3 Variación entre la producción semillera de 1997 y la de 1999 para las fuentes semilleras evaluadas.....	49
6.4 Características físicas de las semillas.....	55
6.5 Relaciones alométricas.....	56
6.5.1 Pinus oocarpa.....	57
A. La Brea.....	57
B. El Pinalón.....	58
6.5.2 Pinus tecunumanii.....	59
A. San Jerónimo.....	59
B. Chuacús.....	61
6.5.3 Pinus maximinoi.....	62
A. La Coyotera.....	62
B. San Andrés.....	64
6.6 Costos de recolección y procesamiento.....	67
<b>7. Conclusiones.....</b>	<b>73</b>
<b>8. Recomendaciones.....</b>	<b>75</b>
<b>9. Bibliografía.....</b>	<b>76</b>
<b>10. Apéndice.....</b>	<b>79</b>

## Índice de Figuras

Figura 1	Principales partes de la semilla del género <i>Pinus</i>	4
Figura 2	Localización de las fuentes semilleras	25
Figura 3	Coefficientes de variación del peso de semillas obtenido en cada una de las fuentes evaluadas	48
Figura 4	Comparación de la producción semillera entre 1997 y 1999 de 3 especies de coníferas en seis fuentes semilleras	52
Figura 5	Relación entre la altura y el peso de semillas de <i>Pinus oocarpa</i> en El Pinalón	59
Figura 6	Relación entre el peso de frutos y el peso de semillas de <i>Pinus tecunumanii</i> en San Jerónimo	61
Figura 7	Relación entre el peso de frutos y el peso de semillas de <i>Pinus tecunumanii</i> en Chuacús	62
Figura 8	Relación entre el peso de frutos y el peso de semillas de <i>Pinus maximinoi</i> en La Coyotera	64
Figura 9	Relación entre el peso de frutos y el peso de semillas de <i>Pinus maximinoi</i> en San Andrés	65
Figura 10	Tendencia estimada de los costos de recolección y procesamiento de la producción semillera de <i>Pinus oocarpa</i> obtenida en El Pinalón, San Pedro Pinula, Jalapa	68
Figura 11	Tendencia estimada de los costos de recolección y procesamiento de la producción semillera de <i>Pinus oocarpa</i> obtenida en La Brea, Quezada, Jutiapa	68
Figura 12	Tendencia estimada de los costos de recolección y procesamiento de la producción semillera de <i>Pinus tecunumanii</i> obtenida en San Jerónimo, Baja Verapaz	69
Figura 13	Tendencia estimada de los costos de recolección y procesamiento de la producción semillera de <i>Pinus tecunumanii</i> obtenida en Chuacús, Baja Verapaz	70
Figura 14	Tendencia estimada de los costos de recolección y procesamiento de la producción semillera de <i>Pinus maximinoi</i> obtenida en La Coyotera, San Martín Jilotepeque, Chimaltenango	71
Figura 15	Tendencia estimada de los costos de recolección y procesamiento de la producción semillera de <i>Pinus maximinoi</i> obtenida en San Andrés, San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz	71



## Índice de Cuadros

Cuadro 1	Estudios anteriormente realizados sobre producción y rendimientos de semillas de especies forestales en Guatemala	21
Cuadro 2	Producción de cuatro fuentes semilleras por procedencia en 1997	22
Cuadro 3	Características de las procedencias de semilla de cuatro especies de coníferas en Guatemala	24
Cuadro 4	Épocas de recolección y procedencias de las especies a evaluar	28
Cuadro 5	Cálculo de los costos de la obtención de 1 kg de semillas	37
Cuadro 6	Resumen de costos de la obtención de 1 kg de semillas	37
Cuadro 7	Resumen de la información obtenida en las fuentes semilleras evaluadas de la especie <i>Pinus oocarpa</i>	39
Cuadro 8	Producción de semillas de las fuentes evaluadas de <i>Pinus oocarpa</i>	41
Cuadro 9	Resumen de la información obtenida en las fuentes semilleras evaluadas de la especie <i>Pinus tecunumanii</i>	42
Cuadro 10	Producción de semillas de las fuentes evaluadas de <i>Pinus tecunumanii</i>	44
Cuadro 11	Resumen de la información obtenida en las fuentes semilleras evaluadas de la especie <i>Pinus maximinoi</i>	45
Cuadro 12	Producción de semillas de las fuentes evaluadas de <i>Pinus maximinoi</i>	46
Cuadro 13	Comportamiento de las principales variables obtenidas en los árboles semilleros evaluados	47
Cuadro 14	Indicadores de la variación en el peso de las semillas de cada una de las fuentes evaluadas	49
Cuadro 15	Promedios anuales de producción de semillas de las especies evaluadas	50
Cuadro 16	Resumen de los resultados obtenidos en la prueba de contraste de hipótesis de muestras no apareadas en SAS	53
Cuadro 17	Calidad física de las semillas obtenidas en las fuentes evaluadas	55
Cuadro 18	Relaciones alométricas de las variables analizadas de <i>Pinus oocarpa</i> en La Brea, Quezada, Jutiapa	57
Cuadro 19	Relaciones alométricas de las variables analizadas de <i>Pinus oocarpa</i> en El Pinalón, San Pedro Pinula, Jalapa	58
Cuadro 20	Relaciones alométricas de las variables analizadas de <i>Pinus tecunumanii</i> en San Jerónimo, Baja Verapaz	60

Cuadro 21	Relaciones alométricas de las variables analizadas de <i>Pinus tecunumanii</i> en Chuacús, Baja Verapaz	61
Cuadro 22	Relaciones alométricas de las variables analizadas de	63
Cuadro 23	Relaciones alométricas de las variables analizadas de <i>Pinus maximinoi</i> en San Andrés, San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz	65
Cuadro 24	Resumen de los costos de la recolección y el procesamiento de las semillas obtenidas en las fuentes evaluadas	67
Cuadro 25 A	Costos detallados de la recolección y el procesamiento de las semillas de <i>Pinus oocarpa</i> obtenidas en El Pinalón, San Pedro Pinula, Jalapa	79
Cuadro 26 A	Costos detallados de la recolección y el procesamiento de las semillas de <i>Pinus oocarpa</i> obtenidas en La Brea, Quezada, Jutiapa	80
Cuadro 27 A	Costos detallados de la recolección y el procesamiento de las semillas de <i>Pinus tecunumanii</i> obtenidas en San Jerónimo, Baja Verapaz	81
Cuadro 28 A	Costos detallados de la recolección y el procesamiento de las semillas de <i>Pinus tecunumanii</i> obtenidas en Chuacús, Baja Verapaz	82
Cuadro 29 A	Costos detallados de la recolección y el procesamiento de las semillas de <i>Pinus maximinoi</i> obtenidas en La Coyotera, San Martín Jilotepeque, Chimaltenango	83
Cuadro 30 A	Costos detallados de la recolección y el procesamiento de las semillas de <i>Pinus maximinoi</i> obtenidas en San Andrés, San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz	84

**SEGUNDA ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y EL RENDIMIENTO DE SEMILLAS DE CUATRO ESPECIES DE CONÍFERAS EN OCHO FUENTES SEMILLERAS DE GUATEMALA**

**SECOND ESTIMATION OF THE OUTPUT AND THE YIELD OF SEEDS OF FOUR CONIFER SPECIES IN EIGHT SEED SOURCES IN GUATEMALA**

**RESUMEN**

La falta de información sobre la periodicidad de la producción de semillas de las especies arbóreas de mayor interés a nivel nacional supone una limitación significativa para el desarrollo del sector forestal ya que el desconocimiento de los mejores años de cosecha significa una desventaja para los silvicultores quienes no cuentan con suficientes elementos para planificar adecuadamente las actividades de recolección de semillas forestales. Por lo tanto, el monitoreo de la producción anual de semillas es una tarea indispensable para el fortalecimiento del sector forestal nacional.

Esta investigación consiste fundamentalmente en la cuantificación de la producción y los rendimientos de la cosecha de semillas de cuatro especies de coníferas: *P. pseudostrobus*, *P. oocarpa*, *P. tecunumanii* y *P. maximinoi*. Estas especies fueron seleccionadas con base en la demanda que presentan a nivel nacional. Las procedencias fueron establecidas con base en estudios anteriores y en la información de campo existente en ocho diferentes sitios del país. La información de campo fue obtenida levantando parcelas de mil metros cuadrados dentro de las que se ubicaron los árboles que presentaron las características deseables desde el punto de vista silvícola para ser considerados como semilleros.

En cada uno de los árboles seleccionados se cuantificaron variables dasométricas como la altura y el diámetro a la altura del pecho y se pesó tanto la cantidad de frutos como la cantidad de semillas obtenidas. El volumen de la cosecha obtenida fue comparado con el obtenido en 1997, en un estudio similar, mediante una prueba de contraste de hipótesis para

muestras no apareadas. También se ensayaron diferentes modelos de regresión con el objeto de estimar las relaciones alométricas existentes entre las variables analizadas.

Por otro lado, se efectuaron los análisis rutinarios de laboratorio para determinar las características físicas de las semillas obtenidas y se calcularon los costos de producción que implican las actividades de recolección y procesamiento de semillas forestales.

Los análisis estadísticos realizados indican que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la producción de semillas de las procedencias evaluadas entre los años incluidos en la investigación. Esta diferencia refleja el hábito de periodicidad que estas especies presentan en términos de la producción de semillas. Además, el análisis estadístico también permitió establecer qué modelos matemáticos pueden ajustarse a la relación existente entre el DAP, la altura y el peso de frutos y el peso de semillas lo que supone la posibilidad de contar con ecuaciones que permitan hacer estimaciones de los volúmenes de cosecha que pueden obtenerse a partir de la cuantificación de variables dasométricas o del peso de los frutos recolectados en el campo. La información obtenida en cada uno de los árboles evaluados también permitió establecer que existen altos niveles de variación entre las producciones individuales de semillas y que éstas presentan características físicas distintas en función de la especie y de la procedencia.

Finalmente, los costos de producción estimados para las actividades de recolección y procesamiento de semillas de las especies evaluadas demostraron que el factor determinante es el volumen de la cosecha por lo que concentrar las actividades de recolección en los mejores años de producción de semillas no sólo significa una ventaja desde el punto de vista silvícola, ya que supone una mayor disponibilidad de portagranos y por lo tanto una base genética más amplia, sino también desde el punto de vista económico ya que una cosecha abundante distribuye más adecuadamente el costo total de la recolección entre el número de kilogramos obtenidos.

## 1. Introducción

La producción de semillas forestales y los rendimientos obtenidos durante su recolección y procesamiento son indicadores de la eficiencia en una de las actividades forestales. Los intentos de implementar propuestas para el manejo sostenible de los bosques deben incluir necesariamente los componentes económico, técnico, social y ecológico. En cuanto al primero, la actividad forestal no resulta especialmente atractiva debido al largo período de retorno de la inversión; sin embargo, existen alternativas que posibilitan la obtención de beneficios económicos durante el crecimiento del bosque como la recolección y comercialización de semillas.

Desafortunadamente el país no cuenta con suficiente información sobre la periodicidad en la producción de semillas de las especies forestales de mayor interés comercial. Esta falta de información representa dificultades financieras y logísticas ya que si se conociera la periodicidad de la producción con mayor exactitud, la recolección de semillas podría ser programada de tal forma que resultara más eficiente. Esta investigación es parte del esfuerzo por generar más información sobre cuatro de las especies forestales más importantes a nivel nacional. Significa el segundo paso en un proceso de investigación auspiciado por el Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR) del Instituto Nacional de Bosques (INAB) y el Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR) del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) que contribuye a validar y extender los alcances logrados en la primera investigación realizada sobre las especies evaluadas en las mismas fuentes semilleras. Estos primeros resultados son útiles en sí mismos por cuanto suponen información anteriormente inexistente; sin embargo, su dimensión es parcial si no constituyen el punto de partida para el monitoreo frecuente de las fuentes evaluadas. La posibilidad de continuar con el monitoreo de estas especies permite realizar varias comparaciones y establecer si existe diferencia estadísticamente significativa entre las producciones obtenidas en los años analizados.

## 2. Definición del Problema

Guatemala cuenta con escasa información sobre la fenología de las especies forestales que aquí se desarrollan de forma natural, así como sobre los rendimientos que su producción semillera representa anualmente. La falta de información sobre la periodicidad en la producción de semillas supone el desconocimiento de los mejores años, es decir de los años en los que se concentra la cosecha. Esta concentración representa muchas ventajas para el silvicultor ya que se traduce en buenos resultados, tanto desde el punto de vista técnico como económico. A pesar de la importancia de esta información, nuestro país aún no cuenta con los registros que permitan conocer cuáles son los mejores años de producción de semillas de las especies de mayor importancia económica, en términos de la demanda que presentan para satisfacer las necesidades de plantaciones forestales establecidas como consecuencia de compromisos de reforestación, plantaciones por incentivos forestales, plantaciones voluntarias, bosques protectores de cuencas y para la conservación de la biodiversidad. De acuerdo al Programa de Incentivos Forestales del INAB entre 1997 y 1999 se incrementó la cantidad de hectáreas plantadas de varias especies de coníferas alcanzando una inversión total de Q 10,505,600.00 para *P. maximinoi* y Q5,764,950.00 para *P. oocarpa* en los tres años, lo que refleja el incremento gradual de la demanda de semillas de estas especies, por lo que es necesario determinar el comportamiento de la producción de semillas de cada una de las especies.

Tampoco hay bases sólidas para calcular los costos de producción que estas actividades significan tanto para el Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR) del Instituto Nacional de Bosques (INAB) como para cualquier productor particular.

### 3. Marco Teórico

#### 3.1 Marco Conceptual

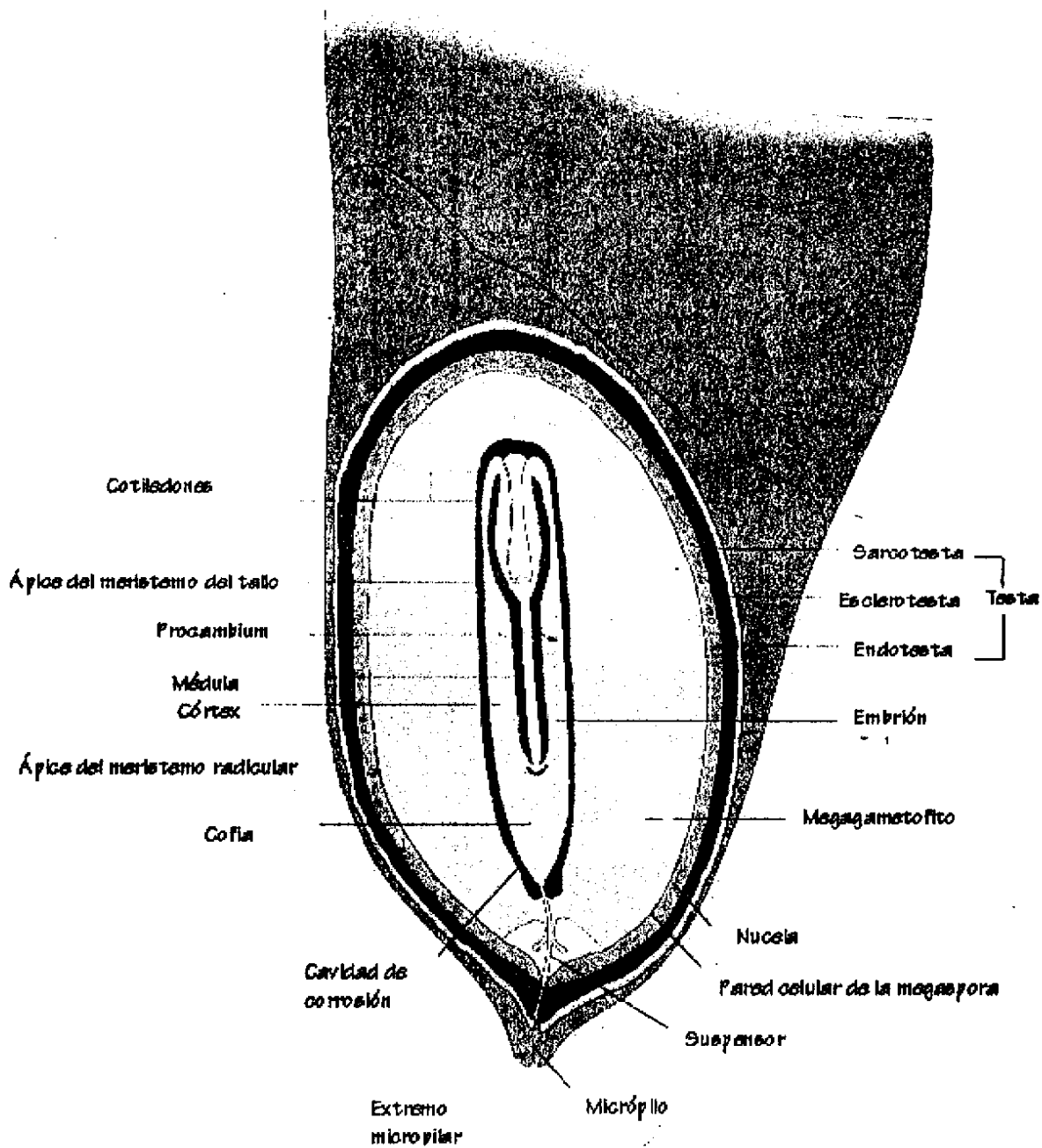
##### 3.1.1 Gimnospermas

De acuerdo a Ville (33) "las gimnospermas son plantas leñosas que no tienen flores pero llevan sus semillas sobre las caras internas de las hojas escamosas que, habitualmente, están dispuestas en espiral para formar un cono o estróbilo". El mismo autor apunta que "además de las diferencias en los métodos de reproducción, las gimnospermas difieren de las angiospermas porque el xilema de su tallo está formado sólo por traqueidas y parénquima leñoso: no poseen fibras ni vasos leñosos y, debido a ello, las gimnospermas tienen maderas más bien blandas".

##### 3.1.2 Semilla

La semilla es el instrumento fundamental de la reproducción de las especies vegetales, Flores (12) indica que "la semilla es el sitio de parcial desarrollo del nuevo esporofito (embrión) y el lazo de unión entre generaciones sucesivas. Es, además, la estructura que permite supervivencia y dispersión en diferentes condiciones ambientales, así como una subsiguiente germinación exitosa. Hay una inmensa diversidad en la estructura externa e interna de las semillas, que se relaciona, en gran parte, con diferentes estrategias de dispersión y germinación. Estas variaciones incluyen el tamaño y posición del endosperma y el embrión, estructura, textura y color de la cubierta seminal y forma y dimensiones de la semilla".

Las principales partes de una semilla generalizada del género *Pinus* se muestran en la Figura 1.



**Figura 1. Principales partes de las semillas del género *Pinus*.**

**Fuente:** Kolotelo (18).



### 3.1.3 Desarrollo de la semilla y el fruto en las gimnospermas

El comportamiento de la periodicidad en la producción de semillas de las gimnospermas está determinado en parte por la naturaleza de las mismas, de ahí la importancia de incluir las características más importantes de este tipo de semillas. Willan (34) señala que "en las semillas de gimnospermas existe por lo general un único integumento protector, que en un cono femenino típico está parcialmente fundido con la escama ovulífera que porta los óvulos emparejados. Dentro del integumento está la nucela, que en la fecundación, como en las angiospermas, se separa claramente del integumento sólo en la región del micrópilo.

La meiosis que se produce en la nucela, seguida de divisiones celulares mitóticas, lleva la formación de un tejido haploide multicelular – el gametófito femenino – . En el momento de la fecundación se ha desarrollado mucho más que el saco embrional de ocho núcleos de las angiospermas y ha desplazado en gran parte a la nucela. En su extremo micropilar está diferenciado en un número variable de arquegonios, cada uno de los cuales contiene una gran célula huevo. En la fecundación, el tubo polínico deposita dos núcleos masculinos en un arquegonio, uno de los cuales se une con el núcleo del huevo. El cigoto resultante se convierte después en el nuevo embrión diploide.

La semilla madura de las gimnospermas está formada por algunos o bien todos los elementos siguientes:

- A. Cubierta seminal o testa.
- B. Perisperma diploide.
- C. Tejido haploide del gametófito femenino.
- D. Embrión ( formado a su vez por la radícula, los cotiledones, la plúmula y el hipocótilo).

Dentro un mismo óvulo puede fecundarse más de un arquegonio, pero en la gran mayoría de los casos sólo llega a la madurez un embrión por semilla. De hecho se dan casos de poliembrionía, pero ésta es infrecuente en la mayoría de los géneros".

En cuanto al desarrollo de los frutos en las gimnospermas Willan (34) señala que "después de la fecundación, el cono femenino que es característico de varios géneros importantes de gimnospermas aumenta de tamaño y peso, así como de contenido de humedad y reservas nutricias acumuladas. Cuando los conos se acercan a la madurez, el contenido de humedad desciende nuevamente, las reservas nutricias acumuladas pasan del cono a las semilla y el cono se hace más o menos leñoso.

En *Pinus* una hojuela delgada y membranosa se separa de la escama ovulífera y se adhiere a la semilla madura, formando un ala. Como en las angiospermas, es muy variable el tiempo que transcurre entre la floración y la madurez y dispersión de la semilla. Debido al prolongado intervalo que se da entre la polinización y la fecundación en los pinos, el período total que transcurre entre la polinización y la madurez del cono suele ser de dos años en este género; entre los pinos tropicales el promedio es de 23 meses en *Pinus kesiya* y entre 18 y 21 meses en *Pinus oocarpa*".

La variación señalada por el autor ocurre en todas las especies de coníferas importantes económicamente por lo que la obtención de semillas es restringida durante los años con bajas cosechas. Esto significa que las operaciones de recolección deben concentrarse en los mejores años ya que de esta forma pueden obtenerse cantidades suficientes de semillas que puedan abastecer el mercado incluso durante los años de poca existencia.

### *3.1.4 Planificación de la recolección de semilla*

La estructuración de un plan eficiente de recolección es fundamental para el éxito de cualquier programa de obtención de semillas forestales, sobre este tema Willan (34) apunta que "las especies que producen semilla madura en cantidades suficientes en todas las épocas apenas presentan problemas al recolector experimentado, pero esas especies son pocas. Algunas especies producen semilla a lo largo de todo el año, pero sólo poca cantidad cada vez, y ello hace que la recolección de las semillas sea lenta y costosa. En la mayoría de las especies la fructificación se concentra en unas pocas semanas, y el objetivo del recolector es entonces recoger la mayor cantidad de semilla posible en el breve plazo en el que las semillas están ya maduras pero los frutos aún no se han caído o abierto. Los frutos grandes indehiscentes o carnosos pueden recogerse del suelo, pero incluso en esos casos la recolección ha de hacerse con rapidez para evitar pérdidas debidas a animales, hongos o germinación prematura.

La planificación previa de las actividades de recolección es por consiguiente esencial para asegurar que las operaciones se efectúan con la mayor rapidez y eficiencia posibles en el limitado tiempo de que se dispone".

### *3.1.5 Importancia de las fuentes semilleras*

Las fuentes semilleras constituyen la base de cualquier programa de mejoramiento genético forestal y su calidad determina los resultados que pueden esperarse. Zobel y Talbert (1984), citados por Jara (16) señalan que "un rodal semillero es un grupo de árboles de la misma especie o grupo de especies donde predominan individuos fenotípicamente o de conformación aceptable o deseable en cuanto a forma, vigor y sanidad, el cual es manejado técnicamente para aumentar y sostener la producción de semilla en calidad y cantidad".

La importancia de las fuentes semilleras es nuevamente indicada por Zobel y Talbert (35) cuando apuntan que "sin importar que tan complejas sean las técnicas de mejoramiento genético, las ganancias mayores, más fáciles y más rápidas en la mayoría de los programas de mejoramiento genético forestal se obtienen asegurando el uso de la especie y fuentes de semilla adecuados dentro de la especie". Más adelante los mismos autores señalan que "los programas más exitosos de mejoramiento genético forestal son aquellos en los cuales se utilizan las procedencias y fuentes de semillas adecuadas. Las pérdidas debidas al uso de una fuente inadecuada pueden ser grandes, e incluso desastrosas".

Por otro lado, Salazar (25) señala al respecto que "para asegurar plantaciones con alto rendimiento, lo ideal es prestar la debida atención a las condiciones de sitio, las cuales deben ser ideales, asegurar un manejo técnico adecuado y utilizar germoplasma genéticamente comprobado; así el resultado de la interacción genotipo - ambiente será positivo y el rendimiento de las plantaciones será el deseado".

Por su parte, Jara (16) se refiere al tema en los siguientes términos: "la identificación de las mejores fuentes de semilla y su evaluación y selección, forman uno de los principales componentes de cualquier programa de semillas forestales. Todo programa de reforestación debe considerar esta etapa fundamental, con el propósito de obtener el material genético a corto plazo mientras los programas de mejoramiento aportan los resultados para establecer sistemas más avanzados y sofisticados, que suministren semillas de mayor calidad y productividad.

Los rodales semilleros se constituyen como una herramienta básica para la inmediata y futura (mediano plazo) utilización de material para proyectos masivos de reforestación, extensión e investigación, cuyas metas en el corto plazo, no permiten esperar sistemas más productivos y avanzados. A corto plazo, suministran material de mejor calidad que el promedio de las

plantaciones existentes o de donde se realizan las recolecciones comerciales. Lo anterior, implica una mejora a corto plazo de la calidad de las plantaciones y de sus rendimientos en términos de biomasa y por ende económicos. A largo plazo, se pueden constituir en una base genética amplia y puntos de partida para los programas de mejoramiento de las principales especies utilizadas para reforestación comercial. La garantía que obtiene el usuario de semilla o reforestador, al utilizar material de una fuente reconocida, es de gran importancia, puesto que esta ha sido seleccionada previamente mediante comparación con otras fuentes y manejada de tal forma que asegura una mejora sobre el promedio existente y su adaptación a sitios de plantación con condiciones similares a las del rodal. El aspecto económico juega un papel determinante: se concentran las operaciones de recolección en un área pequeña y accesible, que permite aumentar los rendimientos y por consiguiente, reduce los costos de recolección y procesamiento, y facilita la organización y el control de la actividad".

### *3.1.6 Valoración de la calidad fenotípica de los árboles semilleros*

La evaluación de los árboles es una valoración de la calidad fenotípica, asignándoles un número de acuerdo a los siguientes criterios utilizados por PROSEFOR y citados por Jara (16):

- Clase 1: árboles excelentes (dominantes o codominantes, rectos, sin bifurcaciones, ramas delgadas y horizontales, sanos, vigorosos, fuste cilíndrico y sin acanalamientos). Conformarán la mayoría de la fuente semillera una vez realizado el raleo.
- Clase 2: árboles buenos (dominantes o codominantes, rectos, sin bifurcaciones bajas, con leves sinuosidades en su fuste, sanos, vigorosos, ramas no tan gruesas). Algunos

o todos podrían permanecer después del aclareo en la fuente si no existen suficientes en la categoría anterior.

- Clase 3: árboles indeseables (suprimidos, enfermos, con defectos en el fuste, acanalamientos, ramas gruesas). Todos deben ser eliminados en el primer raleo.

### 3.1.7 Procedencias

El término procedencia ha sido utilizado de distintas formas por varios autores. La OCDE (1974), citada por Willan (34), lo define como "el lugar en el que crece un rodal de árboles". La misma fuente indica que "cuando se aplica a semillas, su significado suele ampliarse para incluir la zona en que crecían los árboles originarios de las semillas". Jones y Burley (1973), citados por Willan (34), señalan que "cuando las semillas se obtienen de una plantación exótica o *"procedencia derivada"* el uso no ha sido tan coherente; algunos autores suelen definir la procedencia como el lugar en el que crecían como exóticos los padres inmediatos, mientras que otros suelen limitar su uso al lugar en el que crecían en el bosque natural los progenitores originales. Siempre que los datos sobre el origen de la semilla informen sobre la ascendencia completa, comprendidas tanto la ubicación de los progenitores naturales originales como la de los padres inmediatos y la de las posibles generaciones intermedias".

Burley y Wood (3) indican que "tratándose de material clonal o de semilla, la procedencia es la zona geográfica y ambiental dentro de la cual crecieron los árboles progenitores y dentro de la cual se ha desarrollado su constitución genética por selección artificial y/o natural".

Willan (34) señala que "a lo largo del último medio siglo se han venido acumulando de manera constante las pruebas de que, dentro de una especie botánica, la variación genética significativa que se produce en árboles forestales suele estar asociada a diferencias geográficas

entre los lugares en los que crecen. Así ocurre especialmente cuando el desplazamiento geográfico va unido a cambios climáticos o de suelos".

Zumer y Linder (1979), citados por Willan (34) apuntan que la procedencia es la "fuente geográfica o ubicación de la que son autóctonas las plantas y dentro de la cual se han desarrollado, mediante selección natural, sus características genéticas". A efectos de la recolección de semillas, la procedencia ideal reuniría según Barner (1975), citado por el mismo autor las siguientes características:

- A. Integrada por una comunidad de árboles de constitución genética parecida y con posibilidades de entrecruzamiento (y cuya constitución genética sea notablemente diferente de las de otras procedencias).
- B. Lo bastante grande para permitir la recolección de material reproductivo en cantidades significativas desde el punto de vista de la práctica forestal.
- C. Definida por medio de unos límites que pueden identificarse sobre el terreno.

Finalmente, Willan (34) indica que "aunque en la mayoría de los casos aún no es posible trazar los límites de las procedencias naturales, está ampliamente demostrado en el caso de muchas especies tropicales, y también de la zona templada, que entre ellas existen diferencias genéticas significativas. En el caso de las procedencias derivadas que crecen en plantaciones, es mucho más fácil trazar los límites, y, tras una o dos generaciones de selección deliberada por parte del hombre, esas "razas locales" suelen diferir notablemente de la procedencia natural original".

### *3.1.8 Recolección de semillas forestales*

La Escuela de Ciencias Forestales de Honduras (9) señala lo siguiente "la recolección de semillas forestales es una actividad un tanto más complicada y difícil que la misma actividad aplicada en la agricultura; frecuentemente los árboles se encuentran dispersos, sus cosechas son variables y a causa de su altura resulta muy difícil y peligroso acercarse a los estróbilos para poder cogernos.

La recolección de semillas forestales debe ser durante la época de maduración de los estróbilos; sin embargo, esta época varía hasta en las mismas especies y depende del microclima de los rodales.

#### **A. Formas de recolectar las semillas forestales**

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

Esto puede hacerse una vez desprendidas las semillas de los árboles. 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 estróbilos que caen en general son de mala calidad.

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

La mayor cantidad de semillas se recoge en árboles en pie, este método es evidentemente 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".



### 3.1.9 Efecto de la periodicidad en la determinación del año de recolección de semillas

Morandini (1962), citado por Willan (34), señala que "en muchos árboles forestales la fructificación es bastante irregular de un año a otro. Es posible que a un año de producción abundante ("año de semilla") le sigan uno o varios años en los que la cantidad de semilla es escasa o incluso nula. Este hábito de periodicidad en la producción de semilla es un factor importante que hay que tener en cuenta al planificar las operaciones de recolección".

Por otro lado Turnbull (1975), Seal y otros (1965), citados por Willan (34), se refieren al tema como sigue: " Recoger la semilla en un año bueno ofrece una serie de ventajas. Puede darse una gran intensidad de selección de portagranos, el costo de la recolección es inferior debido a la concentración de la cosecha, y por lo general las semillas tendrán una capacidad germinativa superior y conservarán su viabilidad durante más tiempo que las recogidas en un año de fructificación escasa".

El mismo autor apunta más adelante que "en los años buenos, los daños debidos a insectos afectan a una menor proporción de las semillas que en los años malos. Un año de abundante producción de semilla suele reflejar una producción previa de polen igualmente abundante, a la que han contribuido todos o casi todos los árboles del rodal. Por consiguiente, al recolectar en un año bueno se conserva una mayor proporción de la diversidad genética existente entre los padres masculinos que cuando se recolecta en un año malo, precedido por una polinización en la que ha intervenido sólo un pequeño número de árboles.

La periodicidad está bien documentada en el caso de muchas coníferas de la zona templada. En el Reino Unido, *Pinus sylvestris* produce por término medio una cosecha abundante cada 2 – 3 años, y *Pseudotsuga menziesii* cada 4 – 6 años. Como el período que

transcurre entre dos años buenos no es regular, Seal y otros (1965) recomiendan como norma general que siempre que una especie produzca conos en abundancia se recolecte la cantidad necesaria para atender a las necesidades de la siembra durante tres años.

En las especies tropicales, la periodicidad no está bien documentada. En el caso de las coníferas se han registrado años de escasa fructificación en *Pinus caribea* y *Pinus oocarpa* (Kemp 1973), y en *Pinus merkusii* (Keiding 1973). *Pinus kesiya* rinde gran cantidad de semilla todos los años dentro de su zona autóctona y como especie exótica si se planta en el clima apropiado (Armitage y Burley 1980). Incluso en los años buenos, la floración puede variar sustancialmente entre un lugar y otro. A veces no todos los árboles de un rodal se encuentran en el mismo momento del ciclo, por lo que unos pueden florecer con abundancia en un año y otros hacerlo en el siguiente (Krugman y otros 1974)".

### 3.1.10 Recolecciones de semilla en pequeña escala con fines de investigación

Para organizar las recolecciones de semilla como la realizada en esta investigación existen ciertos lineamientos como los señalados por Willan (34) a continuación:

"En las recolecciones que se efectúan en pequeña escala con fines de investigación, la selección de los árboles dependerá de los objetivos concretos de la investigación proyectada. En muchos países se está prestando actualmente mucha atención a la investigación de procedencias. El asesoramiento de la IUFRO sobre recolecciones de semillas de procedencias comprende las recomendaciones siguientes en cuanto a la selección de los árboles (FAO 1969):

1. Recolectar en árboles dominantes y codominantes de calidad media, pertenecientes mejor a rodales "normales" que a rodales "excelentes". Las semillas de fenotipos superiores, si se recolectan, deben mantenerse separadas del resto.

2. Recolectar en un mínimo de 10 árboles de cada rodal, y preferiblemente entre 25 y 50. Si el rodal es muy variable, incrementar el número de árboles. Registrar el número de árboles y el porcentaje aproximado que representan respecto del total del rodal.
3. Los árboles semilleros deben estar separados entre sí al menos por la distancia de caída de las semillas. En el caso de *Pseudotsuga* se ha adoptado una distancia de 100 m. Con ello se pretende reducir el riesgo de recolectar en padres medio hermanos. En Australia se utiliza como norma práctica general una distancia mínima que es el doble de la altura del árbol (Boland y otros 1980).
4. Se debe marcar los árboles en los que se recolecta.
5. Se debe recolectar igual número de conos, frutos o semillas por árbol.
6. En las recolecciones normales de procedencias de primera fase, pueden mezclarse las semillas de los distintos árboles. Si se van a efectuar estudios especiales sobre genotipos individuales, entonces deben mantenerse separadas las semillas de cada árbol.

### *3.1.11 Acopio de los recursos necesarios para la recolección*

La logística de las operaciones de recolección ha sido sistematizada por varios autores, Willan (34), escribe al respecto:

"Parte de la planificación de la recolección de semillas consiste en seleccionar y acopiar los recursos necesarios para llevar a cabo ese trabajo. Durante la fase de planificación, el director de las operaciones de recolección ha de comprobar los operativos para el trabajo sobre el terreno en los aspectos siguientes:

### A. Organización de los equipos de recolección

El producto de los equipos de recolección, conocido o estimado, ha de ponerse en relación con la cantidad de semilla, el número de rodales y la duración de la estación, a fin de determinar el número y tamaño de los equipos que se requiere.

Cuando se puede planificar con antelación suficiente, existe la posibilidad de capacitar, en caso necesario, a más trepadores. Es conveniente que entre el personal permanente haya al menos un trepador que pueda responsabilizarse de cuidar el equipo necesario para trepar a los árboles y de capacitar a nuevos trepadores temporales. En el campo debe organizarse a los trepadores en equipos pequeños, con un capataz al frente de ellos.

### B. Organización del transporte

Los equipos de recolección han de reducir al mínimo el tiempo que emplean en trasladarse de un punto al siguiente. Se debe disponer de medios de transporte en el lugar y el momento necesarios. Si fuera preciso, se pueden alquilar temporalmente otros vehículos. En las zonas que carecen de carreteras es posible que haya que organizar con antelación el empleo de un mayor número de trabajadores no calificados para que ayuden a transportar el equipo, las tiendas, etc.

### C. Organización del equipo

La elección del equipo varía considerablemente en función de las condiciones locales. Cuanto más escarpado y menos accesible sea el terreno, tanto más sencillo y ligero ha de ser el equipo. Aparte de las herramientas de recolección, el equipo debe comprender ropa de seguridad, equipo de primeros auxilios y gran cantidad de bolsas y sacos.

#### D. Organización de los registros

El registro y el etiquetado meticolosos son esenciales en toda buena recolección. Con antelación suficiente, deben diseñarse, e imprimirse en cantidad suficiente, las etiquetas y los formularios necesarios (Sompher 1975).

#### E. Organización de las autorizaciones

Normalmente no se requieren autorizaciones cuando se trata de servicios forestales que recolectan en reservas forestales públicas, pero puede ser necesario solicitar permiso cuando se recolecta en propiedades privadas, parques nacionales y reservas especiales o en un país extranjero. Aun cuando no se precise una autorización oficial, suele ser aconsejable informar por adelantado a las comunidades locales sobre las operaciones que se van a llevar a cabo.

#### F. Organización de la extracción de la semilla

Es posible que sea necesario prever el rápido traslado de los frutos desde el lugar de recolección hasta el centro de extracción, lo que obliga a organizar por anticipado el transporte. El personal del centro de extracción debe ser informado sobre el momento en que van a llegar los frutos. Si está previsto someter a los frutos a un secado preliminar al sol en el bosque, se necesitarán piezas grandes de polietileno o lonas alquitranadas".

### 3.1.12 Descripción taxonómica de las especies a estudiar

#### A. *Pinus pseudostrobus* Lindl.

Sobre esta especie Aguilar (1) indica lo siguiente: "Árbol de tronco ordinariamente recto, a veces ligeramente corvado de 20 a 30 m de altura, desde 0.60 hasta 1.50 m de diámetro; corteza de color grisáceo oscuro en la base, hasta morena grisácea en la cúspide en el pie

longitudinalmente agrietada. En los ejemplares jóvenes sus ramas se muestran erguidas casi totalmente cubiertas o brevemente arqueadas, colgantes en las ramas horizontales, arqueadas en los dos tercios superiores en las partes antiguas de las ramas ascendentes; fascículos de 5 agujas, a veces algunos con 4 y 6, finas flexibles, triangulares, cateto interno subcóncavo, extremos brevemente convexos, finamente aserrados, de color verde claro, con tonalidades azuladas, brillantes, que vistas a distancia dan la impresión de grisáceo agrietado, de 15 a 32 cm de longitud, por 1.6 a 2.1 mm de espesor, de color moreno amarillento lustrosas las recientes, tomándose oscuras y opacas con la edad.

Habita entre los 1600 y 3200 m de altura sobre el nivel del mar. Se puede encontrar en las partes altas del departamento de Guatemala, en Sacatepéquez, en casi todo el departamento de Chimaltenango, y partes de Totonicapán, y partes de Alta Verapaz, San Marcos y Huehuetenango".

Además, Peters (23) añade que "esta especie está estrechamente relacionada con la especie de P. montezumae, con la cual produce cruzamiento y los productos de aquella hibridación, producen variedades, muy difíciles de identificar y de agrupar. En algunos casos, no es posible a simple vista resolver su identidad. Los largos y delgados retoños entrenodales, la corteza lisa en los árboles jóvenes, la ramificación y la parte superior de los fustes, la separa de la especie de montezumae".

El mismo autor indica posteriormente que la época de maduración de las semillas es durante los meses de enero y febrero y que esta especie "tiene muy buenas propiedades para ser empleada para las reforestaciones en gran escala en lugares de elevaciones sobre los 1500 m. con precipitaciones mayores de 800 mm. Hay que tener una gran atención en la recolección

de semillas, pues tiene muchas variedades y fácilmente la gente le confunde con la oaxacana y con las variedades de esta especie. Es importante emplearle donde no hay gran déficit de agua durante el año".

#### B. *Pinus tecunumanii* (Schw)

Sobre esta especie Styles (30) apunta lo siguiente: "Árbol de fuste generalmente recto que llega a medir hasta 55 m de altura. Follaje de color verde claro. Usualmente presenta de 3 a 5 acículas por fascículo de 12 a 25 cm de longitud. Conos pequeños, duros y estrechamente conoidales de 4 a 9 cm de largo por 3 a 6 cm de ancho de color café claro con un pedúnculo que llega a medir 2 cm de largo. La cantidad de conos por árbol es usualmente pequeña".

Por otro lado, Aguilar (1) incluye la siguiente información: "Habita entre los 1500 y los 2400 metros sobre el nivel del mar. Se halla muy bien representado en los pinares de los departamentos de Santa Rosa y El Progreso; también se puede encontrar en los departamentos de Huehuetenango, Quetzaltenango, Totonicapán, Quiché, Sololá, Chimaltenango, Baja Verapaz, Guatemala, Chiquimula y Jalapa".

#### C. *Pinus oocarpa* Schiede

El Centro de Mejoramiento Genético de Semillas Forestales en Nicaragua (5) ha generado información sobre esta especie en los siguientes términos: "Árbol normalmente de hasta 36 m de altura, alcanzando algunas veces 48 m, con un diámetro de 50 a 65 cm. Copa cónica pero irregular en árboles viejos con ramas más o menos péndulas. Corteza áspera, café oscura o negruzca, profundamente fisurada. Follaje verde oscuro, erecto o esparcido, tosco y grueso, 5 acículas por fascículo (raramente 6) gruesas y toscas, color brillante. Conos ampliamente ovoides, abriéndose para formar una roseta cuando abiertas, muy variables en tamaño; color

café mate, más o menos simétricos y planos en la base. Los conos maduran de enero a marzo; dentro de ellos contienen semillas aladas”.

Aguilar (1) se refiere a la distribución natural de esta especie como sigue: “La distribución de esta especie es muy amplia, desde México hasta Nicaragua pasando por Guatemala, El Salvador y Honduras. Generalmente se encuentra en las dos áreas de la zona de vida denominadas bosque húmedo sub-tropical y húmedo montano bajo; con elevaciones de 800 a 2400 metros sobre el nivel del mar. Aparece formando rodales puros y otras veces asociados con otras especies de *Pinus* y de hoja ancha. Esta especie se encuentra en los siguientes departamentos: Huehuetenango, Quiché, Chimaltenango, Guatemala, Baja Verapaz, El Progreso, Zacapa, Jalapa, Chiquimula, Santa Rosa y Jutiapa”.

D. *Pinus maximinoi* H. E. Moore

Parte de la información que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Nicaragua ha generado acerca de esta especie se incluye a continuación: “Árbol que generalmente alcanza 30 a 35 m de altura, ocasionalmente hasta 40 ó 50 m. La corteza del árbol joven es delgada y lisa; en el árbol maduro es fisurada color café rojizo descascarándose en placas elongadas. Hojas aciculares, generalmente con 5 acículas por fascículo, delgadas, largas con 20 a 28 cm de longitud, usualmente con canales resiníferos. Conos ovoides, angulares de 5 a 10 cm de largo y 4 a 7 cm de ancho, con un pedúnculo oblicuo que se mantiene unido al cono cuando este cae. Los conos maduran en marzo y abril.

En cuanto a su distribución, Aguilar (1) indica lo siguiente: “La distribución de esta especie es también amplia, requiere buenos suelos, precipitación mayor de 800 mm por año, y



clima subtropical. Se encuentra desde 1100 hasta 1800 msnm. Su distribución abarca también a El Salvador, Honduras y Nicaragua. Se encuentra en los siguientes departamentos: El Quiché, Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Progreso, Zacapa, Chiquimula, Jalapa, Guatemala, Sacatepéquez, Sololá y Santa Rosa\*.

### 3.2 Marco Referencial

#### 3.2.1 Antecedentes

Existen trabajos realizados anteriormente que contienen información de mucha utilidad para validar los resultados obtenidos en esta investigación. Los antecedentes de investigaciones anteriores significan parámetros que facilitan el análisis de la variación en la producción de semillas de las especies estudiadas. Los estudios realizados sobre el tema se presentan en el Cuadro 1:

**Cuadro 1. Estudios realizados sobre producción y rendimientos de semillas de especies forestales en Guatemala.**

Autor	Año	Título
Ordóñez Aguilar, William	1984	Producción y conservación de semilla de 3 especies de <i>Pinus</i> importantes en Guatemala: <i>Pinus caribea</i> var. <i>hondurensis</i> Bar y Golf, <i>Pinus occarpa</i> Schide y <i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore.
Jara y Valle	1994	Producción y rendimiento de semilla de 10 especies tropicales.
Ruano Chamalé, Guillermo	1998	Rendimiento de semilla de cuatro especies de coníferas y requerimientos de mano de obra en su procesamiento en Guatemala.

Fuente: Ruano (24).

En el Cuadro 2 se incluyen los resultados obtenidos en la producción de semillas en el estudio realizado anteriormente en las ocho fuentes a evaluar en esta investigación:

**Cuadro 2. Producción de cuatro fuentes semilleras por procedencia en 1997.**

<b>Especie</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Producción (kg/ha)</b>
<i>Pinus pseudostrobus</i>	Tecpán, Chimaltenango.	43.95
	Alaska, Totonicapán.	9.74
<i>Pinus tecunumanii</i>	Fca. Chuacús, Baja Verapaz.	1.57
	Fca. San Jerónimo, Baja Verapaz.	2.83
<i>Pinus oocarpa</i>	Sn. Pedro Pinula, Jalapa.	7.25
	La Brea, Jutiapa.	4.15
<i>Pinus maximinoi</i>	San Raimundo, Guatemala.	30.7
	San José Ocaña, Guatemala.	2.98

Fuente: Ruano (24).

Durante este año fueron observadas diferencias significativas entre las fuentes evaluadas, sobre todo, en el caso de *P. pseudostrobus* y *P. maximinoi*. Esta variación se debe por un lado a diferencias de sitio entre las fuentes y por otro a que cada una de estas presenta su propio ciclo de producción de semillas.

La información aquí presentada es el patrón de comparación que fue utilizado para establecer las variaciones en la producción y describir las tendencias ocurridas en el período evaluado.

### 3.2.2 Procedencias

Las procedencias a estudiar se localizan en los departamentos de Guatemala, Baja Verapaz, Jalapa, Jutiapa, Chimaltenango y Totonicapán. Estas fuentes semilleras fueron seleccionadas por sus características y la distribución de sus individuos dentro de una masa forestal por el personal del Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR) durante el año de 1997 para la realización de la primera estimación de su producción semillera. Con el objeto de establecer la variación de las fuentes durante esta segunda estimación de su producción y rendimiento se han utilizado seis de las ocho utilizadas por Ruano (24). En el caso de las fuentes de *Pinus maximinoi* no fue posible obtener el acceso por lo que se trabajaron otras fuentes que hasta cierto punto representan el comportamiento de la especie aunque en una región distinta.

Las fuentes de *Pinus pseudostrobus* no mostraron producción de semilla por lo que los datos para estas procedencias se presentan como 0 kg/ha lo que de todas formas significa un punto de referencia válido para el análisis de la variación de la producción aquí planteado.

Para el resto de especies fue posible tener acceso a las mismas fuentes en las que también se obtuvieron producciones de semillas bajas pero importantes para alcanzar los objetivos de la investigación. Las características de las procedencias aparecen en el Cuadro 3 y su localización en la Figura 2.

**Cuadro 3. Características de las procedencias de semilla de 4 especies de coníferas en Guatemala.**

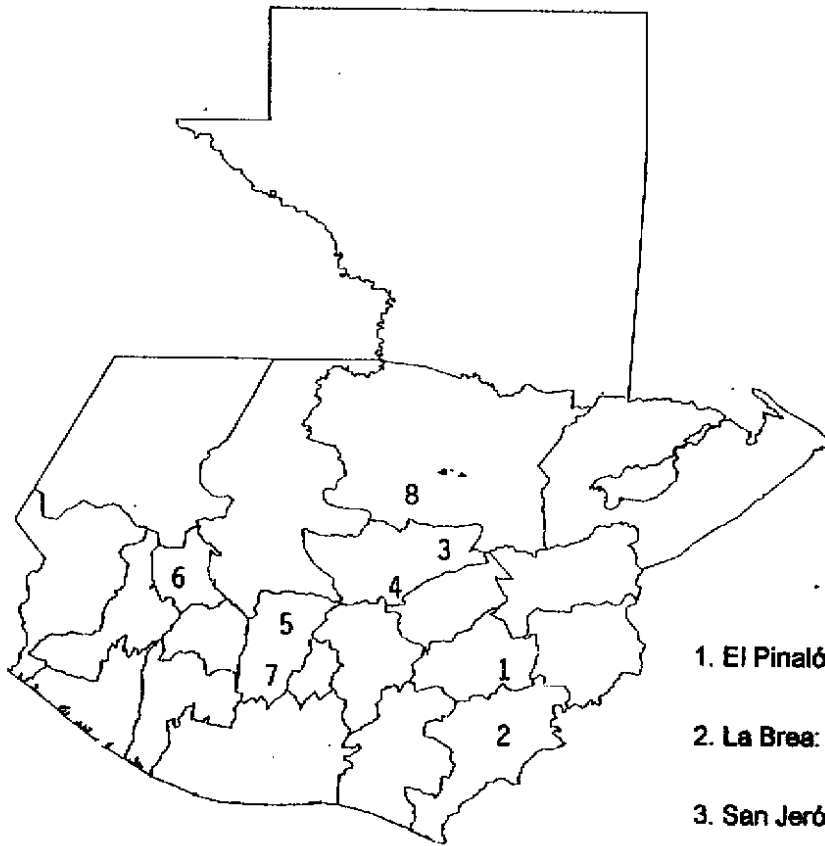
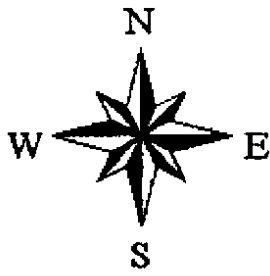
Especie	<i>P. pseudoostrobus.</i>		<i>P. tecunumanii.</i>		<i>P. occarpa.</i>		<i>P. maximinoi</i>	
	Tecpán.	Alaska.	Chucucús.	San Jerónimo.	Sn. Pedro Pinula.	La Brea.	La Coyotera	San Andrés.
<b>Procedencia</b>								
<b>Departamento</b>	Chimal-tenango.	Totoni-capán.	Baja Verapaz.	Baja Verapaz.	Jalapa.	Jutiapa.	Chimal-tenango.	Alta Verapaz
<b>Altitud (msnm)</b>	2170	2785	1900	1500	1155	1350	2000	1500
<b>Longitud</b>	91°00'00"	91°16'48"	90°16'35"	90°05'24"	90°03'40"	89°57'00"	90°48'12"	90°30'40"
<b>Latitud</b>	14°45'00"	14°50'37"	14°59'54"	14°19'51"	14°19'51"	14°39'00"	14°50'06"	15°22'11"
<b>Topografía</b>	A	A	A	A	E	E	A	A
<b>Precipitación (mm)</b>	1300	2500	909	1407.49	1100	1250	1246	2073
<b>Temperatura Media (°C)</b>	16°	10°	17°	17.9°	25°	23°	17.5°	18.21°
<b>Pendiente (%)</b>	0 - 30	10 - 35	40 - 60	40 - 60	15 - 40	10 - 30	10 - 20	0 - 15
<b>Zona de Vida</b>	bmh-MB	bmh-M	bmh-S(f)	bh-S(t)	bh-S(t)	bh-S(t)	bh-MB	bmh-S(f)

**Referencias:**

bmh-MB: Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical.      bmh-M: Bosque Muy Húmedo Montano Subtropical.  
 bmh-S(f): Bosque Muy Húmedo Subtropical (frio).              bh-S(t): Bosque Húmedo Subtropical (templado).  
 bh-MB: Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical.              A: Accidentada      E: Escarpada

**Fuente:** Ruano (24)

Vásquez (31)



1. El Pinalón: *P. oocarpa*.
2. La Brea: *P. oocarpa*.
3. San Jerónimo: *P. tecunumaní*.
4. Chuacús: *P. tecunumaní*.
5. Tecpán: *P. pseudostrobus*.
6. Alaska: *P. pseudostrobus*.
7. La Coyotera: *P. maximinoi*.
8. San Andrés: *P. maximinoi*.

Escala Aproximada 1:4,000,000

**Figura 2.** Localización de las fuentes semilleras.

**Fuente:** Ruano (24).

## 4. Objetivos

### 4.1 Objetivo General

Estimar la producción de semillas de las especies *Pinus pseudostrobus*, *Pinus tecunumanii*, *Pinus oocarpa* y *Pinus maximinoi* en 8 fuentes semilleras de Guatemala durante 1999, así como los rendimientos de su recolección y procesamiento.

### 4.2 Objetivos Específicos

- 4.2.1 Determinar la producción de semillas por árbol y por hectárea para cada una de las procedencias evaluadas.
- 4.2.2 Establecer la variación en la producción de semillas de 1999 en relación a la obtenida en 1997 para cada una de las fuentes.
- 4.2.3 Establecer las relaciones alométricas entre peso húmedo de estróbilo y peso de semilla, diámetro a la altura del pecho y peso de semilla así como altura del árbol y peso de semilla para las fuentes evaluadas.
- 4.2.4 Determinar la calidad física de las semillas recolectadas para registrar indicadores cualitativos que permitan la caracterización de la cosecha.
- 4.2.5 Estimar los costos de la recolección y el procesamiento de las semillas obtenidas.

## 5. Metodología

### 5.1 Selección de especies

Las especies que fueron evaluadas son *Pinus pseudostrobus*, *Pinus tecunumanii*, *Pinus oocarpa* y *Pinus maximinoi*. La selección de estas especies obedece fundamentalmente a su previa utilización en el estudio de Ruano (24) quien las definió con base en la demanda que estas presentan como especies prioritarias para proyectos de reforestación de acuerdo a la información del BANSEFOR, en la que figuran como especies prioritarias para Programa de Incentivos Forestales PINFOR principalmente.

### 5.2 Selección de las fuentes

Las fuentes evaluadas fueron definidas con base en las utilizadas por Ruano (24) quien las incluyó en su investigación con base en los registros de procedencias del BANSEFOR cuyo personal técnico ha hecho uso de las mismas. Sin embargo, se efectuó un reconocimiento preliminar para verificar el estado actual de estas fuentes. Las fuentes de *Pinus pseudostrobus* presentaron una producción tan baja de estróbilos que el reconocimiento preliminar fue suficiente para determinar la producción casi nula de semillas para este año. Por otro lado, las fuentes de *Pinus maximinoi* evaluadas en 1997 tuvieron que ser descartadas debido a que, además de presentar baja producción, no se obtuvo en esta ocasión la autorización del propietario para realizar las actividades de recolección. Las fuentes para esta especie fueron reemplazadas por las que se encontraron disponibles.

### 5.3 Épocas de recolección y procedencias

Tanto las épocas de recolección como las procedencias fueron definidas con base en la información de campo con la que cuenta el BANSEFOR.

Ambos parámetros se presentan a continuación en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Épocas de recolección y procedencias de las especies a evaluar.**

Espece	Época de Recolección	Procedencias 1997	Procedencias 1999
<i>Pinus pseudostrobus.</i>	Enero-Febrero.	Tecpán. Alaska.	Tecpán. Alaska.
<i>Pinus tecunumanii.</i>	Enero-Febrero.	Chuacús. San Jerónimo.	Chuacús. San Jerónimo.
<i>Pinus oocarpa.</i>	Febrero-Marzo.	El Pinalón. La Brea.	El Pinalón. La Brea.
<i>Pinus maximinoi.</i>	Marzo-Abril.	Los Martínez. Sn. José Ocaña.	La Coyotera. San Andrés.

**Fuente:** Ruano (24).

## 5.4 Producción de estróbilos y semillas

### 5.4.1 Recopilación de información en parcelas

Dentro de cada una de las fuentes a evaluar se levantaron 3 parcelas de 1000 metros cuadrados cada una de forma circular que fueron ubicadas en función de la variabilidad del terreno. El número de parcelas se definió con base en trabajos realizados anteriormente, sobre todo los apoyados por el Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR) del CATIE/DANIDA.

Dentro de las parcelas fue obtenida la siguiente información:

- Número total de árboles dentro de la parcela.
- Diámetro a la altura del pecho (DAP) en centímetros de todos los árboles de la parcela.
- Altura promedio en metros de los 5 árboles dominantes.
- Edad en años de dos árboles representativos.



- Número de árboles con estróbilos.
- Número total de árboles con estróbilos y escalables.
- Número de árboles semilleros (escalables y dentro de las categorías 1 y 2 de PROSEFOR<sup>1</sup>).
- Porcentaje de pendiente.
- Pedregosidad.
- Exposición.
- Altitud.

#### 5.4.2 Selección de árboles semilleros

En cada parcela se seleccionaron 5 árboles maduros, dominantes, vigorosos, con abundante cantidad de estróbilos y con semillas maduras, dentro de las categorías 1 y 2 de PROSEFOR con similares alturas y diámetros dentro de cada parcela. El número de árboles fue definido de acuerdo a Jara (17) con base en la experiencia que se tiene en estudios similares en la región centroamericana. De estos árboles se obtuvo la siguiente información:

##### A. Variables primarias

- Altura total en metros.
- Diámetro a la altura del pecho (DAP) en centímetros.
- Peso fresco de estróbilos en kilogramos.

##### B. Variables derivadas

- Número de estróbilos por árbol.
- Número de semillas por estróbilo.
- Peso de semilla procesada en kilogramos por árbol y por hectárea.

---

Árboles 1: Excelentes, dominantes o codominantes, rectos, sin bifurcaciones, ramas delgadas y horizontales, sanos, vigorosos, fuste cilíndrico y sin acanalamientos.

Árboles 2: Buenos, dominantes o codominantes, rectos, sin bifurcaciones bajas, con leves sinuosidades en el fuste, sanos, vigorosos, ramas no tan gruesas.

- Relación peso fruto/peso semilla seca.

#### 5.4.3 Cuantificación de las variables

##### A. Variables primarias

Para medir la altura y el DAP de los árboles seleccionados se utilizó un hipsómetro y un cinta diamétrica respectivamente. Los escaladores utilizaron equipo de escalar para ascender a los árboles y cortaron la producción disponible de estróbilos. Estos estróbilos fueron luego transportados en sacos identificados para ser pesados.

Con base en esta información se pudo estimar el rendimiento por procedencias en términos de peso de estróbilos y semillas promedio, por árbol y por hectárea.

##### B. Variables derivadas

Para estimar el número promedio de estróbilos por árbol se contaron los frutos recolectados por cada árbol y se obtuvo la media aritmética como indicador representativo de cada uno de los rodales evaluados. Además, para calcular la cantidad promedio de semillas por estróbilo se obtuvo una muestra de 10 conos de cada árbol que fue separada del resto para colocar cada uno de los estróbilos seleccionados en bolsas individuales de papel con el objeto de contar todas las semillas contenidas en cada estróbilo cuando estos terminaran de abrirse.

El peso seco de semillas fue obtenido luego de seguir el siguiente procedimiento:

##### a. Secado

Los estróbilos colectados fueron expuestos al sol en los patios de secado del BANSEFOR utilizando zarandas de madera durante una a dos semanas, dependiendo de su estado de maduración.

##### b. Separación de alas

Luego de extraer las semillas de los estróbilos, se separaron las alas de estas. Este procedimiento se hizo a través del macerado de las alas de cada semilla.

### c. Limpieza de la semilla

La limpieza de la semilla se realizó por medio de una corriente de aire que la dejó libre de materia inerte.

Terminado el proceso, las semillas fueron pesadas en una balanza analítica y la relación entre el peso de los frutos y el peso de la semilla seco se obtuvo mediante el cálculo de los cocientes que permitieran establecer cuántos frutos hay que recolectar para obtener cierta cantidad de semillas.

### ***5.5 Estimación de la variación de la producción de semillas entre 1997 y 1999 en las especies evaluadas***

Las producción de semillas de 1999 expresada en kilogramos por hectárea fue comparada con las obtenida en 1997 para poder describir el comportamiento de las especies evaluadas en términos de su potencial productivo.

La comparación se hizo mediante una prueba de hipótesis de comparación de medias de muestras no apareadas con el objeto de establecer si realmente existía una diferencia estadísticamente significativa entre la producción de semillas de los dos años estudiados para cada fuente.

Seis de las ocho fuentes evaluadas en 1997 pudieron evaluarse nuevamente en esta oportunidad, las otras dos no fueron utilizadas debido a que no fue posible tener acceso a ellas por lo que se reemplazaron por otras fuentes de la misma especie en otra región.

La comparación se realizó solo para las fuentes evaluadas en ambos años y luego se amplió el procedimiento incluyendo las nuevas fuentes, en ambos casos fueron obtenidos resultados equivalentes que, desde el punto de vista estadístico, arrojaron conclusiones similares.

### 5.5.1 Supuestos de la prueba

Los supuestos de esta prueba de hipótesis son los siguientes:

- La muestra es aleatoria y representativa.
- La variable de interés tiene una distribución normal.

### 5.5.2 Planteamiento de hipótesis estadísticas

Las hipótesis estadísticas planteadas son las siguientes:

**H<sub>0</sub>:** No existe variación entre los niveles de producción de semillas de 1997 y los de 1999 para las especies evaluadas.

**H<sub>a</sub>:** Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la producción de semillas de 1997 y la de 1999 para las especies evaluadas.

### 5.5.3 Estadístico de prueba

El estadístico de prueba utilizado es:

$$t = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) / \sqrt{s^2(1/n_1 + 1/n_2)} \quad (19)$$

donde:

t = Estadístico de prueba.

$\bar{x}_1$  y  $\bar{x}_2$  = Medias de las muestras.

$s^2 = [(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2] / (n_1 + n_2 - 2)$  = Varianza ponderada.

n = Número de pares de observaciones.

### 5.5.4 Regla de decisión

Se rechaza H<sub>0</sub> si  $t \geq t_{1-\alpha/2, n-1}$  ó  $t \leq t_{\alpha/2, n-1}$ .

### **5.6 Relaciones alométricas**

Tomando en cuenta que el estudio realizado por Ruano (24) demostró que no existe correlación para las relaciones entre DAP y peso de semilla y altura y peso de semilla, los nuevos datos fueron nuevamente analizados para validar los obtenidos anteriormente. El análisis consistió en la obtención del coeficiente de correlación ( $r$ ) para establecer el grado de asociación existente entre las variables evaluadas y en ensayar modelos de regresión lineales, cuadráticos, cúbicos y logarítmicos para proponer ecuaciones que expliquen preliminarmente el comportamiento de las relaciones entre las variables analizadas de las que se obtuvieron altos coeficientes de correlación ( $r > 0.8$ ).

A pesar de que no hay un criterio generalizado para considerar como alto o bajo el coeficiente de correlación, el 0.8 fue definido para garantizar un buen porcentaje de asociación entre variables que hiciera pensar en la posibilidad de encontrar un modelo matemático que se ajustara a tal comportamiento.

Para determinar los modelos que mejor se ajustaron al comportamiento de las variables se utilizó el Sistema de Análisis Estadístico (SAS) mediante el cual fue posible obtener el valor de  $Pr > F$  y el coeficiente de correlación para cada modelo ensayado.

SAS ejecuta un análisis de varianza para establecer el grado en que el modelo propuesto se ajusta a la relación entre las variables. Para esto SAS plantea las siguientes hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** Todos los coeficientes del modelo, excepto el intercepto, son iguales a cero

$$(\beta_1 = 0).$$

**H<sub>a</sub>:** Al menos uno de los coeficientes del modelo, además del intercepto, no es igual a cero ( $\beta_1 \neq 0$ ).

El planteamiento de estas hipótesis supone la verificación del ajuste del modelo empleado a la relación existente entre las variables. La demostración de la hipótesis nula significaría que el modelo evaluado no se ajusta al comportamiento entre variables y su rechazo indicaría que el modelo utilizado explica, con cierto nivel de significancia estadística, la relación entre las variables. En este caso se ha utilizado un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ) lo que supone un 95% de confianza en la toma de decisiones.

Los modelos de regresión ensayados que incluyen como variable dependiente el peso de las semillas y como variables independientes el DAP, la altura y el peso de frutos pueden generalizarse como sigue:

i) Regresión lineal:

$$\text{Peso de Semillas} = \beta_0 + \beta_1 (\text{variable independiente}) + \varepsilon$$

ii) Regresión cuadrática:

$$\text{Peso de Semillas} = \beta_0 + \beta_1(\text{variable independiente}) + \beta_2(\text{variable independiente})^2 + \varepsilon$$

iii) Regresión cúbica:

$$\text{Peso de Semillas} = \beta_0 + \beta_1(\text{variable independiente}) + \beta_2(\text{variable independiente})^2 + \beta_3(\text{variable independiente})^3 + \varepsilon$$

iv) Regresión logarítmica:

$$\text{Peso de semillas} = 10^{\beta_0 + \beta_1 \text{Log (variable independiente)}} + \varepsilon$$

Donde:

$\beta_1$ 's = Parámetros que especifican la naturaleza de la relación.

$\varepsilon$  = Término de error aleatorio. (19)

Variable independiente = DAP, altura y peso de frutos.

### **5.7 Pruebas para determinar las características físicas y fisiológicas de las semillas**

Las semillas obtenidas en cada una de las procedencias evaluadas fueron sometidas a las pruebas rutinarias de calidad física propuestas por la Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (International Seed Testing Association, ISTA) . Estas pruebas se describen a continuación:

#### **5.7.1 Contenido de humedad (%)**

De acuerdo a Willan (33) el cálculo del contenido de humedad debe hacerse sobre la base del peso en húmedo o en fresco, es decir:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{(\text{Peso original} - \text{Peso tras secado en horno})}{\text{Peso original}} \times 100$$

Para obtener el contenido de humedad las muestras fueron secadas en hornos a 103 °C durante 17 horas.

#### **5.7.2 Porcentaje de pureza**

Se pesaron las muestras dos veces. Una con impurezas y la otra sin impurezas. El porcentaje de pureza se obtuvo de acuerdo a Willian (33) de la siguiente forma:

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

#### **5.7.3 Número de semillas por kilogramo de lote**

El número de semillas por kilogramo de lote se obtiene mediante el cálculo de 1000 semillas por 1000 gramos que equivalen a un kilogramo, dividiendo esto entre el peso de las 1000 semillas , es decir:

$$\text{Número de semillas por kilogramo de lote} = \frac{1000 (\text{semillas}) \times 1000 (\text{gramos})}{\text{Peso de 1000 semillas con impurezas (gramos)}}$$

#### *5.7.4 Porcentaje de germinación*

Se seleccionaron 4 muestras de 100 semillas cada una de cada fuente evaluada, las que se colocaron en cajas germinadoras que contenían arena como sustrato. Se tomaron lecturas hasta los 35 días con base en las normas del ISTA. El porcentaje de germinación fue obtenido calculando el promedio de los resultados obtenidos en cada muestra empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas de la muestra}} \times 100$$

#### *5.7.5 Número de semillas viables por kilogramo*

El número de semillas viables por kilogramo de lote fue obtenido a partir de los porcentajes de pureza y de germinación. Ambos indicadores fueron multiplicados por el dato inicial de semillas por kilogramo. Estos porcentajes desempeñan la función de factores de corrección ya que permiten estimar la cantidad real de semilla disponible.

#### *5.7.6 Energía germinativa*

La energía germinativa fue estimada en función del día al que correspondió el dato más alto de valor de germinación. Para esto se llevaron a cabo conteos diarios del número de plántulas tomando como criterio para definir las como tales una altura mínima de talluelo igual a 2.5 cm.

### **5.8 Costos de la recolección y procesamiento de las semillas**

Los costos de la recolección y procesamiento de las semillas de las especies evaluadas fueron estimados de acuerdo a la metodología propuesta por DANIDA durante el I Curso Regional sobre Gerencia de Bancos de Semillas Forestales (6) que consiste en la obtención de la información que se indica en los cuadros 5 y 6.



### 5.8.1 Orden de trabajo

Esta orden fue la herramienta utilizada para la obtención de la información necesaria para el cálculo de los costos. A continuación se presentan los cuadros con la información detallada.

**Cuadro 5. Cálculo de los costos de la obtención de 1 kg de semillas.**

Insumos Directos		Personal Directo (Sueldos)	
Tipo	Costo (Q)	Actividad	Costo (Q)
Combustible		Planificación	
Viáticos		Cosecha	
Hospedaje		Procesamiento	
Peaje		Laboratorio	
Derecho de Recolección		Almacenamiento	
Depreciación del Vehículo <sup>2</sup>			
Intercambio de Semillas			
Otros			
<b>Total</b>		<b>Total</b>	

**Cuadro 6. Resumen de costos de la obtención de 1 kg de semillas.**

Tipo	Costo (Q)
Insumos Directos	
Personal Directo	
Costos Indirectos de Producción Aplicados <sup>3</sup>	
<b>Total</b>	
Costo Unitario por Kilo	
Porcentaje de Ganancia	
Costo por Kilo Propuesto para la Venta	

<sup>2</sup> D.V. = Valor vehículo nuevo - Valor de venta actual / Años de vida.

<sup>3</sup> Costos indirectos de producción aplicados = Total de costos indirectos / Número de kilos a recolectar.

## 6. Resultados y Discusión

### 6.1 Producción semillera y características de las fuentes evaluadas

#### 6.1.1 *Pinus oocarpa*

La producción de semillas de esta especie fue estimada para las mismas fuentes evaluadas durante la realización de la primera investigación en 1997 . Además de la cantidad de kilogramos de semilla por unidad de área, fueron obtenidas otras variables de interés con el objeto de contar con una descripción de las principales características de las procedencias evaluadas.

Las variables obtenidas describen en términos generales tanto las características de los sitios donde se han desarrollado estos bosques como la situación actual de los mismos, fundamentalmente en términos de su crecimiento y de la distribución espacial en la que ocurren. Estas condiciones determinan la capacidad del bosque para producir cosechas abundantes de semillas y por lo tanto su correcta manipulación supone el mejoramiento significativo de tal producción tanto en cantidad como en calidad.

La proporción fenotípica en la que aparecen los árboles dentro del rodal es también un componente esencial en cualquier investigación vinculada al tema de las fuentes semilleras ya que esta información constituye la base de la selección de los sitios y de la elaboración de los planes de manejo forestal orientado a la producción semillera. En esta sección se presentan las proporciones de las distintas clases de árboles para cada una de las fuentes evaluadas así como los promedios de las variables mencionadas anteriormente.

La información obtenida en las fuentes evaluadas se presenta a continuación en el Cuadro 7.

**Cuadro 7. Resumen de la información obtenida en las fuentes semilleras evaluadas de la especie *Pinus oocarpa*.**

Variable	Fuente	
	El Pinalón	La Brea
Fecha de recolección	18/2/99	19/2/99
Pendiente	17%	20%
Pedregosidad	Moderadamente pedregoso	Muy pedregoso
Exposición	N-S	E-O
Categoría	Fuente Identificada	Fuente Identificada
Edad (años)	45	51
Promedio Árboles/ha	120	80
Promedio Altura (m)	21.31	29.28
Promedio DAP (cm)	35.62	36.38
Promedio Frutos/Arbol	226.7	103.8
Promedio Semillas/Fruto	10.78	3.0
Arboles 1/ha	5	0
Arboles 2/ha	70	56
Arboles 3/ha	45	24

En cuanto a las características más generales de las fuentes semilleras evaluadas cabe señalar que las pendientes oscilaron entre el 12 y el 20% lo que no representa un obstáculo importante en la mayoría de actividades forestales por lo que el uso de este tipo de relieves se ajusta a las necesidades de la producción de semillas de las especies evaluadas. Por otro lado, la pedregosidad no es un factor limitante. Para La Brea, tomando en cuenta la degradación genética que presenta la fuente, no es recomendable, desde el punto de vista técnico, continuar obteniendo

semilla de este sitio; sobre todo, si se toma en cuenta la existencia de sitios mejores tanto en términos de accesibilidad como de los fenotipos encontrados en el bosque.

La edad de las fuentes semilleras es otro elemento determinante ya que luego de cierto período ocurre una disminución natural de la producción de semillas debido al desgaste fisiológico de la planta. En el caso de las fuentes aquí analizadas, ambas parecen haber sobrepasado su período óptimo de producción de semillas de acuerdo a estimaciones hechas con base en el trabajo de Ipinza (15) que indica que los árboles seleccionados como productores de semillas *“deben ser lo suficientemente viejos como para haber demostrado su adaptación al sitio (especialmente en el caso de plantaciones), haber exhibido superioridad sobre los rodales promedio, y tener la capacidad de producir buenas cosechas de semilla. Por otra parte, deben ser lo suficientemente jóvenes como para asegurar la producción de semilla durante varios años en el futuro, antes de que ésta decaiga por pérdida de vigor”*. Lo anterior implicaría su renovación a corto plazo.

Las variables como el DAP, altura y densidad fueron obtenidas básicamente para establecer las relaciones alométricas que se describen más adelante. En cuanto a la proporción fenotípica de los árboles dentro de los rodales analizados es importante señalar que en todos ellos el porcentaje de individuos aceptables supera el 50% por lo que aún es posible proponer actividades con el objeto de mejorar condiciones de densidad y evitar la contaminación de polen procedente de árboles indeseables.

Finalmente, el Cuadro 7 muestra el promedio de frutos por árbol y de semillas por frutos cuya utilidad se basa en el hecho de representar información valiosa que aporta elementos prácticos en la estimación de la cosecha en sus primeras fases, es decir, cuando los estróbilos no han madurado totalmente.

En cuanto a la producción semillera por fuente, el Cuadro 8 presenta los datos obtenidos por árbol y por hectárea.

**Cuadro 8. Producción de semillas de las fuentes evaluadas de *Pinus oocarpa*.**

Fuente	Arbol	Producción/ Arbol (kg)			Producción/ Hectárea (kg/ha)	
		Frutos	Semillas	Frutos/ Semillas	Frutos	Semillas
El Pinalón	1	6.2	0.011	563.64	324.00	1.795
	2	2.2	0.022	100.00		
	3	6.6	0.005	1320.00		
	4	7.2	0.037	194.59		
	5	12.2	0.065	187.69		
	6	6.7	0.05	134.00		
	7	8.2	0.056	146.43		
	8	8.4	0.069	121.74		
	9	2.6	0.014	185.71		
	10	4.5	0.03	150.00		
La Brea	1	9.4	0.02	470.00	130.00	0.58
	2	1.8	0.02	90.00		
	3	2.9	0.005	580.00		
	4	2.0	0.05	40.00		
	5	1.1	0.01	110.0		
	6	2.2	0.01	220.00		
	7	10.8	0.01	1080.00		
	8	4.2	0.02	210.00		
	9	2.8	0.02	140.00		
	10	1.8	0.01	180.00		

A diferencia de las otras fuentes evaluadas, en El Pinalón y La Brea se utilizaron únicamente 10 árboles debido fundamentalmente a las características de baja densidad encontradas en el campo. A pesar de tratarse de bosques con potencial de ser utilizados como fuentes semilleras, la composición de las fuentes mencionadas ha sido significativamente degradada desde el punto de vista genético, lo que dificulta la localización de árboles semilleros cuyas características garanticen la producción de semilla de buena calidad. Esta limitante

obstaculizó la localización de los árboles semilleros aumentando también la duración del trabajo de campo y por lo tanto los costos de la investigación. En vista de lo anterior y para alcanzar un balance entre los criterios silvícolas, estadísticos y económicos se utilizaron únicamente diez árboles en el caso de El Pinalón y La Brea.

### 6.1.2 *Pinus tecunumanii*

En el caso de esta especie también fue posible obtener la información de las mismas fuentes utilizadas en 1997. A continuación se presentan en los Cuadros 9 y 10 los datos obtenidos tanto en términos de características silvícolas de las fuentes como de su producción de semillas por árbol y por hectárea.

**Cuadro 9. Resumen de la información obtenida en las fuentes semilleras evaluadas de la especie *Pinus tecunumanii*.**

Variable	Fuente	
	San Jerónimo	Chucús
Fecha de recolección	25/2/99	3/3/99
Pendiente	50%	21%
Pedregosidad	Escasa	Moderadamente pedregoso
Exposición	O-E	E-O
Categoría	Fuente identificada	Rodal Semillero
Edad (años)	54	45
Promedio Árboles/ha	170	87
Promedio Altura (m)	28.44	27.66
Promedio DAP (cm)	52.26	61.56
Promedio Frutos/Arbol	63.9	85.53
Promedio Semillas/Fruto	3.09	11.86
Arboles 1/ha	26	22
Arboles 2/ha	101	49
Arboles 3/ha	43	16

Las fuentes evaluadas de *Pinus tecunumanii* presentaron mejores características que las encontradas en las fuentes de *Pinus oocarpa*, sobre todo, en términos de las proporciones de árboles aceptables por hectárea.

Por otro lado, las pendientes encontradas en estas fuentes son más bien pronunciadas, lo que significa una desventaja para el desarrollo de las actividades de recolección de frutos.

En cuanto a las categorías de las fuentes, es importante señalar que para esta especie se contó con el único rodal semillero evaluado durante la investigación por lo que la calidad de las semillas obtenidas en la procedencia Chuacús puede considerarse genéticamente superior a la del resto de procedencias analizadas.

En el Cuadro 10 se presenta la producción de frutos y semillas obtenida para ambas fuentes así como la relación entre frutos y semillas, es decir, la cantidad de kilos de frutos que deben ser recolectados para obtener un kilo de semillas. Esta información es útil fundamentalmente para hacer estimaciones preliminares de la magnitud de la cosecha con base en la cantidad de frutos maduros. Esto significa que con base en esta información es posible hacer aproximaciones de la cantidad de semilla que estará disponible sin esperar la culminación de todo el proceso que transcurre desde que los frutos llegan a los patios de secado hasta que la semilla está lista para su distribución.

**Cuadro 10. Producción de semillas de las fuentes evaluadas de *Pinus tecunumanii*.**

Fuente	Árbol	Producción/ Árbol (kg)			Producción/ Hectárea(kg/ha)	
		Frutos	Semillas	Frutos/ Semillas	Frutos	Semillas
San Jerónimo	1	0.6	0.00122	491.80	61.33	0.06
	2	0.8	0.00055	1454.54		
	3	6.0	0.0052	1153.85		
	4	0.2	0.0003	666.67		
	5	1.8	0.0033	545.45		
	6	0.4	0.001	400.00		
	7	1.6	0.0022	727.27		
	8	2.4	0.0017	1411.76		
	9	0.2	0.0002	1000.00		
	10	0.8	0.00018	4444.44		
	11	0.4	0.0006	666.67		
	12	0.6	0.00095	631.58		
	13	0.4	0.00015	2666.67		
	14	1.6	0.0006	2666.67		
	15	0.6	0.0005	1200.00		
Chucacús	1	1.5	0.0095	157.89	81.00	0.21
	2	0.5	0.002	250.00		
	3	0.6	0.0019	315.79		
	4	1.4	0.0023	608.69		
	5	1.4	0.0039	358.97		
	6	3.2	0.0129	248.06		
	7	2.5	0.0039	641.02		
	8	2.7	0.004	675.00		
	9	0.6	0.0003	2000.00		
	10	0.9	0.0014	642.86		
	11	1.8	0.0073	246.57		
	12	3.4	0.0037	918.92		
	13	1.6	0.0053	301.89		
	14	0.2	0.0002	1000.00		
	15	2.0	0.0041	487.80		

### 6.1.3 *Pinus maximinoi*

La información generada en las fuentes evaluadas de esta especie se presenta en los Cuadros 11 y 12, en los que se incluyen las características de los rodales estudiados como algunas particularidades del sitio, densidad general, densidad de cada una de las categorías de calidad fenotípica, promedio de semillas por fruto y promedio de frutos por árbol. Esta información contribuye a la caracterización de las fuentes semilleras analizadas que constituye un indicador importante en la estimación de la producción de semillas.



**Cuadro 11. Resumen de la información obtenida en las fuentes semilleras evaluadas de la especie *Pinus maximinoi*.**

Variable	Procedencia	
	La Coyotera	San Andrés
Fecha de recolección	22/3/99	29/3/99
Pendiente	19%	12%
Pedregosidad	Moderadamente pedregoso	Moderadamente pedregoso
Exposición	E-O	E-O
Categoría	Fuente Identificada	Fuente Identificada
Edad (años)	42	35
Promedio Árboles/ha	187	253
Promedio Altura (m)	20.47	24.97
Promedio DAP (cm)	37.75	30.96
Promedio Frutos/Arbol	350.27	326.93
Promedio Semillas/Fruto	35.09	15.2
Arboles 1/ha	13	16
Arboles 2/ha	128	131
Arboles 3/ha	46	106

En el caso de la especie *Pinus maximinoi* no fue posible tener acceso a las mismas fuentes evaluadas en 1997 por lo que se utilizaron otras fuentes para obtener, al menos, cierto parámetro de comparación con la información obtenida anteriormente para la misma especie aunque en procedencias distintas. Las nuevas fuentes evaluadas presentaron buenas características, principalmente en cuanto a edad y densidad de árboles aceptables por hectárea. Esta última característica permite la estructuración de planes de manejo con el objetivo de inducir en los rodales evaluados una mayor producción de semillas.

**Cuadro 12. Producción de semillas de las fuentes evaluadas de *Pinus maximinoi*.**

Fuente	Árbol	Producción/ Árbol (kg)			Producción/ Hectárea(kg/ha)	
		Frutos	Semillas	Frutos/ Semillas	Frutos	Semillas
La Coyotera	1	40.8	0.173	235.84	825.67	3.57
	2	10.8	0.04	270.00		
	3	11.8	0.045	262.22		
	4	15.1	0.012	1258.33		
	5	12.1	0.096	126.04		
	6	9.2	0.064	143.75		
	7	16.8	0.065	258.46		
	8	7.6	0.04	190.00		
	9	17.7	0.067	264.18		
	10	15.6	0.105	148.57		
	11	17.8	0.149	119.46		
	12	17.2	0.036	477.78		
	13	21.8	0.131	166.41		
	14	14.8	0.025	592.00		
	15	18.6	0.023	808.70		
San Andrés	1	7.8	0.01	780.00	479.00	1.39
	2	9.8	0.03	326.67		
	3	11.7	0.04	292.50		
	4	8.8	0.014	628.57		
	5	8.8	0.05	176.00		
	6	5.6	0.035	160.00		
	7	11.8	0.047	251.06		
	8	13.8	0.045	306.67		
	9	7.8	0.03	260.00		
	10	12.7	0.045	282.22		
	11	14.8	0.039	379.49		
	12	10.8	0.045	240.00		
	13	7.9	0.005	1580.00		
	14	5.8	0.002	2900.00		
	15	5.8	0.014	414.28		

**6.2 Indicadores estadísticos de las variables cuantificadas**

Las variables DAP y altura presentadas en el siguiente cuadro fueron cuantificadas a partir de todos los árboles de las parcelas levantadas en el campo, y la información relacionada con frutos y semillas fue obtenida de los árboles semilleros. Las principales variables cuantificadas así como las medias y coeficientes de variación se presentan a continuación en el Cuadro 13.

**Cuadro 13. Comportamiento de las principales variables obtenidas en los árboles semilleros evaluados.**

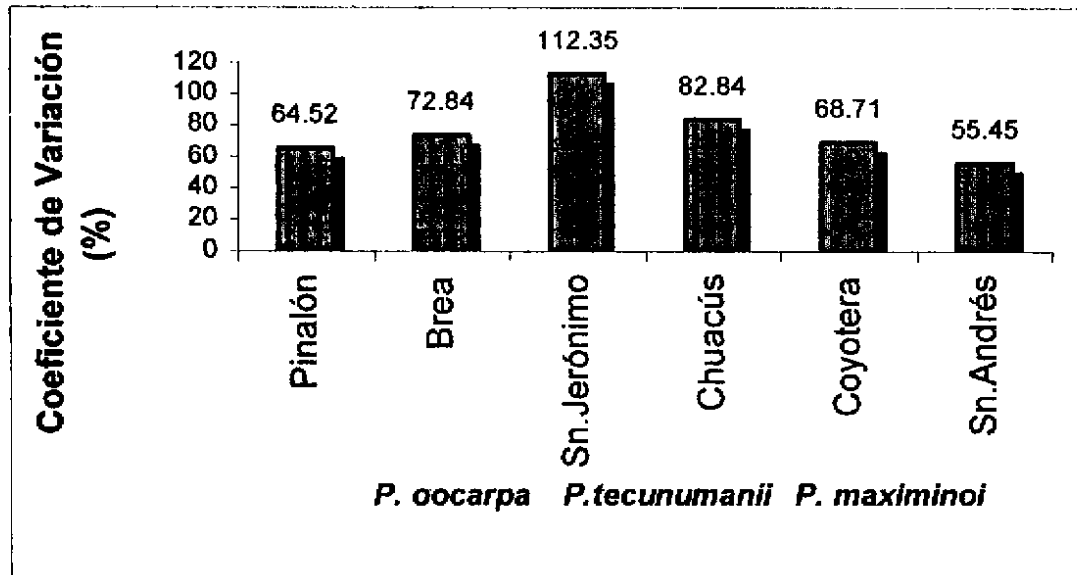
Especie	Sitio	DAP (cm)	Altura (m)	Peso Frutos/Árbol (kgs)	Peso Semillas/Árbol (kgs)	Relación Frutos/Semillas	Producción kgs/ha	
							Frutos	Semillas
<i>Pinus oocarpa</i> n <sup>4</sup> =10	Ei $\mu^5$	39.31	22.02	6.48	0.0359	310.38	324.00	1.795
	Pinalón CV <sup>6</sup>	18.46	22.39	45.23	64.52	122.02		
	La $\mu$	35.37	14.5	3.90	0.0175	312.00	130.00	0.58
	Brea CV	11.77	23.89	86.88	72.84	102.28		
<i>Pinus tecunumanii</i> n = 15	San $\mu$	62.61	29.27	1.23	0.00124	1341.82	61.33	0.06
	Jerónimo CV	19.51	19.82	120.26	112.35	83.00		
	Chuacús $\mu$	68.34	27.37	1.62	0.0042	590.23	81.00	0.21
	CV	13.60	14.79	61.21	82.84	78.91		
<i>Pinus maximinoi</i> n = 15	La $\mu$	41.69	20.47	16.51	0.0714	354.78	825.60	3.57
	Coyotera CV	11.87	9.07	46.87	68.71	89.09		
	San $\mu$	38.77	24.97	9.58	0.03	598.50	479.00	1.39
	Andrés CV	16.07	16.17	30.63	55.45	122.00		

Las variables de crecimiento cuantificadas (DAP y altura) en todas las parcelas no presentan coeficientes de variación mayores que el 25% por lo que es posible asumir cierta uniformidad en cuanto a las mismas entre los árboles semilleros de cada una de las fuentes analizadas. Por otro lado, tanto el peso de frutos como el de semillas por árbol mostraron altos coeficiente de variación como puede apreciarse en la Figura 3 que muestra gráficamente el comportamiento de los coeficientes de variación obtenidos a partir del análisis de la producción semillera individual de los rodales estudiados.

<sup>4</sup> n = Tamaño de la muestra.

<sup>5</sup>  $\mu$  = Media.

<sup>6</sup> CV = Coeficiente de variación en porcentaje.



**Figura 3. Coeficientes de variación del peso de semillas obtenido en cada una de las fuentes evaluadas.**

Coeficientes de variación altos indican una alta dispersión de los datos de los que han sido obtenidos. En este caso, los coeficientes de variación reflejan el comportamiento de la producción de semillas de los árboles evaluados durante 1999. La elevada dispersión de los datos sugiere un hábito de producción muy variable para cada individuo así como una variabilidad genética alta dentro de cada una de las procedencias. La mayor variación ocurre en *Pinus tecunumanii* y la menor en *Pinus maximinoi*. Esta variación puede apreciarse en el Cuadro 14 donde se presentan los coeficientes junto a sus respectivos valores de medias y desviaciones estándar, los que han sido calculados para referir los coeficientes de variación obtenidos a las medidas fundamentales de tendencia central y de variabilidad con el objeto de valorar los coeficientes calculados en su justa dimensión, es decir en el marco de los valores obtenidos directamente en el campo.

**Cuadro 14. Indicadores de la variación en el peso de las semillas de cada una de las fuentes evaluadas.**

Especie	Sitio	Media Aritmética (Kg)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
<i>P. oocarpa</i>	El Pinalón	0.0359	0.023	64.52
	La Brea	0.0175	0.013	72.84
<i>P. tecunumanii</i>	San Jerónimo	0.00124	0.0014	112.35
	Chucús	0.0042	0.0035	82.84
<i>P. maximinoi</i>	La Coyotera	0.0714	0.049	68.71
	San Andrés	0.03	0.017	55.45

Los indicadores anteriormente presentados fueron obtenidos directamente de la información estimada en las parcelas levantadas en el campo. Estos reflejan la variabilidad de los árboles evaluados en términos de su capacidad de producción de semillas con base en indicadores estadísticos de la variabilidad de un conjunto de datos. Los coeficientes de variación calculados sugieren un producción de semillas heterogénea entre individuos lo que debe ser considerado, sobre todo, en la interpretación de los volúmenes de cosecha por hectárea.

### **6.3 Variación entre la producción semillera de 1997 y la de 1999 para las fuentes semilleras evaluadas**

La recolección de semillas pudo desarrollarse normalmente en 4 de las 8 fuentes propuestas inicialmente. Este fue el caso de las especies *Pinus oocarpa* y *Pinus tecunumanii*. Sin embargo para las fuentes propuestas de *Pinus pseudostrobus* no fue posible recolectar semilla ya que la producción semillera de estas fuentes para este año fue considerada como nula. Por otro lado, las fuentes propuestas de la especie *Pinus maximinoi* fueron empleadas con exclusividad por una empresa independiente lo que imposibilitó su utilización. En este último caso, las fuentes

originalmente propuestas fueron reemplazadas por otros bosques de la misma especie para contar con algún parámetro de comparación. Sin embargo, no se ha considerado válido establecer una comparación entre años distintos y procedencias distintas para la misma especie ya que además de la variación temporal existen otros factores de sitio como el suelo y el clima que determinan la productividad semillera de los bosques. De cualquier forma, la tendencia en el comportamiento de la producción de semillas parece mantenerse para *Pinus maximinoi* de acuerdo a la información recabada entre otras empresas que se dedican a la recolección de semillas forestales.

Los rendimientos de semilla en kg/ha para los años evaluados se presentan a continuación en el Cuadro 15.

**Cuadro 15. Promedios anuales de producción de semillas de las especies evaluadas.**

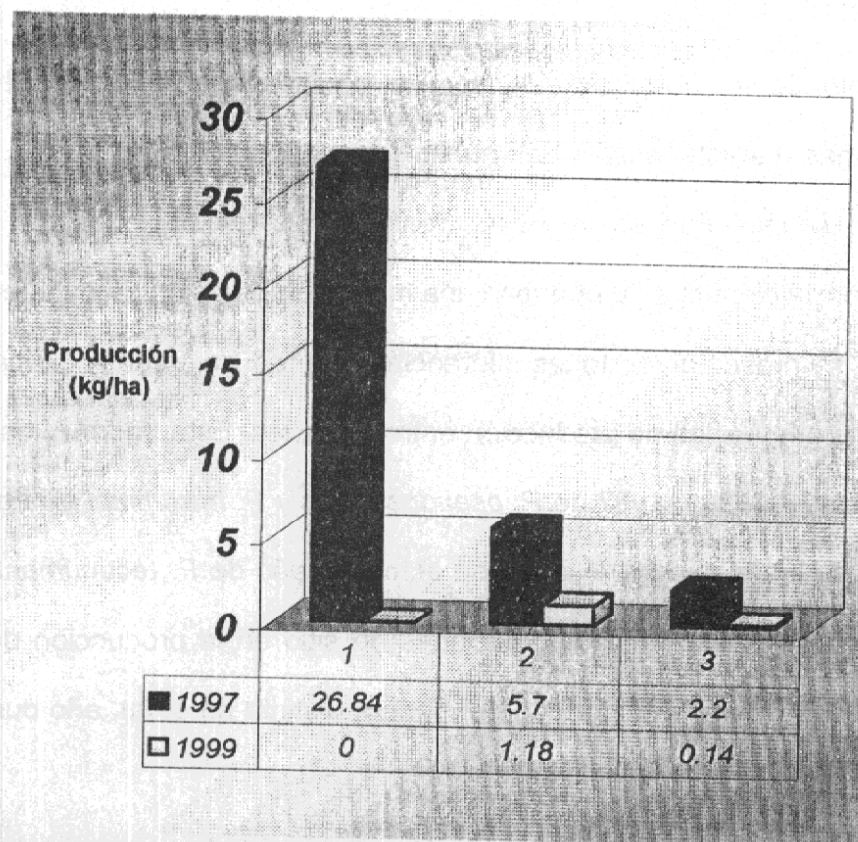
Especie	Procedencia	Producción kg/ha		Promedio Anual por Especie (kg)	
		1997	1998	1997	1998
<i>Pinus pseudostrobus</i>	Tecpán	43.95	0	26.84	0
	Alaska	9.74	0		
<i>Pinus oocarpa</i>	El Pinalón	7.25	1.79	5.7	1.18
	La Brea	4.15	0.58		
<i>Pinus tecunumanii</i>	San Jerónimo	2.83	0.06	2.2	0.14
	Chucús	1.57	0.21		
<i>Pinus maximinoi</i>	Los Martínez	30.7		16.84	
	San José Ocaña	2.98			
	La Coyotera		3.57	2.48	
	San Andrés		1.39		

El comportamiento de la producción de semilla de las especies, procedencias y años evaluados refleja algunas características del hábito de periodicidad de estas especies, sin embargo es importante señalar que es necesario realizar más evaluaciones de este tipo para obtener una mejor evidencia científica que permita una mejor comprensión de este fenómeno .

En el Cuadro 15 se presentan tanto las diferencias de producción entre procedencias de la misma especie como las diferencias de producción entre especies. Esta información indica que en el caso de las fuentes evaluadas en 1997 de *P. pseudostrobus* y *P. maximinoi* existe una variación mayor que la obtenida en las fuentes evaluadas en el mismo año de *P. tecunumanii* y *P. oocarpa* lo que refleja la influencia ejercida por las condiciones de sitio en la producción de semillas. No obstante, estas variaciones se han comportado de manera distinta en 1999, año durante el cual la producción de semillas disminuyó significativamente.

De cualquier forma, la periodicidad de la producción de semillas ocurre irregularmente, es decir que los mejores años de producción no están siempre separados por el mismo período. Esta irregularidad de los ciclos semilleros sugiere el seguimiento de este tipo de monitoreos durante varios años para poder contar con los registros que permitan la optimización de las actividades de recolección.

Con base en la información aquí presentada es posible describir gráficamente el comportamiento de la variable estudiada tal y como se presenta en la Figura 4, en la que puede apreciarse la diferencia entre los años evaluados para el promedio de procedencias de 3 de las 4 especies estudiadas.



**Figura 4. Comparación de la producción semillera entre 1997 y 1999 de 3 especies de coníferas en seis fuentes semilleras<sup>7</sup>.**

La Figura 4 muestra el comportamiento de la producción de semillas de las fuentes evaluadas en años diferentes. Para todas ellas 1997 fue un año más productivo que 1999 lo que significa que entre estos dos años el hábito de periodicidad se comportó de forma descendente, es decir que la cantidad de semilla producida ha venido disminuyendo desde 1997. Con esta información no es posible proyectar la producción de próximos años, sin embargo los datos obtenidos permiten ubicar la fase del ciclo productivo en la que se encuentran las especies evaluadas.

<sup>7</sup> Las especies se han colocado en el siguiente orden: 1=*P. pseudostrobus*, 2=*P. oocarpa* y 3=*P. tecumanii*.



Por otro lado, esta diferencia en la producción de semillas fue sometida a una prueba de contraste de hipótesis para muestras no apareadas; tomando en cuenta que a pesar que cada par de datos procede de la misma fuente, existen factores ambientales que varían en el tiempo lo que supone la utilización de este tipo de prueba con el objeto de establecer si existe una diferencia estadísticamente significativa entre los años analizados.

El resumen de los resultados obtenidos al realizar esta prueba en el Sistema de Análisis Estadístico (SAS) se presentan a continuación en el Cuadro 16.

**Cuadro 16. Resumen de los resultados obtenidos en la prueba de contraste de hipótesis de muestras no apareadas en SAS.**

Año	N	Media	Varianzas	T	Prob> t
1997	8	12.89625	Desiguales	2.144	0.0688
1999	8	0.95	Iguales	2.144	0.0501

Además de la información presentada en el Cuadro 16, el programa SAS proporciona la siguiente información:

$$F' = 156.41$$

$$\text{Prob} > F' = 0.000$$

De acuerdo a Litell et al. (19) la prueba de F es utilizada para probar la hipótesis que establece la igualdad de las varianzas. En este caso, una  $F' = 156.41$  con una  $\text{Prob} > F' = 0.000$  significa suficiente evidencia para concluir que las varianzas son desiguales. Por lo tanto se utiliza la prueba de t para varianzas desiguales en donde  $t = 2.144$  con un nivel de significancia de 0.0688 ( es decir  $1-0.0688=0.9312$  ó 93% de confianza), lo que supone suficiente evidencia para concluir que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las producciones de semillas de las fuentes evaluados para 1997 y 1999.

La prueba de contraste de hipótesis para muestras no apareadas se realizó tomando 8 datos para cada año, independientemente del hecho de que solo 6 fueron obtenidos a partir de las

### 6.5 Relaciones alométricas

Las relaciones alométricas fueron establecidas para el DAP, altura y peso de frutos en relación al peso de semillas para todas las fuentes semilleras incluidas en la investigación. Estas relaciones fueron evaluadas ensayando cuatro modelos de regresión que están incluidos en el Sistema de Análisis Estadísticos (SAS).

Los resultados obtenidos con SAS incluyen el valor de  $Pr>F$  que de acuerdo a Litell et al (19) indica la probabilidad de obtener una  $F$  de tablas igual o mayor que la  $F$  calculada en SAS lo que significa que la hipótesis nula de que todos los coeficientes en el modelo de regresión excepto el intercepto son iguales a 0, es decir  $H_0: \beta_1 = 0$ , puede rechazarse cuando el valor de  $Pr>F$  es menor que 0.01 con un 99% de confianza.

Por otro lado, fueron calculados los valores del coeficiente de variación (C.V.) para cada uno de los modelos evaluados que de acuerdo al trabajo de Escobedo (10) *"refleja porcentualmente la variación que los valores reales tienen con respecto a los valores que el modelo esperaría observar, un modelo será más ajustado mientras su valor de coeficiente de variación sea mínimo"*, el cuadrado medio del error (CME) que según Girón (13) *"establece el error en la aproximación de los valores predichos con relación a los datos reales"* y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) que de acuerdo al autor anteriormente citado *"indica qué porcentaje de variación de los datos estimados es explicado por el modelo seleccionado, es decir, la bondad de ajuste del modelo a los datos reales, en tal razón, mientras más se acerque este valor a la unidad, se tendrá una correlación y regresión casi perfectas"*. Además, también se obtuvo el coeficiente de correlación para determinar el grado de asociación existente entre las variables.

Los resultados de tales procedimientos se presentan a continuación.

#### 6.4 Características físicas de las semillas

El lote de semillas colectado en cada una de las fuentes evaluadas fue sometido a las pruebas realizadas normalmente en el Banco de Semillas Forestales con base en las normas del ISTA. Los resultados de estas pruebas se presentan a continuación en el Cuadro 17.

**Cuadro 17. Calidad física de las semillas obtenidas en las fuentes evaluadas.**

Especie	Procedencia	No. de Semillas /kg	% de Pureza	No. De Semillas /kg de Lote	% de Germinación	No. de Semillas Viables/kg de Lote	Energía Germinativa (Días)
<i>Pinus oocarpa</i>	La Brea	57,471	98.72	56,735	81.50	46,239	28
	El Pinalón	65,359	99.32	64,914	91.75	59,558	20
<i>Pinus tecunumanii</i>	San Jerónimo	107,066	97.25	104,121	58.50	60,910	33
	Chucacús	103,412	96.72	100,020	65.25	65,263	32
<i>Pinus maximinoi</i>	La Coyotera	95,057	99.25	94,344	56.75	53,540	33
	San Andrés	92,507	99.67	92,201	61.00	56,242	33

Los indicadores físicos obtenidos para los lotes de semilla analizados se mantienen en los rangos estimados por Ruano (24) en 1997 y obtenidos por Buch (2) en 1992. Los porcentajes de germinación oscilaron entre 56.75% y 91.75%. El porcentaje más alto correspondió al lote de semillas de *Pinus oocarpa* obtenido en El Pinalón y el más bajo al de *Pinus maximinoi* obtenido en La Coyotera. Sin embargo, no es adecuado establecer relaciones de comparación entre las características físicas de las semillas obtenidas en cada fuente ya que tales características están determinadas por las condiciones de sitio y la especie y no indican necesariamente niveles de calidad.

mismas procedencias ya que la comparación ha sido establecida en términos de la productividad por especie más que por procedencia.

Un análisis más estricto que considera únicamente las 4 fuentes que fueron evaluadas en ambos años ha dado como resultado un valor de  $t_c = 2.57$  y uno de  $t_t = 2.45$  por lo que  $t_c > t_t$ , lo que permite rechazar la hipótesis que plantea la igualdad de medias. Por lo tanto también aquí es posible concluir que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las producciones de 1997 y 1999 para las fuentes semilleras estudiadas.

Para este último análisis no se han considerado las procedencias de *Pinus pseudostrobus* debido a que a pesar de que se tienen datos de las mismas fuentes para los dos años, la información obtenida en 1999 de 0 kg/ha para cada fuente, es decir la ausencia total de producción, es un dato que fue obtenido luego del reconocimiento preliminar de campo con base en la experiencia de recolectores calificados. De cualquier forma, el resultado del análisis más estricto incluyendo esta procedencia coincidiría con el anteriormente presentado ya que la diferencia entre las medias de los años evaluados para las procedencias de esta especie son las mayores, lo que supone aumentar la probabilidad de la ocurrencia de diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las muestras.

### 6.5.1 *Pinus oocarpa*

#### A. La Brea

Los resultados obtenidos en esta fuente no sugieren ninguna relación entre las variables que permita explicar el comportamiento de una en función de la otra como se presenta en el cuadro 18.

**Cuadro 18. Relaciones alométricas de las variables analizadas de *Pinus oocarpa* en La Brea, Quezada, Jutiapa.**

Variables.	Modelo de Regresión.	Pr>F	CME	CV	R <sup>2</sup>	Coefficiente de Correlación
DAP/Peso Semilla.	Lineal.	0.3450	0.00016	72.81	0.11	-0.33434
	Cuadrático.	0.6057	0.00018	76.88	0.13	
	Cúbico.	0.6659	0.00019	78.99	0.21	
	Logarítmico.	0.3826	0.07737	15.12	0.10	
Altura/Peso Semilla.	Lineal.	0.8494	0.00018	77.07	0.005	-0.06919
	Cuadrático.	0.8624	0.0002	80.87	0.04	
	Cúbico.	0.6391	0.00018	78.27	0.23	
	Logarítmico.	0.7676	0.0846	15.81	0.01	
Peso Fruto/Peso Semilla.	Lineal.	0.7501	0.00018	76.74	0.01	-0.11576
	Cuadrático.	0.9094	0.0002	81.48	0.027	
	Cúbico.	0.9739	0.00023	87.69	0.034	
	Logarítmico.	0.9870	0.08562	15.9	0.00003	

Los valores estimados de Pr>F son mayores que 0.01 lo que significa que ninguno de los modelos evaluados explica la relación existente entre las variables. Es importante considerar el nivel de degradación que presenta la fuente y el tamaño de muestra empleado. Ambos factores podrían estar determinando los resultados obtenidos en términos de la escasez de individuos representativos del sitio. El tamaño de muestra podría influir negativamente en la identificación de relaciones alométricas entre las variables analizadas.

## B. El Pinalón

A pesar de haberse utilizado el mismo tamaño de muestra (10 árboles) en el Pinalón, los resultados obtenidos en esta fuente sugieren la existencia de relaciones alométricas estadísticamente significativas. Esta diferencia indica la necesidad de desarrollar evaluaciones futuras para esta especie con el objeto de ampliar la cantidad disponible de información.

Los resultados del análisis estadístico se presentan en el Cuadro 19.

**Cuadro 19. Relaciones alométricas de las variables analizadas de *Pinus oocarpa* en El Pinalón, San Pedro Pinula, Jalapa.**

Variables.	Modelo de Regresión.	P>F	CME	CV	r <sup>2</sup>	Coefficiente de Correlación.
DAP/Peso Semilla.	Lineal.	0.0625	0.00038	54.36	0.37	0.60749
	Cuadrático.	0.1671	0.00041	56.66	0.40	
	Cúbico.	0.1847	0.00038	54.31	0.53	
	Logarítmico.	0.0851	0.1081	21.04	0.32	
Altura/Peso Semilla.	Lineal.	0.0046	0.0002	40.27	0.65	0.80849
	Cuadrático.	0.0120	0.00019	38.87	0.71	
	Cúbico.	0.0056	0.0011	29.46	0.86	
	Logarítmico.	0.0042	0.0542	14.89	0.67	
Peso Fruto/Peso Semilla.	Lineal.	0.0241	0.0003	48.85	0.49	0.70027
	Cuadrático.	0.0883	0.0003	51.73	0.5	
	Cúbico.	0.0931	0.0003	47.28	0.63	
	Logarítmico.	0.2029	0.1292	22.99	0.19	

Los modelos evaluados para explicar las relaciones alométricas planteadas entre las variables consideradas para *P. oocarpa* en El Pinalón han generado diferentes resultados al ser analizados en SAS. De las relaciones planteadas, la única que presenta un modelo que explica su comportamiento significativamente desde el punto de vista estadístico es la que ocurre entre el

logaritmo de la altura de los árboles y el logaritmo del peso de las semillas obtenidas de cada uno de estos, lo que significa que el modelo más adecuado en este caso es el logarítmico.

En la Figura 5 se presenta el comportamiento gráfico de la relación alométrica estadísticamente significativa identificada entre las variables analizadas en El Pinalón.

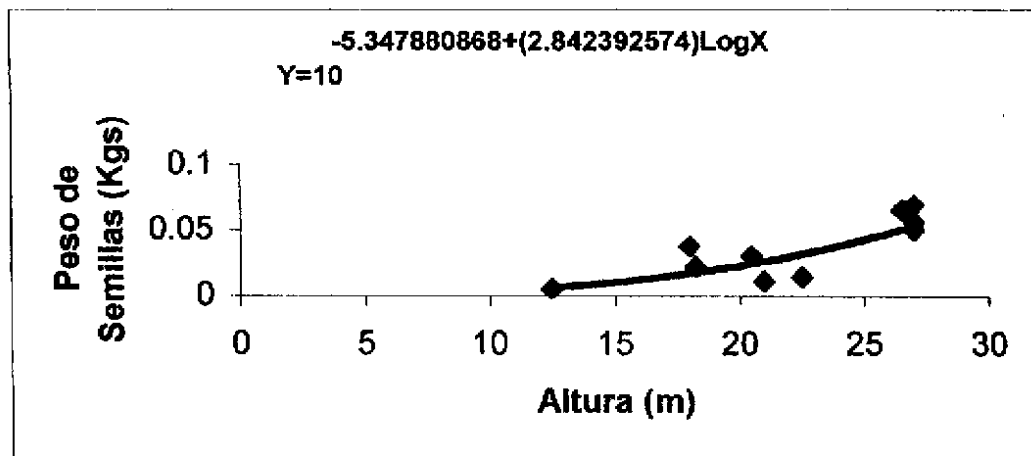


Figura 5. Relación entre la altura y el peso de semillas de *Pinus oocarpa* en El Pinalón.

El modelo logarítmico no es el único que presenta significancia estadística, pero ha sido escogido tomando en cuenta que el coeficiente de variación presenta un valor mínimo. Además, el coeficiente de determinación calculado es 0.67 lo que, de acuerdo a López (20) significa que el modelo logarítmico explica que el 67% de la variación en Y se encontró asociada con X.

### 6.5.2 *Pinus tecunumanii*

#### A. San Jerónimo

En el caso de *Pinus tecunumanii* las condiciones del bosque permitieron ampliar el tamaño de la muestra en las dos fuentes semilleras evaluadas. En San Jerónimo se identificaron varias relaciones alométricas estadísticamente significativas con base en los resultados del análisis estadístico que se presentan en el Cuadro 20.

**Cuadro 20. Relaciones alométricas de las variables analizadas de *Pinus tecunumanii* en San Jerónimo, Baja Verapaz.**

Variables.	Modelo de Regresión.	Pr>F	CME	CV	r <sup>2</sup>	Coefficiente de Correlación.
DAP/Peso Semilla.	Lineal.	0.7416	0.000002	116.09	0.008	0.09302 0.23218
	Cuadrático.	0.0736	0.000001	97.64	0.35	
	Cúbico.	0.1688	0.000001	101.73	0.35	
	Logarítmico.	0.4050	0.215787	14.85	0.05	
Altura/Peso Semilla.	Lineal.	0.8930	0.000002	116.51	0.001	-0.03803 0.25397
	Cuadrático.	0.9825	0.000002	121.17	0.003	
	Cúbico.	0.2349	0.0000017	105.17	0.31	
	Logarítmico.	0.3610	0.213371	14.76	0.06	
Peso Fruto/Peso Semilla.	Lineal.	0.0001	0.00000042	52.12	0.80	0.89453 0.76415
	Cuadrático.	0.0001	0.00000045	53.95	0.87	
	Cúbico.	0.0003	0.00000049	56.19	0.89	
	Logarítmico.	0.0009	0.09489	9.84	0.58	

Varios de los modelos propuestos para esta procedencia resultaron explicar significativamente las relaciones alométricas entre algunas de las variables analizadas. Sin embargo, además de los indicadores estadísticos calculados, la decisión de incluir como más funcional un modelo lineal para explicar la relación entre peso de frutos y peso de semillas fue tomada incluyendo criterios de utilidad ya que la implementación de este modelo supone el uso de la relación más sencilla entre las variables estudiadas.

El modelo seleccionado para explicar la relación entre el peso de frutos y el peso de semillas fue el modelo lineal tal como se indica en la Figura 6.



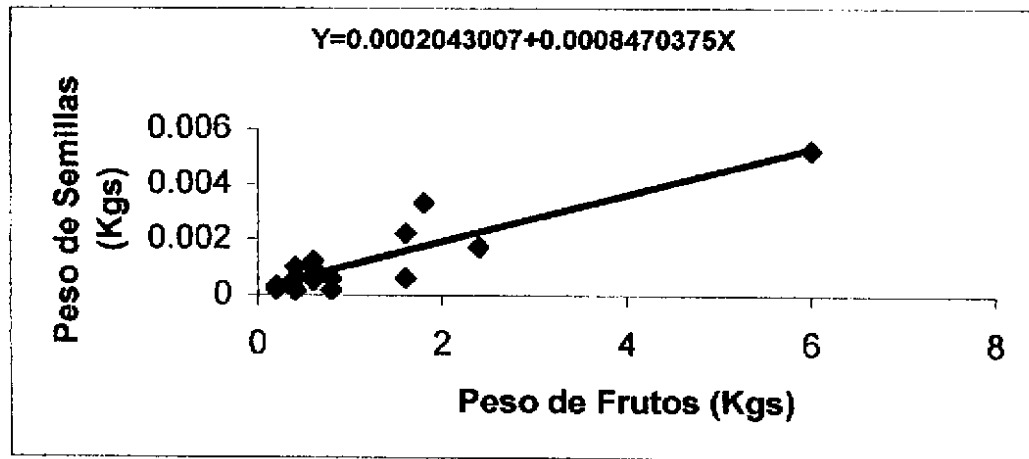


Figura 6. Relación entre el peso de frutos y el peso de semillas de *Pinus tecunumanii* en San Jerónimo.

### B. Chuacús

El bosque evaluado en Chuacús también permitió la utilización de una muestra de 15 árboles y en este caso se identificó una relación alométrica como estadísticamente significativa con base en los resultados del análisis estadístico presentados en el Cuadro 21.

**Cuadro 21. Relaciones alométricas de las variables analizadas de *Pinus tecunumanii* en Chuacús, Baja Verapaz.**

Variables.	Modelo de Regresión.	Pr>F	GME	CV	r <sup>2</sup>	Coefficiente de Correlación.
DAP/Peso Semilla.	Lineal.	0.7910	0.00001	85.73	0.005	-0.07483
	Cuadrático.	0.1809	0.00001	77.59	0.25	
	Cúbico.	0.0360	0.000007	64.36	0.52	
	Logarítmico.	0.9590	0.26753	20.15	0.0002	
Altura/Peso Semilla.	Lineal.	0.8094	0.000013	85.77	0.0046	0.06811
	Cuadrático.	0.4317	0.000012	83.43	0.0046	
	Cúbico.	0.6211	0.000013	86.51	0.005	
	Logarítmico.	0.7126	0.264702	20.05	0.011	
Peso Fruto/Peso Semilla.	Lineal.	0.0163	0.000008	68.28	0.37	0.60760
	Cuadrático.	0.0428	0.000008	68.82	0.41	
	Cúbico.	0.1074	0.000009	71.65	0.41	
	Logarítmico.	0.0002	0.08768	11.54	0.67	

De los modelos evaluados solamente el logarítmico presentó significancia estadística para explicar la relación entre el peso de los frutos y el peso de las semillas. El ajuste de este modelo al gráfico de dispersión de los datos analizados se presenta en la figura 7.

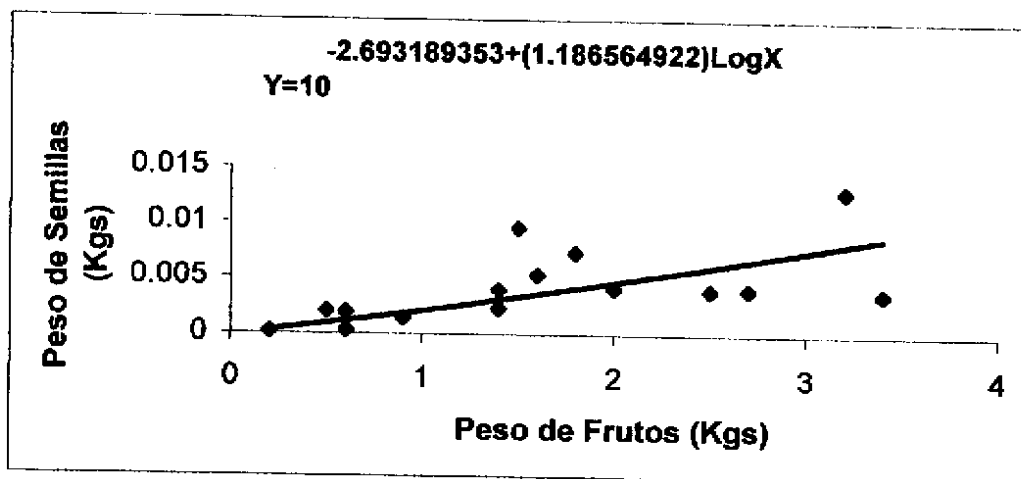


Figura 7. Relación entre el peso de frutos y el peso de semillas de *Pinus tecunumanii* en Chuacús.

### 6.5.3 *Pinus maximinoi*

#### A. La Coyotera

Las condiciones del bosque evaluado de *Pinus maximinoi* en La Coyotera también permitieron un tamaño de muestra de 15 árboles. En este caso los resultados del análisis estadístico presentados en el Cuadro 22 sugieren la existencia de una relación alométrica estadísticamente significativa entre las variables analizadas.

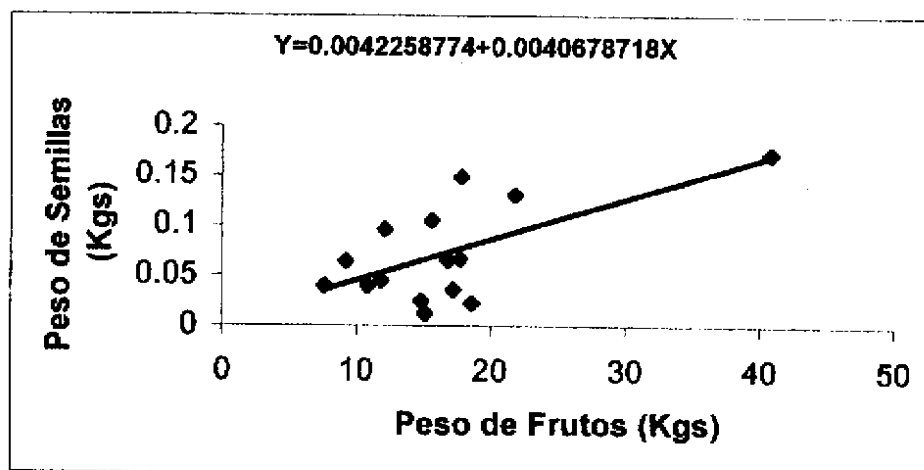
**Cuadro 22 Relaciones alométricas de las variables analizadas de *Pinus maximinoi* en La Coyotera, San Martín Jilotepeque, Chimaltenango.**

Variables.	Modelo de Regresión.	P>F	CME	CV	r <sup>2</sup>	Coefficiente de Correlación.
DAP/Peso Semilla.	Lineal.	0.1969	0.00227	66.71	0.12	0.35298
	Cuadrático.	0.4272	0.0024	69.13	0.13	
	Cúbico.	0.6147	0.0026	71.66	0.14	
	Logarítmico.	0.1693	0.09974	25.24	0.14	
Altura/Peso Semilla.	Lineal.	0.0305	0.00178	59.15	0.31	0.55829
	Cuadrático.	0.0514	0.00171	57.95	0.39	
	Cúbico.	0.1282	0.0019	60.5	0.39	
	Logarítmico.	0.1490	0.09822	25.04	0.15	
Peso Fruto/Peso Semilla.	Lineal.	0.0099	0.0015	54.68	0.41	0.64185
	Cuadrático.	0.0393	0.0016	56.66	0.42	
	Cúbico.	0.0773	0.0017	57.52	0.45	
	Logarítmico.	0.0594	0.109203	26.84	0.25	

El modelo lineal ha mostrado los indicadores más adecuados para explicar la relación existente entre el peso de frutos y el peso de semillas en la fuente de *Pinus maximinoi* ubicada en la finca La Coyotera. Ninguna de las relaciones planteadas entre las variables restantes resultó estadísticamente significativa.

La posibilidad de obtener una ecuación que explique el comportamiento del peso de las semillas en función del peso de los frutos supone la aplicación práctica de la propuesta teórica aquí planteada, es decir que las actividades de procesamiento pueden incluir la generación de información inmediata en términos de la cantidad de semillas disponibles.

El ajuste del modelo seleccionado a la relación entre peso de frutos y peso de semillas se presenta en la Figura 8.



**Figura 8. Relación entre peso de frutos y peso de semillas de *Pinus maximinoi* en La Coyotera.**

#### B. San Andrés

En el Cuadro 23 se presentan los resultados del análisis estadístico que permitieron identificar el modelo que explica la relación entre el peso de frutos y el peso de las semillas recolectadas en San Andrés. En este caso se utilizó una muestra de 15 árboles de la que se obtuvo la información de campo.

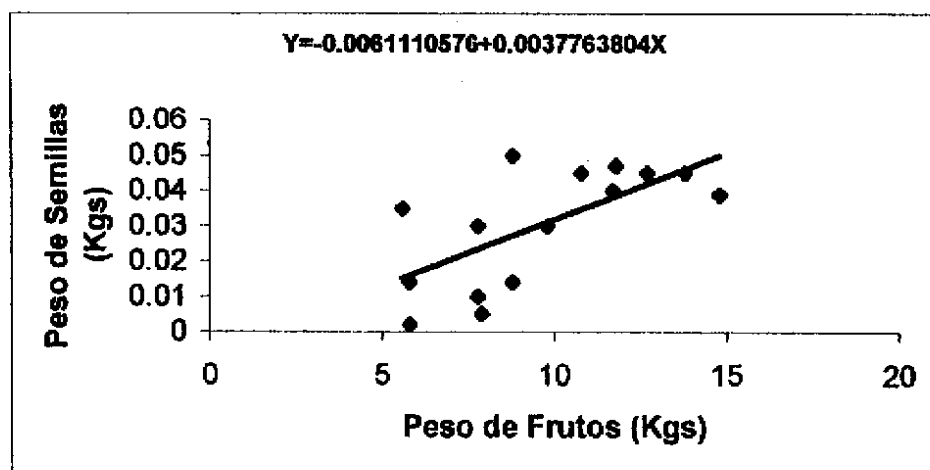
Esta fuente fue utilizada para reemplazar la incluida en la estimación de la producción de semillas realizada en 1997. A pesar de la diferencia geográfica, la información obtenida en esta procedencia contribuye a la caracterización de los ciclos de producción de semillas y, por lo tanto, al entendimiento de los hábitos de periodicidad de esta especie.

En el caso de San Andrés el modelo lineal resultó ser el más adecuado para explicar la relación entre el peso de semillas y el peso de frutos ya que los indicadores estadísticos calculados describen una tendencia clara que explica el comportamiento de una variable en función de la otra.

La relación entre las variables identificadas como relacionadas con un nivel aceptable de significancia estadística se presenta en la Figura 9.

**Cuadro 23. Relaciones alométricas de las variables analizadas de *Pinus maximinoi* en San Andrés, San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.**

Variables.	Modelo de Regresión.	Pr>F	CME	CV	r <sup>2</sup>	Coefficiente de Correlación.
DAP/Peso Semilla.	Lineal.	0.0883	0.00024	51.23	0.21	0.45512
	Cuadrático.	0.2453	0.00026	53.27	0.21	
	Cúbico.	0.3344	0.00026	53.94	0.25	0.36022
	Logarítmico.	0.1872	0.162166	24.47	0.13	
Altura/Peso Semilla.	Lineal.	0.9311	0.000299	57.52	0.0006	0.02444
	Cuadrático.	0.9626	0.00032	59.7	0.006	
	Cúbico.	0.1931	0.00023	50.90	0.34	-0.01255
	Logarítmico.	0.9646	0.186316	26.23	0.00016	
Peso Fruto/Peso Semilla.	Lineal.	0.0069	0.00017	42.99	0.44	0.66469
	Cuadrático.	0.0269	0.00017	44.31	0.45	
	Cúbico.	0.0277	0.00016	41.99	0.55	0.62193
	Logarítmico.	0.0133	0.114269	20.54	0.39	



**Figura 9. Relación entre peso de frutos y peso de semillas de *Pinus maximinoi* en San Andrés.**

Las relaciones alométricas evaluadas para las variables de las fuentes analizadas han mostrado escasa significancia. Para cada una de las fuentes se graficaron las relaciones que mostraron la mayor significancia, tanto en términos del coeficiente de correlación como del ensayo de diferentes modelos de regresión a través del cálculo de los indicadores estadísticos propuestos. Las relaciones significativas se dieron entre la altura y el peso de semillas para *Pinus oocarpa* y entre peso de frutos y peso de semillas para *Pinus tecunumanii* y *Pinus maximinoi* lo que puede significar un aporte importante para el procesamiento de conos ya que a partir del peso de frutos, que puede obtenerse inmediatamente después de la recolección en el campo, es posible proyectar la cantidad de semilla que se obtendrá al final de las operaciones de secado y limpieza. Por otro lado, *Pinus maximinoi* fue la única especie que no presentó coeficientes de correlación iguales o mayores que 0.8; sin embargo estos coeficientes fueron de 0.64 y 0.67 por lo que a pesar de que no puede tomarse esta correlación como muy alta, ciertamente ocurre un grado de asociación entre las variables por lo que se generaron los modelos para explicar tal asociación.

Los modelos encontrados para explicar la relación entre las variables evaluadas varían en función de la especie y en algunos casos en función de la procedencia. Esta variación refleja la complejidad de factores que interactúan en la producción de semillas en los bosques. A pesar de tratarse de la misma especie, como lo señala Mittak (21) "*la cosecha de conos de una especie en particular puede ser abundante a través de una región extensa o puede ser inexistente, pero en cualquiera de los casos pueden encontrarse excepciones locales*". La falta de uniformidad en los modelos encontrados como significativos en la determinación de las relaciones alométricas entre las variables propuestas sugiere la magnitud de la diferencia que puede presentarse tanto entre especies como entre procedencias de la misma especie, es decir que las ecuaciones generadas mediante el ensayo de varios modelos matemáticos pueden utilizarse únicamente para proyectar el comportamiento de las cosechas futuras en las mismas procedencias.

## 6.6 Costos de recolección y procesamiento

Los costos de recolección y procesamiento fueron obtenidos tomando en cuenta todos los componentes que intervienen en la planificación presupuestaria de un banco de semillas forestales con el objeto de estimar datos reales que signifiquen el cálculo estricto del valor de la semilla recolectada.

La obtención detallada de estos costos se encuentra en el apéndice de este documento y un resumen de estos cálculos se muestra a continuación en el Cuadro 24.

**Cuadro 24. Resumen de los costos de la recolección y el procesamiento de las semillas obtenidas en las fuentes evaluadas.**

Especie	Procedencia	Rendimiento (Kgs)	Costo (Q)	Costo por Kilo (Q)
<i>Pinus oocarpa</i>	El Pinalón	0.359	2046.67	5701.03
	La Brea	0.175	1962.47	11214.11
<i>Pinus tecunumanii</i>	San Jerónimo	0.019	2478.26	130434.73
	Chuacús	0.0627	3084.91	49201.12
<i>Pinus maximinoi</i>	La Coyotera	1.071	4665.87	4356.55
	San Andrés	0.451	4553.87	10097.27

A partir del cálculo de los costos que suponen la recolección y el procesamiento de semillas en las fuentes evaluadas es posible concluir que el factor determinante, es decir, el que contribuye más significativamente en la estimación del costo unitario por kilo, es el volumen de la cosecha obtenida. Una cosecha abundante significa la disminución de los costos y, por lo tanto, precios bajos para los usuarios. Los datos que se presentan en el Cuadro 24 de costos unitarios por kilo son muy elevados ya que la cosecha de este año fue muy baja y el precio estimado refleja la inversión que sería necesaria por kilo para la cosecha de semilla bajo las condiciones actuales. Desde el punto de vista económico no es recomendable por lo tanto desplegar esfuerzos para recolectar semillas durante los años de baja producción. El comportamiento de los costos en relación a diferentes volúmenes hipotéticos bajo las condiciones actuales puede apreciarse en las figuras 10-15.

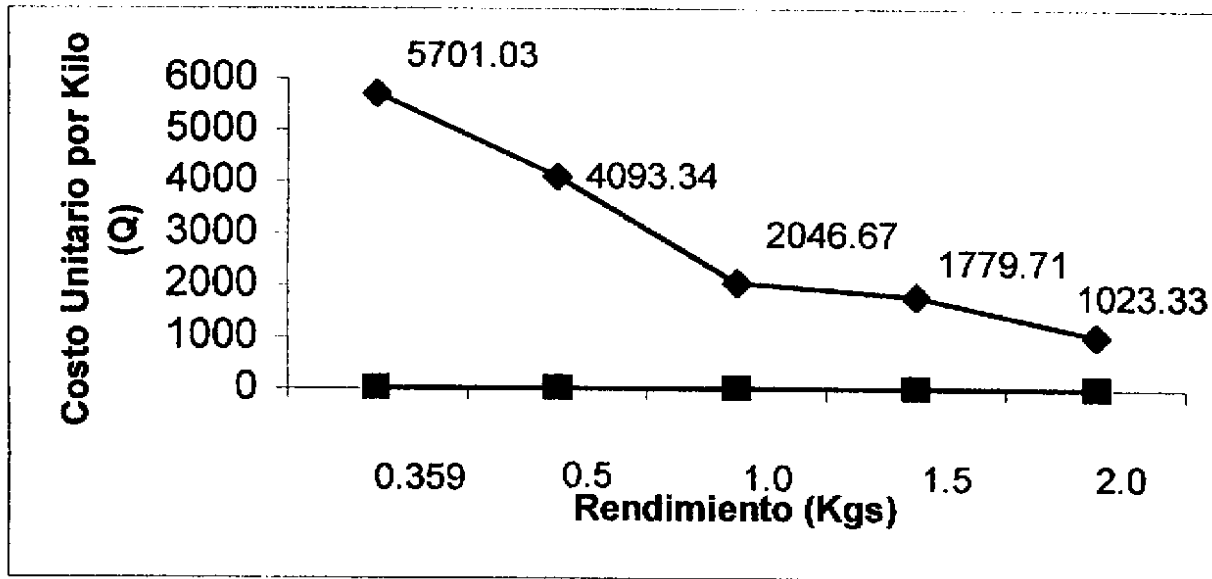


Figura 10. Tendencia estimada de los costos de recolección y procesamiento de la producción semillera de *Pinus oocarpa* obtenida en El Pinalón, San Pedro Pinula, Jalapa.

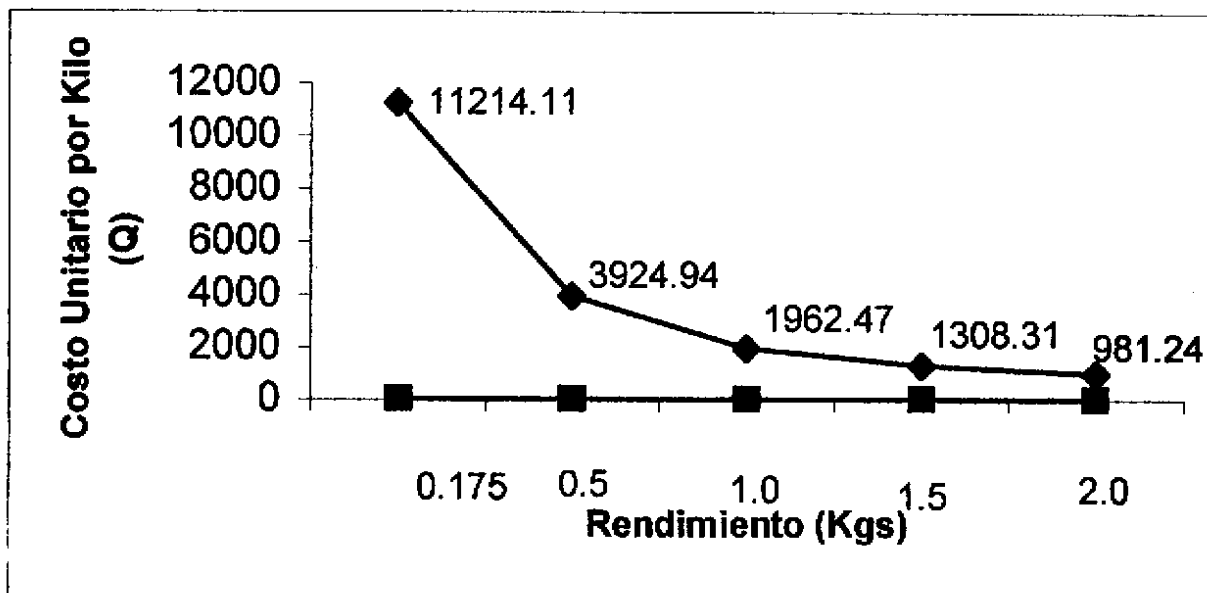


Figura 11. Tendencia estimada de los costos de recolección y procesamiento de la producción semillera de *Pinus oocarpa* obtenida en La Brea, Quezada, Jutiapa.



En las figuras 10 y 11 puede apreciarse una tendencia similar en términos de los costos unitarios por kilogramo obtenidos al estimar distintos volúmenes de cosecha para las fuentes de *P. oocarpa*. Sin embargo, además del volumen de cosecha existen otras variables como la distancia a la fuente semillera, la duración de la expedición de campo y el número de jornales empleados que presentan diferentes comportamientos en función de las características específicas de cada fuente. Esta variación explica la diferencia entre las líneas de tendencia obtenidas en las figuras 9 y 10 en las que es posible observar la diferencia entre el precio unitario por kilogramo para cada una de las cosechas estimadas. Esta diferencia se debe entonces a las características específicas de localización y cantidad de trabajo que cada una de las procedencias significa.

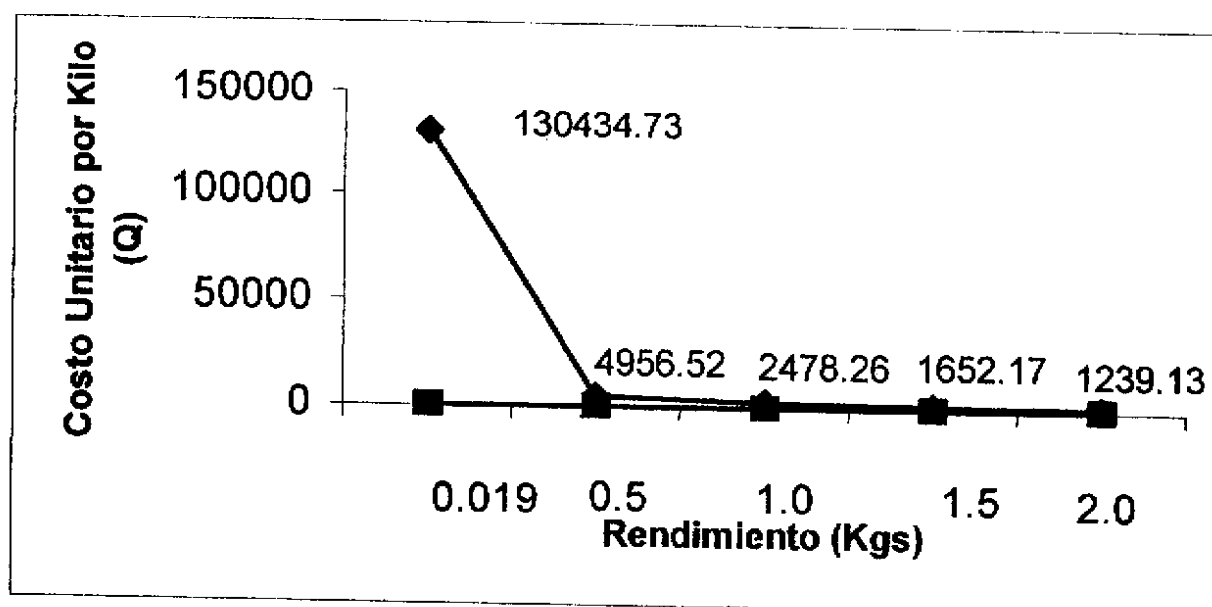
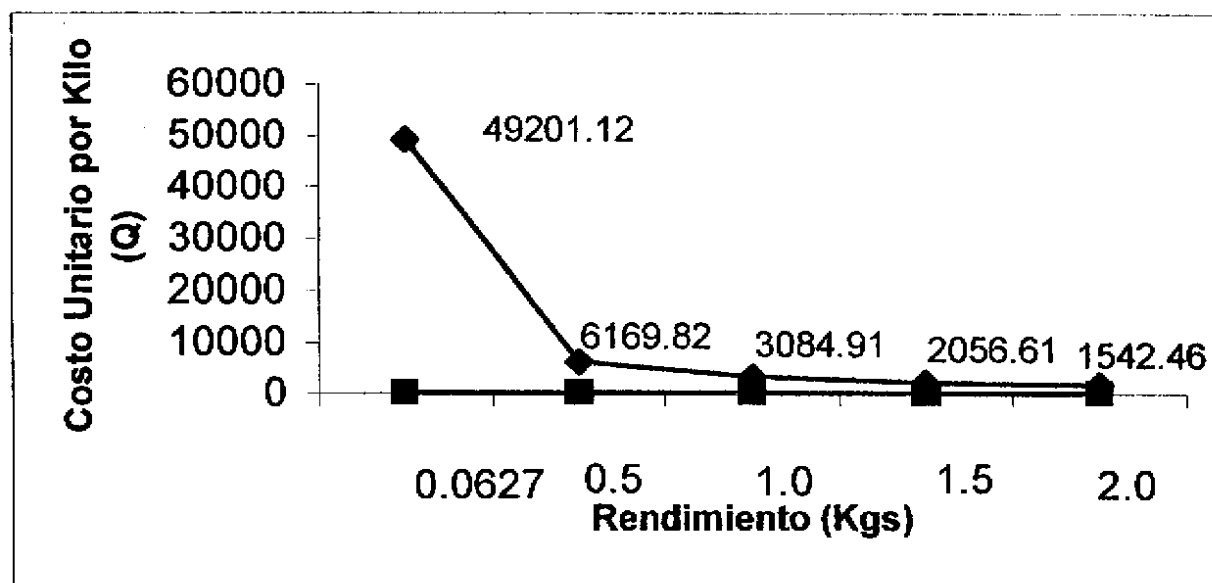


Figura 12. Tendencia estimada de los costos de recolección y procesamiento de la producción semillera de *Pinus tecunumanii* obtenida en San Jerónimo, Baja Verapaz.



**Figura 13. Tendencia estimada de los costos de recolección y procesamiento de la producción semillera de *Pinus tecunumanii* obtenida en Chuacús, Baja Verapaz.**

En el caso de las fuentes semilleras evaluadas de *P. tecunumanii* las figuras 12 y 13 muestran que existe una mayor correspondencia entre los costos unitarios por kilogramo estimados para cada procedencia que la relación existente entre las procedencias de las otras especies evaluadas. Esta similitud de los costos proyectados se debe fundamentalmente a la homogeneidad de las fuentes estudiadas tanto en términos de sus características geográficas como en la inversión de tiempo y trabajo realizado en cada una.

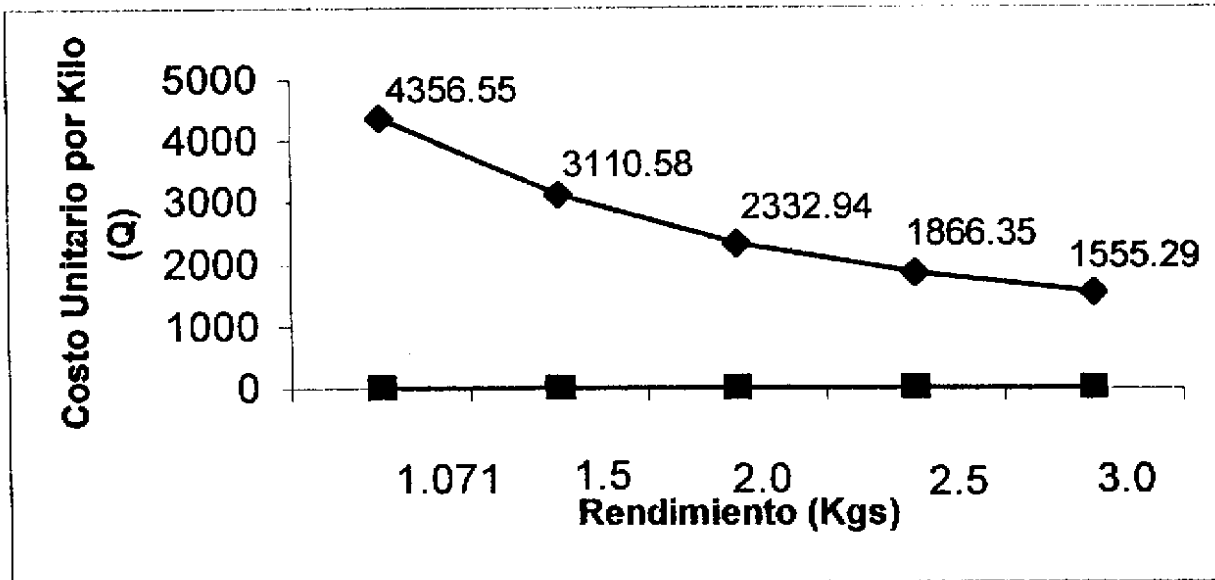


Figura 14. Tendencia estimada de los costos de recolección y procesamiento de la producción semillera de *Pinus maximinoi* obtenida en La Coyotera, San Martín Jilotepeque, Chimaltenango.

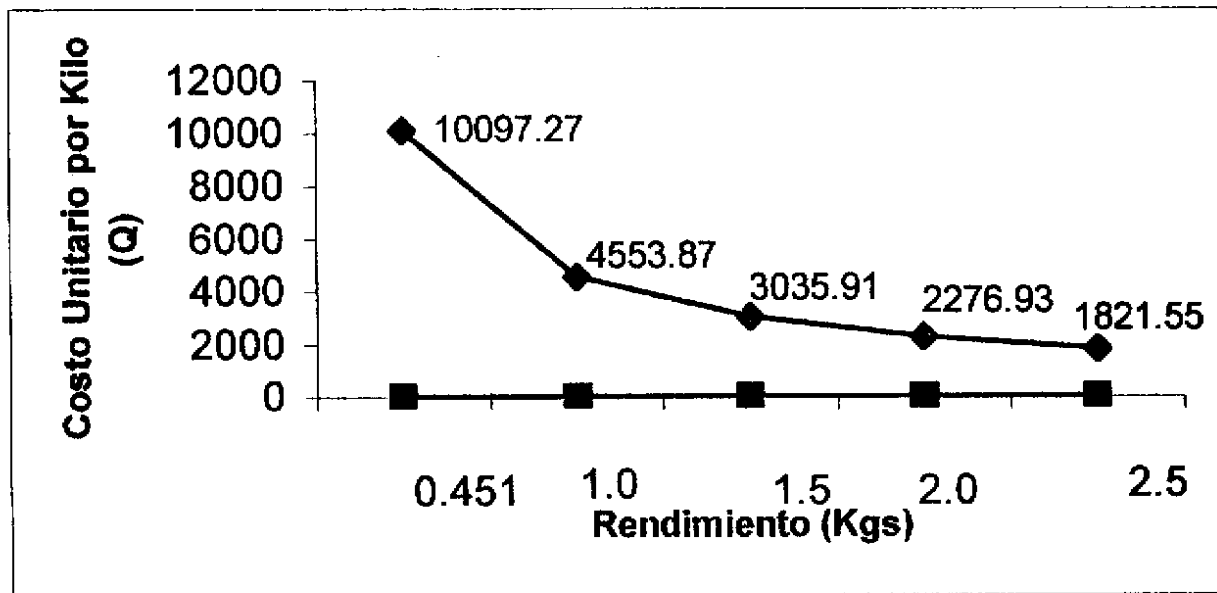


Figura 15. Tendencia estimada de los costos de recolección y procesamiento de la producción semillera de *Pinus maximinoi* obtenida en San Andrés, San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.

Las figuras 14 y 15 muestran la tendencia de los costos unitarios obtenidos para las fuentes evaluadas de *P. maximinoi* que al igual que las anteriores presentan comportamientos muy similares. Esta similitud corresponde a la homogeneidad de las condiciones bajo las cuales fueron realizadas las actividades de recolección y procesamiento.

Las gráficas de las tendencias estimadas de los costos de recolección y procesamiento de las fuentes evaluadas presentan el mismo comportamiento. En todos los casos los costos unitarios por kilo se reducen al asumir una cosecha mayor que es posible obtener en los años más productivos. Las cosechas pobres significan costos muy altos que limitan significativamente la rentabilidad de la actividad debido a que independientemente de la cantidad de la producción de semillas los equipos de trabajo se organizan con la misma cantidad de operarios y significan los mismos gastos. La diferencia fundamental desde el punto de vista financiero entre años buenos y malos radica en que durante los años buenos, es decir de alta producción de semillas, los costos se distribuyen entre una mayor cantidad de semillas disminuyendo por lo tanto el precio de estas mientras que en los años malos la inversión debe distribuirse entre un menor volumen de semillas lo que consecuentemente incrementa significativamente su precio. Los precios aquí señalados pueden considerarse como de investigación, tomando en cuenta que la generación de este tipo de información significará la optimización de la recolección de semillas forestales a mediano plazo.

Jaquish (1997), cuyo trabajo se incluye en la recopilación de Vargas et al (32), se refiere a este punto cuando indica que *"Con frecuencia un buen año de producción de semilla proveerá las cantidades adecuadas de semilla a bajo costo para satisfacer los requerimientos de plantación de varios años"*.

La inversión efectuada en este tipo de investigaciones es muy alta y refleja el interés del BANSEFOR – INAB en el desarrollo de proyectos científicos que contribuyan a fortalecer el sector forestal desde una perspectiva técnica que permita el uso sostenible de los bosques.

## 7. Conclusiones

- 7.1 La producción de semillas para *Pinus oocarpa* en El Pinalón fue de 0.005 a 0.069 Kg/árbol y de 1.795 Kg/ha, en La Brea fue de 0.005 a 0.05 Kg/árbol y de 0.58 Kg/ha. Para *Pinus tecunumanii* la producción fue de 0.00015 a 0.002 Kg/árbol y de 0.06 Kg/ha en San Jerónimo y de 0.0003 a 0.0129 Kg/árbol y 0.21 Kg/ha en Chuacús mientras que para *Pinus maximinoi* fueron obtenidos de 0.012 a 0.173 Kg/árbol y 3.57 Kg/ha en La Coyotera y de 0.002 a 0.05 Kg/árbol y 1.39 Kg/ha en San Andrés.
- 7.2 La variación de la producción de semillas entre árboles individuales es alta ( $CV > 50\%$ ) en todas las fuentes analizadas, alcanzando valores máximos ( $CV=112.35$  y  $CV=82.84$ ) en los rodales de *Pinus tecunumanii* y mínimos ( $CV=68.71$  y  $CV=55.45$ ) en los rodales de *Pinus maximinoi* lo que pudo deberse a condiciones particulares de cada especie y procedencia y a la variabilidad genética de las poblaciones muestreadas.
- 7.3 Bajo las condiciones específicas de esta investigación las relaciones entre frutos y semillas se presentaron así: para *Pinus oocarpa* es necesario recolectar 310.38 Kg de frutos para obtener 1 Kg de semillas en El Pinalón y 312 en La Brea. Para *Pinus tecunumanii* deben recolectarse 1341.82 Kg de frutos en San Jerónimo y 590.23 en Chuacús para obtener 1 Kg de semillas. Para *Pinus maximinoi* es necesario recolectar 354.78 Kg de frutos en La Coyotera y 598.5 en San Andrés para obtener 1 Kg de semillas. Lo que significa que las actividades de recolección resultan más eficientes en las procedencias evaluadas de *P. oocarpa* y menos eficientes en las de *P. tecunumanii*.

- 7.4 El nivel de producción de semillas de todas las especies evaluadas en 1999 presenta una variación significativa en relación al obtenido en 1997, siendo este último mayor que el anterior lo que en cierta medida sugiere el comportamiento de la periodicidad de la producción de semillas en las especies evaluadas.
- 7.5 Los porcentajes de germinación han variado significativamente entre los lotes de semilla obtenidos en las fuentes evaluadas oscilando entre 56.75% y 91.75%. Los mayores porcentajes de germinación (81.5% y 91.75%) fueron obtenidos con las semillas de *Pinus oocarpa* y los menores (56.75% y 61%) con las semillas de *Pinus maximinoi*.
- 7.6 Existen relaciones alométricas estadísticamente significativas entre altura y peso de semillas para *Pinus oocarpa* y entre peso de frutos y el peso de semillas para *Pinus tecunumanii* y *Pinus maximinoi*.
- 7.7 El factor determinante en el cálculo de los costos unitarios por kilo de producción de semillas es el volumen de cosecha obtenido, ya que la oscilación de este elemento es más drástica que la del resto de variables a considerar.
- 7.8 Hay una relación entre el volumen de cosecha y el costo por kilo en las fuentes evaluadas. El mayor rendimiento obtenido (en La Coyotera, 1.071 Kg) correspondió al costo más bajo por kilo ( Q4356.55). Lo que sugiere la importancia del volumen cosechado en la estimación de los costos de la recolección.

## **8. Recomendaciones.**

- 8.1 Continuar el monitoreo de las especies incluidas en esta investigación para completar la descripción de sus hábitos de periodicidad durante al menos 3 años para contar con la descripción del ciclo de producción de semillas y garantizar la planificación oportuna de las actividades de recolección.
- 8.2 Recolectar la mayor cantidad posible de semillas durante los años de alta productividad para aprovechar los volúmenes altos de cosecha disminuyendo los costos y aumentando las reservas de semillas.
- 8.3 Dar seguimiento al ensayo de modelos matemáticos utilizando un mayor número de observaciones con el propósito de determinar de mejor forma el comportamiento de las relaciones alométricas entre variables para contar con instrumentos técnicos que aumenten la eficiencia de las actividades que significa la obtención de semillas forestales.
- 8.4 Realizar estudios sistemáticos similares en otras especies de interés, sobre todo en aquellas que han sido consideradas prioritarias por el Instituto Nacional de Bosques.
- 8.5 Integrar los resultados de esta investigación a los esfuerzos nacionales de conservación y uso sostenible de los recursos genéticos forestales.

## 9. Bibliografía

1. AGUILAR, I. 1961. Pinos de Guatemala. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 33 p.
2. BUCH, M.S. 1992. Manual sobre el proceso de análisis de semillas forestales. Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura. 52 p.
3. BURLEY, J.; WOOD, P.J. 1979. Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los trópicos. Reino Unido, Universidad de Oxford, Instituto de Forestería de la Comunidad de Naciones Británicas. 297 p.
4. CIRERA, M.; RAFART, S. 1993. Manual de ortografía de la lengua española. España, ed. Verón. 286 p.
5. CENTRO DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE SEMILLAS FORESTALES. (Nic.). 1995. Familia Pinaceae: *Pinus oocarpa* Schiede, pino ocote. Nota Técnica no. 5. Nicaragua. 5 p.
6. CURSO REGIONAL DE GERENCIA DE BANCOS DE SEMILLAS. 1998. Notas del curso. Antigua Guatemala, Guatemala, DANIDA-CATIE.  
Sin Publicar.
7. CHAPETÓN M., G.A. 1988. Estadística descriptiva. 8 ed. Guatemala, ed. Piedra Santa. 197 p.
8. CRUZ, J. R. De La. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
9. ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS FORESTALES DE HONDURAS. 1981. Recolección de semillas forestales. Tegucigalpa, Honduras. 67 p.
10. ESCOBEDO L., M. A. 1995. Índices de sitio para *Pinus pseudostrobus* Lindl. En los departamentos de Chimaltenango y Sololá. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 81 p.
11. ESPAÑA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1976. Reglas internacionales para ensayos de semillas. Madrid, España, Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. 184 p.
12. FLORES V., E. M. 1994. La planta: Estructura y función. 2 ed. Cartago, C. R. 504 p.
13. GIRON H., J. L. 1998. Distribución del volumen por producto para *Pinus maximinoi* H. E. Moore, en los departamentos de Alta y Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 70 p.
14. GONZÁLEZ R., B. H.; ALVAREZ C., V. M. 1998. Introducción al uso del sistema SAS. In Congreso Nacional de Estadística (1., 1998, Guatemala). Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Centro de Estadística y Cálculo. 29 p.



15. IPINZA, R.H. 1998. Mejoramiento genético forestal. Serie Técnica no, 42. Colombia, Ministerio de Agricultura. 162 p.
16. JARA, L.F. 1998. Identificación y selección de fuentes semilleras. In Curso Nacional Selección y Manejo de Fuentes Semilleras (1998, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala). Guatemala, CATIE. p. 22-29.
17. JARA, L.F. 1998. Mejoramiento genético forestal. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques. Banco de Semillas Forestales. (Comunicación personal).
18. KOLOTELO, D. 1997. Anatomy & morphology of conifer tree seed. Canada, British Columbia, Ministry of Forests. Forest Nursery Technical Series 1.1 60 p.
19. LITELL, R.C.; FREUND, R. J.; SPECTOR, P. C. 1991. SAS; System for linear models. 3 ed. E.E.U.U., SAS Institute. 329 p.
20. LÓPEZ P., G.; LÓPEZ P., J. 1993. Introducción al micro SAS: Aplicación al análisis de experimentos agrícolas. Turrialba, C.R., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Unidad de Informática y Bioestadística. 127 p.
21. MITTAK, W. L. 1978. Manual 2 para la recolección de semillas forestales. Documento de Trabajo no. 4. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 43 p.
22. NICARAGUA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. 1994. Pino/pinabete *Pinus maximinoi* H. E. Moore. Pinaceae; especies para reforestación. Nota Técnica no. 31. Nicaragua. 6 p.
23. PETERS, R. 1977. Tablas de volumen para las especies de coníferas de Guatemala. Documento de Trabajo no. 17. Guatemala, PNUD/FAO. 162 p.
24. RUANO, 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.
25. SALAZAR, R. 1996. Importancia de las fuentes semilleras. In Curso para profesores: Mejoramiento genético, selección y manejo de fuentes semilleras y de semillas forestales. Turrialba, C. R., CATIE. 5 p.
26. SALAZAR, R. 1998. Informe final: I Fase Septiembre de 1992 – Diciembre de 1997. Turrialba, C. R., PROSEFOR/DANIDA. CATIE. 13 p.
27. SIMOENSEN, J. P. 1996. Guide to book-keeping and budgeting at a tree seed centre. In Management of a tree seed centre. Dinamarca, Danida Forest Seed Centre. 42 p.
28. SPIEGEL, M. 1991. Estadística. 2 ed. Trad. Rafael Hernández. México, McGraw Hill. 556 p.
29. STUBSGAARD, F.; BAADSGAARD, J. 1992. Planeación de recolección de semillas. Dinamarca, CATIE. 25 p.

30. STYLES, B. T.; HUGHES, C. E. 1983. Studies of variation in Central American Pines III. Notes on the taxonomy and nomenclature of the pines and related gymnosperms in Honduras and adjacent latin american republics. Oxford, Reino Unido, Instituto de Forestería de la Commonwealth, Departamento de Forestería. 23 p.
31. VASQUÉZ V., R. A. 1994. Inventario forestal y plan de manejo de la Finca La Coyotera, San Martín Jilotepeque, Chimaltenango. Guatemala, s.n. s.p.
32. VARGAS H., J.J.; BERMEJO, V. F. ; LEDIG, T. eds. 1997. Manejo de recursos genéticos forestales. Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo, Colegio de Postgraduados, Montecillo. División de Ciencias Forestales. 252 p.
33. VILLEE, C.A. 1963. Biología. 2 ed. Argentina, Universitaria de Buenos Aires. 719 p.
34. WILLAN, R. L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales con especial referencia a los trópicos. Italia, Danida/FAO. 502 p.
35. ZOBEL, B.; TALBERT, J. 1994. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Trad. Manuel Guzmán Ortiz. México, Limusa. 545 p.
36. ZÚÑIGA, R. A. 1996. Producción y rendimiento de semilla de cuatro especies forestales latifoliadas en Guatemala. Proyecto de tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 44 p.

Sin Publicar.



vº. Bº.

*Myriam De La Roca*

## 10. Apéndice

**10.1 Costos detallados de la recolección y procesamiento de las semillas obtenidas en las fuentes evaluadas**

**Cuadro 25 A. Costos detallados de la recolección y el procesamiento de las semillas de *Pinus oocarpa* obtenidas en El Pinalón, San Pedro Pinula, Jalapa.**

Especie		<i>Pinus oocarpa</i>	
Fecha		18/II/99	
Rendimiento (Kg)		0.359	
Insumos Directos		Personal Directo	
Tipo	Costo (Q)	Actividad	Costo (Q)
Combustible	56.43	Cosecha	284.17
Viáticos	300.00		
Hospedaje	140.00	Procesamiento	1033.32
Depreciación de Vehículo	13.70	Laboratorio	50.00
<b>Total</b>	<b>510.13</b>	<b>Total</b>	<b>1367.49</b>
<b>Insumos Directos</b>		510.13	
<b>Personal Directo</b>		1367.49	
<b>Costos Indirectos de Producción Aplicados</b>		169.05	
<b>Total</b>		2046.67	
<b>Costo por Kilogramo</b>		5701.03	

**Cuadro 26 A. Costos detallados de la recolección y el procesamiento de las semillas de *Pinus oocarpa* obtenidas en La Brea, Quezada, Jutiapa.**

Especie		<i>Pinus oocarpa</i>	
Fecha		19/II/99	
Rendimiento (Kg)		0.175	
Insumos Directos		Personal Directo	
Tipo	Costo (Q)	Actividad	Costo (Q)
Combustible	58.87	Cosecha	284.17
Viáticos	300.00		
Hospedaje	140.00	Procesamiento	1033.32
Depreciación de Vehículo	13.70	Laboratorio	50.00
<b>Total</b>	<b>512.57</b>	<b>Total</b>	<b>1367.49</b>
<b>Insumos Directos</b>		<b>512.57</b>	
<b>Personal Directo</b>		<b>1367.49</b>	
<b>Costos Indirectos de Producción Aplicados</b>		<b>82.41</b>	
<b>Total</b>		<b>1962.47</b>	
<b>Costo por Kilogramo</b>		<b>11214.11</b>	

**Cuadro 27 A. Costos detallados de la recolección y el procesamiento de las semillas de *Pinus tecunumanii* obtenidas en San Jerónimo, Baja Verapaz.**

Especie		<i>Pinus tecunumanii</i>	
Fecha		25/II/99	
Rendimiento (Kg)		0.019	
Insumos Directos		Personal Directo	
Tipo	Costo (Q)	Actividad	Costo (Q)
Combustible	57.65	Cosecha	568.34
Viáticos	600.00		
Hospedaje	160.00	Procesamiento	1033.32
Depreciación de Vehículo	27.40	Laboratorio	50.00
<b>Total</b>	<b>817.65</b>	<b>Total</b>	<b>1651.66</b>
<b>Insumos Directos</b>		817.65	
<b>Personal Directo</b>		1651.66	
<b>Costos Indirectos de Producción Aplicados</b>		8.95	
<b>Total</b>		<b>2478.26</b>	
<b>Costo por Kilogramo</b>		<b>130434.73</b>	

**Cuadro 28 A. Costos detallados de la recolección y el procesamiento de las semillas de *Pinus tecunumanii* obtenidas en Chuacús, Baja Verapaz.**

Especie		<i>Pinus tecunumanii</i>	
Fecha		3/III/99	
Rendimiento (Kg)		0.0627	
Insumos Directos		Personal Directo	
Tipo	Costo (Q)	Actividad	Costo (Q)
Combustible	58.46	Cosecha	852.51
Viáticos	700.00		
Hospedaje	320.00	Procesamiento	1033.32
Depreciación de Vehículo	41.10	Laboratorio	50.00
<b>Total</b>	<b>1119.56</b>	<b>Total</b>	<b>1935.83</b>
<b>Insumos Directos</b>		<b>1119.56</b>	
<b>Personal Directo</b>		<b>1935.83</b>	
<b>Costos Indirectos de Producción Aplicados</b>		<b>29.52</b>	
<b>Total</b>		<b>3084.91</b>	
<b>Costo por Kilogramo</b>		<b>49201.12</b>	

**Cuadro 29 A. Costos detallados de la recolección y el procesamiento de las semillas de *Pinus maximinoi* obtenidas en La Coyotera, San Martín Jilotepeque, Chimaltenango.**

Especie		<i>Pinus maximinoi</i>	
Fecha		22/III/99	
Rendimiento (Kg)		1.071	
Insumos Directos		Personal Directo	
Tipo	Costo (Q)	Actividad	Costo (Q)
Combustible	46.28	Cosecha	1160.85
Viáticos	1350.00		
Hospedaje	480.00	Procesamiento	1033.32
Depreciación de Vehículo	41.10	Laboratorio	50.00
<b>Total</b>	<b>1917.38</b>	<b>Total</b>	<b>2244.17</b>
<b>Insumos Directos</b>		1917.38	
<b>Personal Directo</b>		2244.17	
<b>Costos Indirectos de Producción Aplicados</b>		504.32	
<b>Total</b>		4665.87	
<b>Costo por Kilogramo</b>		4356.55	

**Cuadro 30 A. Costos detallados de la recolección y el procesamiento de las semillas de *Pinus maximinoi* obtenidas en San Andrés, San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.**

Especie		<i>Pinus maximinoi</i>	
Fecha		29/III/99	
Rendimiento (Kg)		0.451	
Insumos Directos		Personal Directo	
Tipo	Costo (Q)	Actividad	Costo (Q)
Combustible	86.88	Cosecha	773.90
Viáticos	2100.00		
Hospedaje	270.00		
Depreciación de Vehículo	27.40	Procesamiento	1033.32
		Laboratorio	50.00
<b>Total</b>	<b>2484.28</b>	<b>Total</b>	<b>1857.22</b>
<b>Insumos Directos</b>		<b>2484.28</b>	
<b>Personal Directo</b>		<b>1857.22</b>	
<b>Costos Indirectos de Producción Aplicados</b>		<b>212.37</b>	
<b>Total</b>		<b>4553.87</b>	
<b>Costo por Kilogramo</b>		<b>10097.27</b>	

### 10.2 Boletas utilizadas para obtener la información de campo y de laboratorio

Las boletas empleadas durante el desarrollo de la investigación se incluyen a continuación:





**BANCO DE SEMILLAS FORESTALES -BANSEFOR-  
REGISTRO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO**

LOTE: \_\_\_\_\_ NOMBRE CIENTÍFICO: \_\_\_\_\_ NOMBRE COMÚN: \_\_\_\_\_ No. de ANÁLISIS: \_\_\_\_\_  
 PROSEDENCIA: \_\_\_\_\_ Peso Ingreso: \_\_\_\_\_ gr. Peso Egreso: \_\_\_\_\_ gr.  
 ANALISTA: \_\_\_\_\_ Fecha de Recolección: \_\_\_\_\_ Fecha de Ingreso al Lab.: \_\_\_\_\_

**ANÁLISIS DE PUREZA**

Repetición:	Repetición A		Repetición B	
Peso Inicial:				
Componentes.	gr.	%	gr.	%
Semilla Pura.				
Materia Inerte.				
<b>Suma</b>				

Diferencia: \_\_\_\_\_  
 Tolerancia: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

**PESO DE MIL SEMILLAS**

Rep.	Peso (gr)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
<b>Suma</b>	
<b>Promedio</b>	
<b>1000 sem</b>	
<b>C.V.*</b>	

\*C.V. Debe ser menor que 4

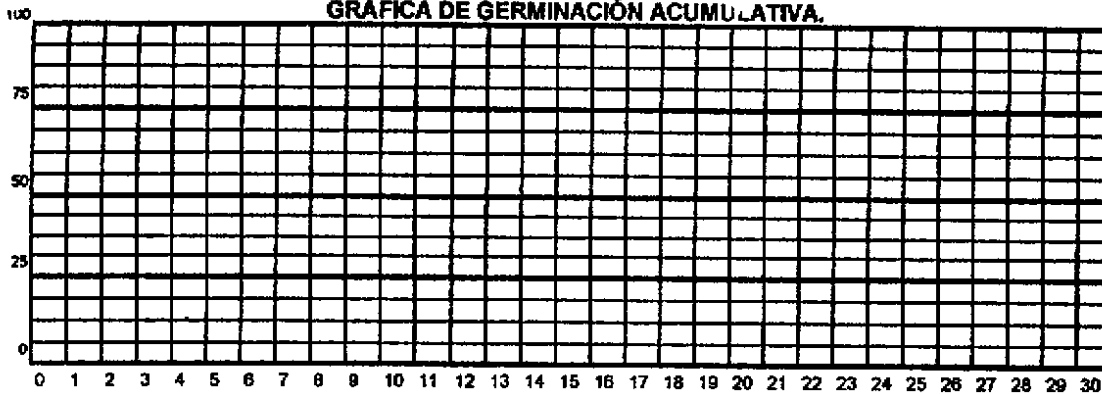
**CONTENIDO DE HUMEDAD.**

Rep.	Peso	Peso Seco	% Humedad
1			
2			
<b>PROMEDIO</b>			

Diferencia: \_\_\_\_\_  
 Tolerancia: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

Fecha	Sustrato	No. Semillas	NUMERO DE DIAS. ANÁLISIS DE GERMINACIÓN.																												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Temp °C	Fotoperiodo																														

**GRÁFICA DE GERMINACIÓN ACUMULATIVA.**



No. de Semillas Puras/Kg.	No. de Semillas Puras + Impurezas/Kg.	% Germinación	No. Semillas Viables/Kg.	% Corte	Energía Germinativa/días

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



Ref. Sem.016-2000

FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "SEGUNDA ESTIMACION DE LA PRODUCCION Y EL RENDIMIENTO DE SEMILLAS DE CUATRO ESPECIES DE CONIFERAS EN OCHO FUENTES SEMILLERAS DE GUATEMALA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JOSE PABLO PRADO CORDOVA

CARNET No. 9210039

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello  
Ing. Agr. Francisco J. Vásquez Vásquez  
Ing. Agr. Alvaro G. Hernández Dávila  
Ing. Agr. Guillermo A. Soria Cabrera

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


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

  
Ing. Agr. Julio Gustavo López Payés  
A S E S O R

  
Dr. Luis Mejía de León  
Director a.i. del IIA.



I M P R I M A S E

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



cc:Control Académico  
IIA.  
Archivo  
LM/prr.

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