

Departamento de Agricultura
de los Estados Unidos

Servicio Forestal

Estación Experimental
Bosque Sur

Nueva Orleans, Luisiana

Informe Técnico General
SO-107

Septiembre de 1994

Curso de capacitación sobre tecnología de semillas de árboles

Manual del estudiante

F. T. Bonner, J. A. Vozzo, W. W. Elam y S. B. Land Jr.



ÍNDICE

Introducción	...4
Objetivos del curso	...4
Alcance	...4
Fuentes de información y ayuda técnica	...4
Biología	...7
I. Floración, polinización y maduración de la semilla	...7
II. Latencia de la semilla	...12
III. Germinación	...14
Recolección	...18
I. Genética y origen de las semillas	...19
II. Producción	...21
III. Operaciones de recolección	...22
IV. Madurez	...24
V. Cuidado posterior a la recolección	...25
Manipulación	...29
I. Secado y extracción	...30
II. Limpieza y mejora	...31
III. Principios de almacenamiento	...32
IV. Aplicaciones de almacenamiento	...34
Evaluación de la calidad	...39
I. Muestreo	...40
II. Contenido de humedad	...41
III. Pureza y peso	...43
IV. Pruebas de germinación	...44
V. Pruebas rápidas: Corte, manchas vitales, extirpación del embrión y peróxido de hidrógeno	...46
VI. Pruebas rápidas: Rayos X y conductividad en lixiviado	...47
VII. Pruebas de vigor	...49
Protección	...51
I. Insectos	...52
II. Patógenos	...53
Fundamentos para viveros	...55
I. Sistemas de producción	...56
Programas de semillas	...58
I. Programas nacionales	...59
II. Centros de semillas	...60
III. Etiquetado y certificación	...61
IV. Conservación de germoplasma	...63
IV. Investigación aplicada	...64
Ejercicios de laboratorio	...67
Literatura citada	...78

Curso de capacitación sobre tecnología de semillas de árboles

Manual del estudiante

F. T. Bonner, J. A. Vozzo, W. W. Elam y S. B. Land, Jr.¹

F.T. Bonner y J.A. Vozzo son fisiólogos de plantas de supervisión y fisiólogo de plantas de investigación, respectivamente, Departamento de Agricultura de los EEUU, Servicio Forestal, Estación de Experimentos del Bosque Sur, Starkville, MS 39759; W.W. Elam y S.B. Land, Jr., son profesores de silvicultura, Universidad Estatal de Mississippi, Estado de Mississippi, MS 39762. En colaboración con: Programa de Semillas de Árboles Forestales, Departamento de Silvicultura, Estación Agrícola y de Experimentos Forestales de Mississippi, y la Universidad Estatal de Mississippi.

OBJETIVOS DEL CURSO

El objetivo del curso es brindar un entendimiento básico en los siguientes temas:

- A. Ciclos reproductivos, desde la floración hasta la germinación de la semilla.
- B. Origen de la semilla.
- C. Recolección de la semilla.
- D. Madurez de la semilla.
- E. Recolección y cuidado posterior.
- F. Extracción, limpieza y acondicionamiento de la semilla.
- G. Problemas de insectos y enfermedades.
- H. Almacenamiento de semillas.
- I. Muestreo de lote de semillas.
- J. Pruebas de humedad, pureza, peso, germinación y vigor.
- K. Estimaciones de viabilidad rápida.
- L. Resultados de pruebas de semilla.
- M. Manejo de semillas en viveros.
- N. Programas de semillas.
- O. Etiquetado y certificación de semillas.
- P. Conservación de germoplasma.
- Q. Diseño de centro de semillas y dotación de personal.
- R. Investigación aplicada de semillas.

ALCANCE

El énfasis de este curso es en las especies de árboles indígenas, de diversos usos apropiadas para la silvicultura y la agrosilvicultura rural. Sin embargo, se incluyen las exóticas debido a que las exóticas de rápido crecimiento tienen un lugar definitivo en los programas forestales.

FUENTES DE INFORMACIÓN Y AYUDA TÉCNICA

Las fuentes de información y ayuda técnica incluyen publicaciones, libros de referencia, organizaciones internacionales, organizaciones regionales e instituciones de investigación.

Publicaciones

Seed Science and Technology
International Seed Testing Association (ISTA)
Reckenholz, P.O. Box 412, CH-8046
Zurich
Switzerland

Journal of Seed Technology
Association of Official Seed Analysts (AOSA)

Seed Abstracts
CAB International Information Services
Wallington, Oxon OX 10 8 DE
UK

Agroforestry Abstracts
(mismo que el anterior)

New Forests
Dra. Mary Dureya, Editora
Departamento de Silvicultura
118 N-A Hall
University of Florida
Gainesville, FL 32611
EUA

Indian Forester
(incluye artículos sobre tecnología de semillas)

Indian Journal of Forestry
(incluye artículos sobre tecnología de semillas)

Journal of Tropical Forest Science
Business Manager
Forest Research Institute of Malaysia
P.O. Box 201
Kepnog, 52109 Kuala Lumpur
Malaysia

Commonwealth Forestry Review
Commonwealth Forestry Institute
11 Keble Road
Oxford
UK

Pakistan Journal of Forestry
Editor
P.O. Pakistan Forestry Institute
Peshawar, N.W.F.P.
Pakistan

Canadian Journal of Forestry Research
Editor
Forestry Canada
P.O. Box 490
Sault Ste. Marie, Ontario P6A 5M7
Canada

Forest Science
Society of American Foresters
5400 Grosevenor Lane
Bethesda, MD 20814-2198 EUA

Libros de referencia

Los siguientes libros de referencia proporcionan información y ayuda técnica:

Bewley y Black 1982
Chin y Roberts 1980
Murray 1984a, b
Schopmeyer 1974
Von Carlowitz 1986
Willan 1985

Organizaciones internacionales

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

Delegación de Desarrollo de Recursos Forestales
División de Recursos Forestales
Via delle Terme di Caracalla
I-00100 Roma
Italia

Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO)

Secretaría
Schonbrunn
A-1131 Viena
Austria

Grupo del Proyecto de Problemas de Semilla IUFRO

Presidente actual: Dr. D.G. Edwards
Forestry Canada
Pacific Forestry Center
506 West Burnside Road
Victoria, BC V8Z 1M5
Canada

International Seed Testing Association (ISTA)

Secretaría ISTA
Reckenholz, P.O. Box 412
CH-8046 Zurich
Switzerland

Organizaciones regionales

F/FRED Coordinating Unit

c/o Kasetsart University
Faculty of Forestry
P.O. Box 1038, Kasetsart Post Office
Bangkok 10903
Thailand

Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD)

Dirección de Agricultura y Alimentación
Paris, Francia

Instituciones de investigación

ASEAN-Canada Forest Tree Seed Centre

Mauk Lek, Saraburi
Thailand

Nitrogen Fixing Tree Association

P.O. Box 680
Waimanalo, HI 96734
USA

Centro Mundial de Agrosilvicultura (ICRAF)

P.O. Box 30677
Nairobi
Kenia

DANIDA Forest Seed Centre

Krogerupvej 3^a
DK 3050, Humlebaek
Denmark

Forest Research Centre

P.O. Box HG 595
Highlands, Harare
Zimbabwe

Centre National de Semences Forestieres

PB 2682, Ouagadougou
Burkina Faso

CSIRO Division of Forest Research

P.O. Box 4008
Queen Victoria Terrace
ACT 2600, Canberra
Australia

Commonwealth Forestry Institute (CFI)

University of Oxford
Department of Forestry
Oxford
UK

Servicio Forestal del USDA

Unidad de Investigación de Semillas de Árboles
Laboratorio de Ciencias Forestales
P.O. Box 906
Starkville, MS 39759
EUA

Servicio Forestal del USDA

Laboratorio Nacional de Semillas de Árboles
Rt. 1, Box 182-B
Dry Branch, GA 31020
EUA

**Centro Agronómico Tropical de Investigación y
Enseñanza (CATIE)**

Turrialba
Costa Rica

Petawawa National Forestry Institute

Box 2000
Chalk River, Ontario K0J 1J0
Canada

I. Floración, polinización y maduración de semilla

A. Introducción

El conocimiento de la biología de las semillas de una especie de árbol es fundamental para la producción exitosa y manejo de las semillas. Debe conocerse el ciclo de vida sexual para planificar la mejora genética, la producción, la recopilación, el acondicionamiento, el almacenamiento y la siembra de semillas.

B. Objetivos

1. Definir los términos comunes que se usan para describir los ciclos de vida de las plantas.
2. Describir el ciclo sexual general, la estructura de las flores, la estructura de las semillas y el origen del fruto de las gimnospermas.
3. Describir el ciclo sexual general, la estructura de las flores, la estructura de las semillas y el origen del fruto de las angiospermas.
4. Identificar las principales diferencias entre los ciclos sexuales de las angiospermas y las gimnospermas.
5. Describir el desarrollo general de los frutos y las semillas.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son fundamentales para entender la floración, la polinización y la maduración de la semilla:

1. El ciclo de vida de una planta es el tiempo necesario para crecer de cigoto a producir semilla; existen dos ciclos de desarrollo – un ciclo sexual y un ciclo asexual.
2. El conocimiento del ciclo sexual es necesario para:
 - a. Programas de cultivo de árboles.
 - b. Manejo del huerto de semillas.
 - c. Recolección de semilla.
 - d. Acondicionamiento y almacenamiento de semilla.
 - e. Manejo de viveros.
3. El ciclo de vida de las gimnospermas sigue este orden:
 - a. Semilla desnuda.
 - b. Plántula.
 - c. Esporófito maduro.
 - d. Estróbilo (coníferas).
 - e. Células madre de la microspora y megaspora.
 - f. Meiosis.
 - g. Microspora y megaspora.
 - h. Gametofitos masculinos y femeninos.
 - i. Polinización.
 - j. Fecundación singular.
 - k. Cigoto y tejido gametofítico.

l. Embrión.

m. Semilla desnuda en la escama del cono femenino.

4. El ciclo de vida de las angiospermas difiere del ciclo de vida de las gimnospermas en que tiene:
 - a. Semillas encerradas en el fruto (ovario maduro).
 - b. Flores verdaderas en lugar de estróbilo.
 - c. Doble fecundación.
 - d. Tejido triploide en el endospermo en lugar de tejido gametofítico femenino haploide en la semilla.

D. Definición de términos

1. **Ciclo de vida**—tiempo necesario para desarrollarse de cigoto a producir semilla.
2. **Genotipo**—la composición genética del núcleo de una célula o de un individuo.
3. **Fenotipo**—la apariencia externa de un organismo.
4. **Mitosis**—división celular nuclear (y por lo general celular) en la que los cromosomas se duplican y dividen para producir dos núcleos idénticos al original.
5. **Meiosis**—dos divisiones nucleares consecutivas en la que el número de cromosomas se divide en dos y se produce la segregación genética.
6. **Polinización**—transferencia de granos de polen de la antera o el microsporofilo al estigma u óvulo.
7. **Fecundación**—fusión del esperma y el óvulo (también del esperma con dos núcleos polares para formar el endospermo en las angiospermas).
8. **Diploide (2N)**—dos juegos de cromosomas en el núcleo de la célula.
9. **Haploide (1N)**—un juego de cromosomas en el núcleo de la célula.
10. **Fruto**—ovario maduro, a veces incluye parte de las flores que rodea a la semilla en las angiospermas.
11. **Semilla**—óvulo maduro que consiste de un embrión, su almacén de suministro de alimento y recubrimiento protector.
12. **Semilla madura**—semilla que puede desprenderse de un árbol sin dañar su germinación.

E. Ciclos de vida

Es necesario un entendimiento del ciclo de vida debido a que

1. Los sistemas sexuales y asexuales reproducen poblaciones genéticamente diferentes.
2. El conocimiento del ciclo asexual es necesario antes de que pueda utilizarse la propagación vegetativa.

3. El conocimiento del ciclo sexual es necesario para cultivar árboles y producir semillas exitosamente.
- F. Ciclos sexuales de las angiospermas y gimnospermas
1. **Todas las especies de árboles** son plantas productoras de semillas (división, Espermatofita) y pertenecen a la clase Gymnospermae o Angiospermae.
 - a. Las semillas de las angiospermas están encerradas en carpelos.
 - b. Las semillas de las gimnospermas se dan desnudas en las escamas.
 - c. Las semillas de las gimnospermas no coníferas se generan individualmente.
 2. **Ciclo de vida de las gimnospermas** (Fig. 1).
 - a. Esprofofita.

- (1) Brote reproductivo corto.
 - (2) Cono estaminado (masculino).
 - (3) Cono ovulado (femenino).
 - (4) Las gimnospermas pueden ser monoicas (estróbilo femenino y masculino en el mismo árbol) o dioicas (el árbol sólo tiene un sexo).
- c. Meiosis y gametofitos.
- d. Fecundación.
- e. Semilla (Fig. 2).
 - (1) Se desarrolla a partir del óvulo fecundado.
 - (2) Contiene un embrión (cotiledón, hipocótilo, radícula), cubierta, tejido de almacenamiento y en ocasiones, una ala.
- f. Fruto.
 - (1) Las gimnospermas no tienen “frutos”

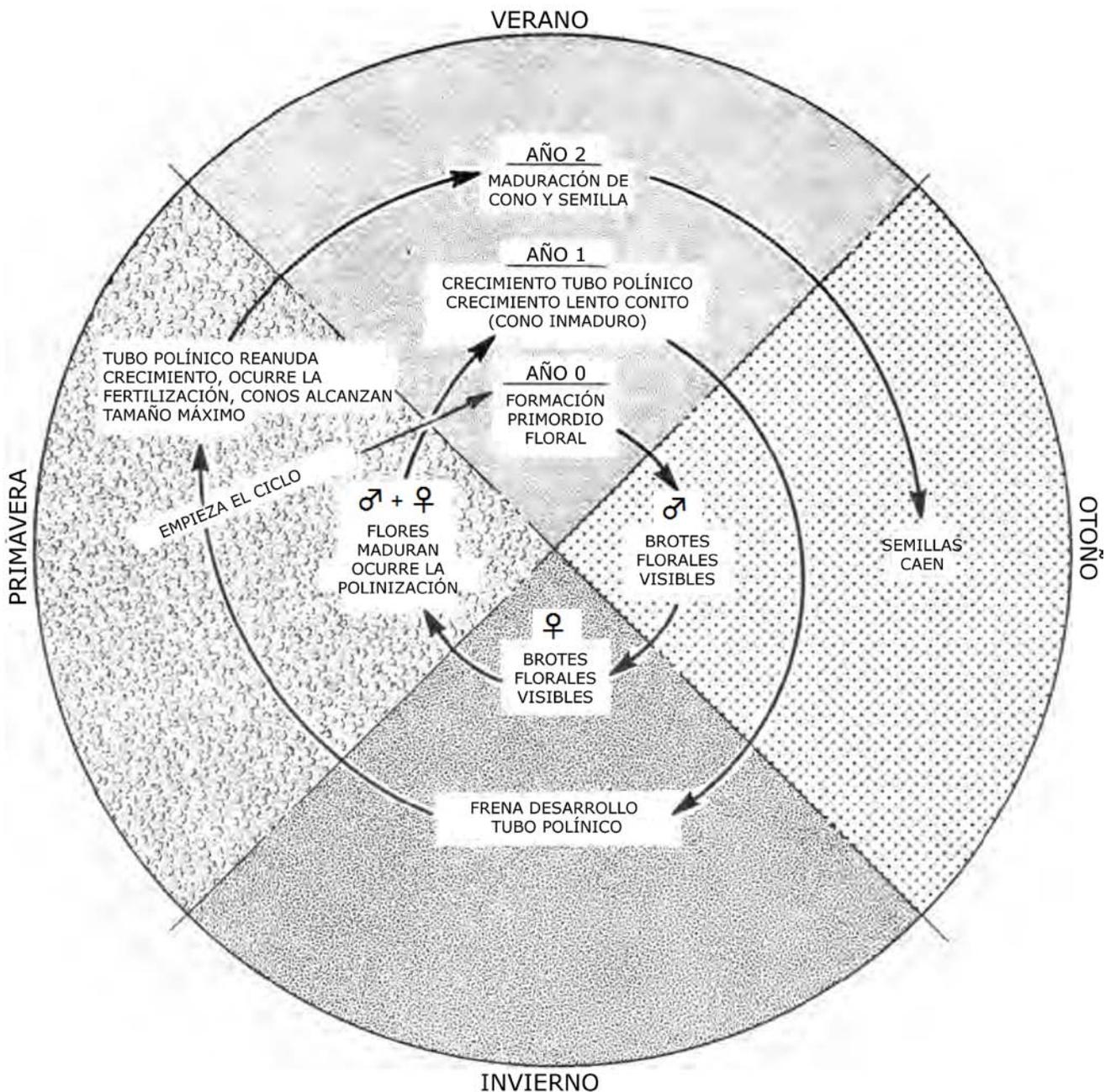


Figura 1. — Ciclo de vida de una gimnosperma (*Pinus sp.*) (Bonner 1991b).

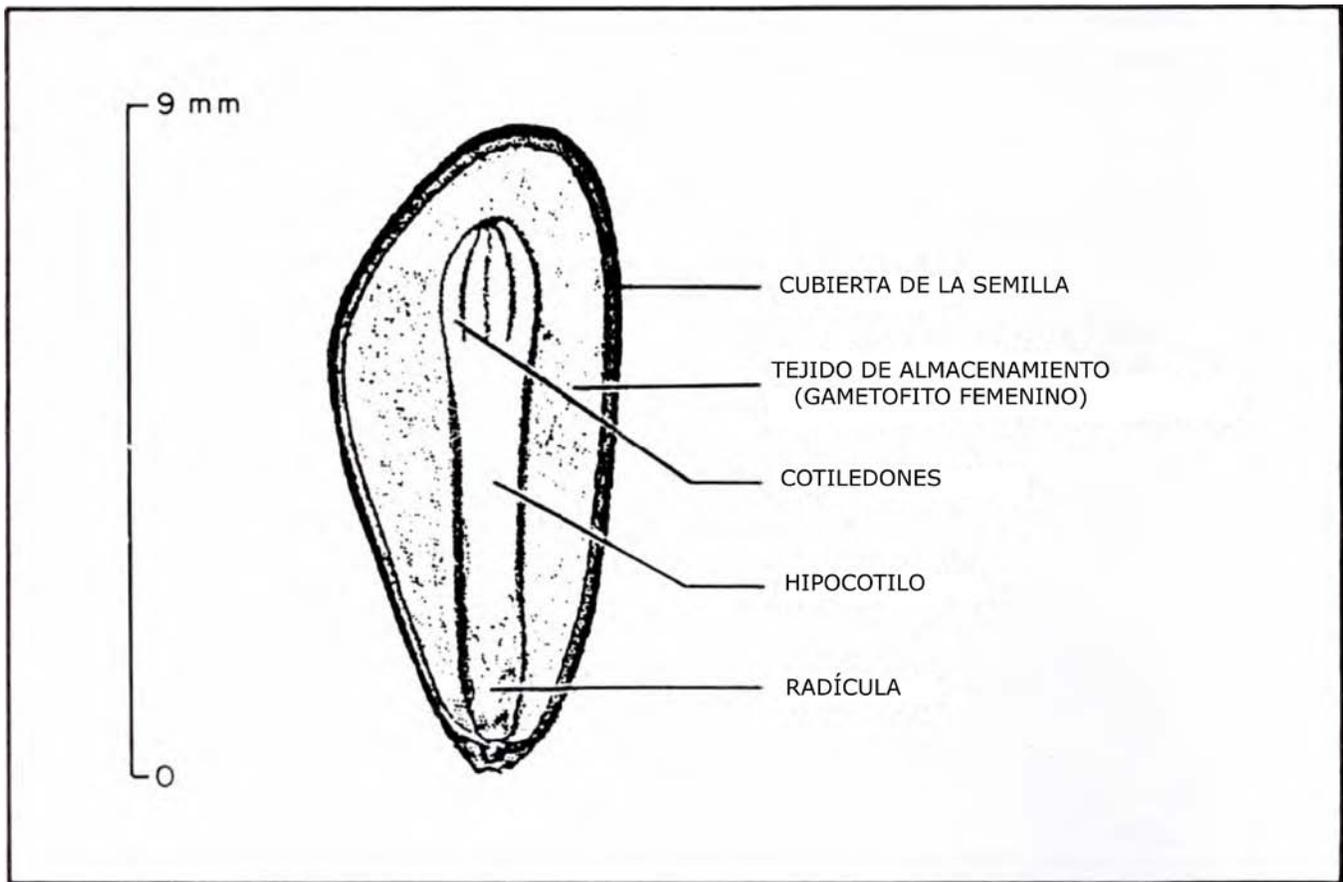


Figura 2. — Corte transversal de una semilla típica madura de gimnosperma (*Pinus ponderosa*) (adaptada de Krugman y Jenkinson 1974).

(2) Las semillas de las gimnospermas están rodeadas de las siguientes estructuras:

- (a) Conos ovulados secos (p. ej., *Abies*, *Araucaria*, *Cupressus*, *Pinus* y *Tsuga*).
- (b) Estructuras carnosas ariladas (p. ej., *Ginkgo*, *Taxus* y *Torreya*).
- (c) Conos ovulados parecidos a una baya (p. ej., *Juniperus*).

3. Ciclo de vida de las angiospermas.

a. Esporofita.

b. Flor—brote corto con hojas estériles y reproductivas.

(1) Las hojas estériles incluyen:

- (a) Sépalos.
- (b) Pétalos.
- (c) Perianto.

(2) Las hojas reproductivas incluyen:

- (a) Estambre (masculino).
- (b) Carpelo (femenino).
- (c) Pistilo, un término colectivo que describe las estructuras femeninas visibles.

(3) Receptáculo.

(4) Existen flores perfectas, flores imperfectas y flores polígamas.

c. Meiosis y gametofitos.

d. Fecundación.

e. Semillas.

(1) Se desarrollan a partir de los óvulos doblemente fecundados.

(2) Contienen un embrión (cotiledón, hipocótilo, radícula), tejido de almacenamiento, cubierta, y en ocasiones otras capas.

(3) Puede ser endospermicas o no endospermicas.

f. Fruto.

(1) Se desarrolla a partir del ovario maduro.

(2) Encierra a la semilla (óvulo maduro).

(3) Difícil de separar de las semillas.

4. **Ciclos sexuales**—Los ciclos sexuales de las gimnospermas y las angiospermas se diferencian de cuatro formas:

a. En las gimnospermas, las semillas no se encuentran encerradas en el ovario, las flores son unisexuales; en las angiospermas, las semillas se generan en un ovario cerrado, las flores son perfectas o imperfectas.

b. Las angiospermas tienen flores verdaderas, pero las gimnospermas tienen estróbilos (conos).

c. La doble fecundación se lleva a cabo en las

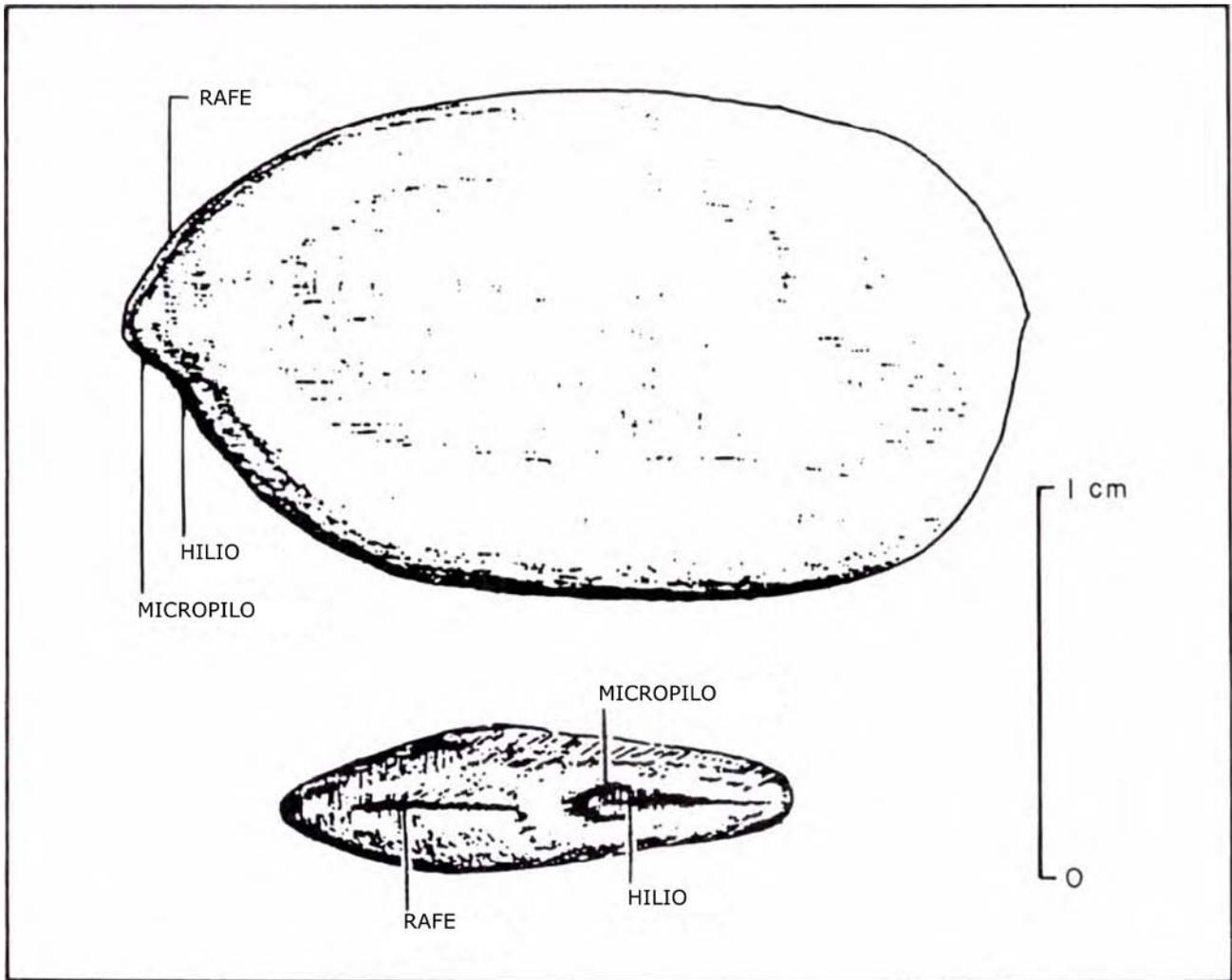


Figura 3. — *Morfología externa de una semilla típica de leguminosa de Schizolobium parahybiun (adaptada de Triviño y otros 1990).*

angiospermas; la fecundación individual en las gimnospermas.

- d. En las gimnospermas, el embrión en desarrollo se nutre por el gametofito femenino haploide; en las angiospermas, se nutre de los cotiledones diploides, del hipocótilo del embrión, del endospermo triploide o de la nucela diploide.

G. Desarrollo de la semilla y del fruto

1. Desarrollo físico

a. Angiospermas

- (1) La polinización y la fecundación provocan:
 - (a) La formación del embrión y del endospermo.
 - (b) La división y aumento de las células.
- (2) Las legumbres tienen:
 - (a) Un pistilo sencillo con un ovario superior con una cavidad (lóculo) (Fig. 3).
 - (b) Cubiertas compuestas de una cutícula histológicamente densa, células en columna radial, células del esclerénquima, lignina, y células osteoesclereidas.

- (3) Los términos estructurales con relación a la cubierta se definen de la siguiente manera (Fig. 4):

- (a) **Cutícula**—Capa cerosa en las paredes exteriores de las células de la epidermis.
- (b) **Lignina**—Componente orgánico de células asociado con la celulosa.
- (c) **Línea clara**—Capa delgada continua de glóbulos de cera.
- (d) **Osteoesclereidas**—Esclerénquima en forma de hueso.
- (e) **Células en empalizada**—Células alargadas perpendiculares a la superficie de la cubierta.
- (f) **Parénquima**—No diferenciado, células vivas.
- (g) **Esclerénquima**—Células gruesas lignificadas.

- b. Gimnospermas—Muchas coníferas florecen y maduran semillas en una temporada de crecimiento, algunas necesitan dos y pocas tres.

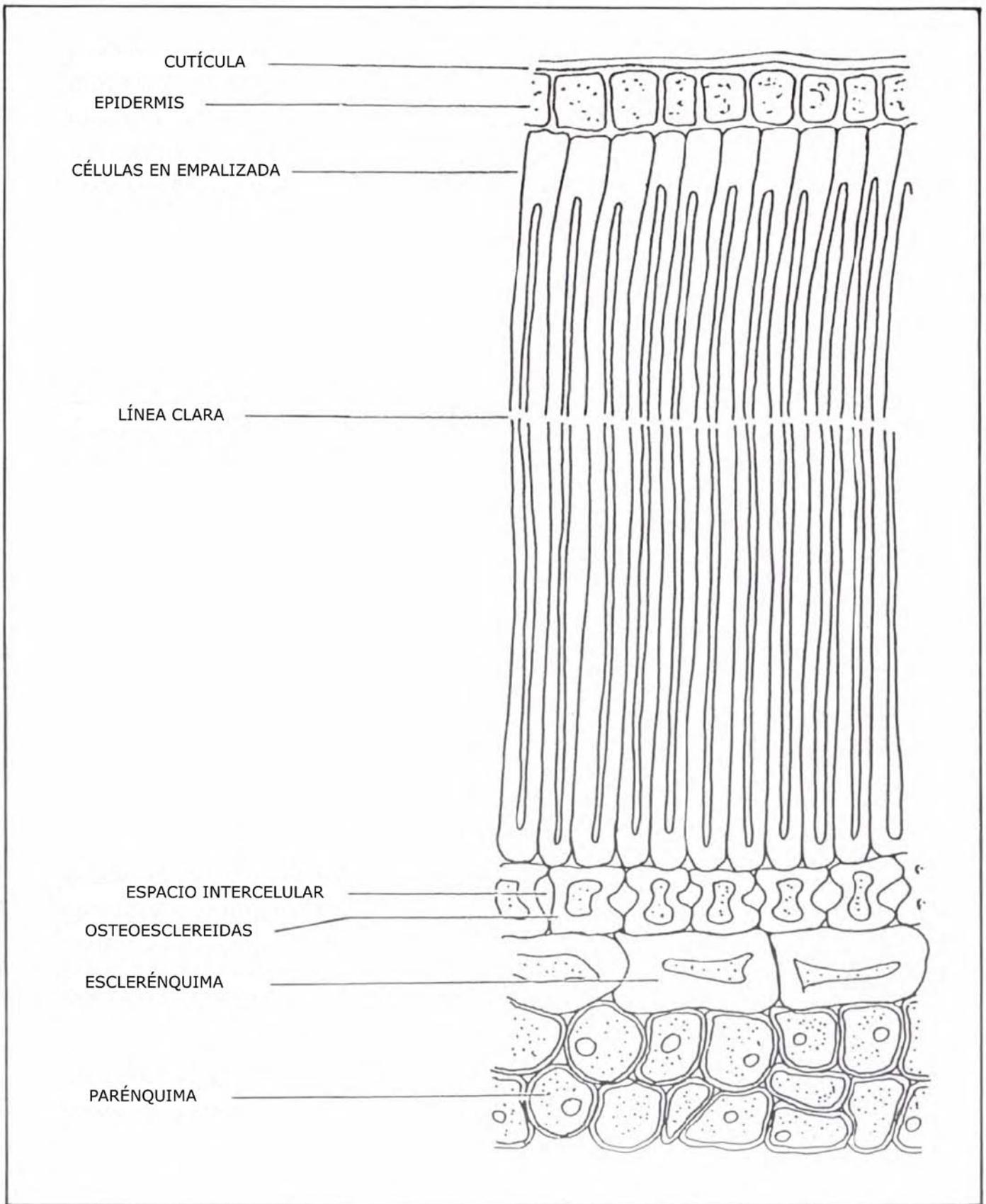


Figura 4. — *Sección parcial a través de la cubierta de una semilla dura (leguminosa).*

2. Desarrollo fisiológico

- El contenido de humedad aumenta rápidamente después de la fecundación y disminuye en la madurez.
- Los contenidos hormonales son más altos donde hay una mayor actividad meristemática.
- Los cambios metabólicos son muchos; azúcares simples, ácidos grasos y aminoácidos se convierten en proteínas, aceites y lípidos.

3. Clasificación de los frutos maduros (Tabla 1.).

H. Fuentes

Para información adicional, ver Dogra 1983; Hardin 1960; Hartmann y otros 1983, cap. 3, pág. 59-65; Krugman y otros 1974; Willan 1985, pág. 7-10, 13-15.

II. Latencia de la semilla

A. Introducción

Una vez que las semillas maduran, la supervivencia de las especies requiere que germinen en un momento y espacio favorable para el crecimiento y la supervivencia de las plántulas. El mecanismo que

impide la germinación en momentos no deseados se denomina latencia. Antes de poder desarrollar prácticas para superar la latencia, debe conocerse la mecánica de la latencia de las semillas a fin de garantizar la germinación oportuna y el crecimiento uniforme de las plántulas.

B. Objetivos

- Describir los diferentes tipos de latencia de la semilla.
- Analizar los métodos para superar la latencia de las semillas, tanto para pruebas de germinación como para las actividades del vivero.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son fundamentales para comprender la latencia de las semillas:

- En gran medida, la latencia se encuentra bajo control genético.
- Las condiciones ambientales durante la madurez de la semilla pueden influenciar el grado de latencia.
- Las semillas pueden tener más de un tipo de mecanismo de latencia.

Tabla 1. — *Tipos de frutos comunes de árboles leñosos (adaptado de Hardin 1960).*

Descripción	Tipo	Ejemplo
Fruto sencillo (producto de un solo pistilo)		
Dehiscente (se abre naturalmente)		
Producto de un carpelo		
Dehiscente por una sutura	Folículo	<i>Zanthoxylum</i>
Dehiscente por dos suturas	Legumbre	<i>Acacia, Prosopis, Robinia</i>
Producto de dos o más carpelos	Cápsula	<i>Eucalyptus, Populus</i>
Indehiscente (no se abre naturalmente)		
Epicarpio carnoso o áspero		
Pericarpio completamente carnoso	Baya	<i>Vaccinium, Diospyros</i>
Pericarpio heterogéneo		
Epicarpio con corteza áspera	Hesperidio	<i>Citrus</i>
Epicarpio carnoso		
Endocarpio como "piedra"	Drupa	<i>Prunus, Vitex, Tectona</i>
Endocarpio cartilaginoso	Pomo	<i>Malus, Crataegus</i>
Epicarpio seco (como papel, leñoso o fibroso)		
Fruto con alas	Sámara	<i>Triplochiton, Terminalia, Acer</i>
Fruto sin alas		
Ovario de un lóculo; membrana delgada, semilla pequeña	Aquenio	<i>Platanus, Cordia</i>
Ovario de varios lóculos; membrana gruesa, semilla grande	Nuez	<i>Quercus</i>
Fruto compuesto (producto de múltiples pistilos)		
Pistilos de una sola flor	Conjunto	<i>Magnolia</i>
Pistilos de flores diferentes (inflorescencia)	Múltiple	<i>Platanus</i>

4. El medio ambiente posterior a la cosecha puede generar una latencia secundaria.
 5. La diferencia entre “latencia” y “germinación retardada” no siempre es evidente.
 6. Para evitar dañar las semillas, primero debe probarse el tratamiento menos riguroso para superar la latencia.
- D. Definición de los términos (Bonner 1984a)
1. **Sobremaduración**—Proceso fisiológico en las semillas después de la cosecha o corte que ocurre antes, y a menudo necesario para la germinación o reanudación del crecimiento bajo condiciones ambientales favorables.
 2. **Latencia**—Estado fisiológico en el que la semilla predispuesta a germinar no lo hace, aún bajo condiciones ambientales favorables.
 3. **Enfriamiento**—Exposición de las semillas al frío y a la humedad para inducir la sobremaduración.
 4. **Preenfriamiento**—Tratamiento frío y húmedo aplicado a las semillas para acelerar la sobremaduración o superar la latencia antes de sembrarlas o germinarlas en el laboratorio.
 5. **Pretratamiento**—Cualquier tipo de tratamiento aplicado a las semillas para superar la latencia y acelerar la germinación.
 6. **Escarificación**—debilitación de la cubierta, generalmente por abrasión mecánica o bien a breve remojo en ácidos fuertes, a fin de aumentar su permeabilidad al agua y los gases o para disminuir su resistencia mecánica a los embriones hinchados.
 7. **Estratificación**—Colocación de las semillas en un medio húmedo, a menudo en capas alternadas, para acelerar la sobremaduración o para superar la latencia; se aplica comúnmente a cualquier técnica que mantenga a las semillas en un ambiente frío y húmedo.
 8. **Germinación retardada**—Término general aplicado a las semillas que no germinan inmediatamente pero que no son lo suficientemente lentas para considerarse latentes.
- E. Tipos de latencia
1. **Latencia de la cubierta de la semilla (o externa).**
 - a. Impermeabilidad a la humedad o los gases; p. ej., *Acacia*, *Prosopis*, *Robinia* y otras leguminosas.
 - b. Resistencia mecánica a los embriones hinchados; p. ej., *Pinus* y *Quercus*.
 2. **Latencia del embrión (o interna).**
 - a. Sustancias inhibitorias; p. ej., *Fraxinus*, *Ilex* y *Magnolia*.
 - b. Inmadurez fisiológica; p. ej., *Juniperus virginiana*.
 3. **Latencia morfológica** es la que resulta cuando el embrión no se desarrolla completamente; p. ej., *Ilex opaca*, algunas especies de *Fraxinus* y *Pinus*.
4. **Latencia secundaria** es la que resulta de la acción, del tratamiento o daño a las semillas; p. ej., la exposición de *Pinus taeda* a altas temperaturas o a la humedad durante el almacenamiento.
 5. **Latencia combinada** es la que resulta de dos o más factores primarios, como la latencia de la cubierta de la semilla y la latencia del embrión, p. ej., *Tilia*.
 6. **Latencia doble** es la que resulta de la latencia del embrión en la radícula y en el epicótilo; p. ej., *Prunus*.
- F. Superar la latencia
1. **Latencia de la cubierta**—El tratamiento debe aumentar la absorción de humedad y el intercambio de gases y facilitar la emergencia de la radícula.
 - a. Remojo en agua fría—Remojar las semillas en agua a temperatura ambiente de 24 a 48 horas.
 - b. Remojo en agua caliente—Hervir agua, añadir las semillas, retirar del calor y dejar remojar hasta que el agua se enfríe.
 - c. Alambre caliente—Utilizar una aguja caliente o un cautín para quemar un pequeño orificio a través de la cubierta.
 - d. Tratamiento con ácido—Verter ácido mineral fuerte sobre las semillas y mezclar (de preferencia ácido sulfúrico). Retirar las semillas después de un tiempo determinado por pruebas y muestras, por lo general de 15 a 60 minutos, y lavarlas perfectamente para eliminar el ácido.
 - e. Escarificación física—Rajar o romper la cubierta dura.
 - (1) Usando métodos manuales (hendidura).
 - (2) Usando métodos mecánicos para operaciones de gran escala.
 2. **Latencia del embrión**—El tratamiento debe superar las barreras fisiológicas de las semillas.
 - a. Estratificación (enfriamiento, preenfriamiento)—Refrigerar las semillas completamente empapadas de 1 a 5 °C de 1 a 6 meses (Tabla 2.).
 - (1) Se concluye la inhibición.
 - (2) Se activan los sistemas enzimáticos.
 - (3) Los alimentos almacenados cambian a formas solubles.
 - (4) El inhibidor/promotor equilibra el cambio.
 - b. Incubación/estratificación—Para algunas especies, proporcionar una incubación corta, cálida (15 a 20 °C), seguida por una estratificación fría.
 - c. Tratamiento químico.

Tabla 2. — *Periodos recomendados de preenfriamiento para siembra en vivero de algunos pinos del sur de los Estados Unidos (Bonner 1991b).*

Especie de pino	Siembra normal*		Siembra temprana	Condiciones de la semilla	
	Semilla fresca	Semilla almacenada		Latencia profunda	Vigor bajo
			Preenfriamiento (Días)	-----	
<i>Pinus strobus</i>	30-60	60	60-90	60-90	30
<i>P. taeda</i>	30-60	30-60	60	60-90	20-30
<i>P. palustris</i>	0	0		0-15	0
<i>P. rigida</i>	0	0-30			...
<i>P. serotina</i>	0	0-30			
<i>P. clausa</i>					
var. <i>immuginata</i>	0-15	0-21			
var. <i>clausa</i>	0	0			
<i>P. echinata</i>	0-15	0-30	15-30	30-60	0
<i>P. elliotti</i>					
var. <i>elliotti</i>	0	0-30		15-30	0
var. <i>densa</i>	30	0-30			
<i>P. glabra</i>	30	30			
<i>P. virginiana</i>	0-30	30	30		

* Siembra en la primavera cuando la temperatura promedio del suelo a profundidad de la semilla es al menos 10 °C.

' Siembra temprana cuando las temperaturas del suelo a profundidad de la semilla pueden estar por debajo de 10 °C.

Latencia demostrada con pares de pruebas o desempeño anterior del lote de semillas.

Condiciones que no se encontraron con estas especies.

(1) Peróxido de hidrógeno—Remojar durante 48 horas en solución de 1 por ciento (p. ej., *Pseudotsuga menziesii*).

(2) Ácido cítrico—Remojar durante 48 horas en solución de 1 por ciento, seguido por una estratificación de 90 días (p. ej., *Juniperus*, *Taxodium distichum*).

(3) Giberelinas.

(4) Etileno.

d. Luz—La latencia se supera con un mecanismo de luz roja/roja lejana.

G. Importancia

1. **Estrategia de supervivencia**—La latencia permite la germinación en condiciones ambientales favorables.
2. **Factor genético**—En muchas semillas la latencia corresponde a un control genético.
3. **Múltiples causas**—Probablemente muchas especies han evolucionado con más de un mecanismo de latencia.
4. **Influencia ambiental**—Las condiciones del clima durante la madurez pueden aumentar el grado de latencia.

H. Fuentes

Para mayor información, ver Khan 1984; Krugman y otros 1974; Murray 1984b; Nikolaeva 1967; Willan 1985, p. 17-19, cap. 8.

III. Germinación

A. Introducción

Las metas de la tecnología de las semillas son la germinación exitosa y el establecimiento de la plántula. Las dos principales consideraciones son la fisiología de la semilla y la condición del medio ambiente. En las dos secciones anteriores, se consideraron la madurez y la latencia de la semilla. En esta sección se estudiarán los factores ambientales y cómo controlan la germinación a través de sus interacciones con la biología de la semilla.

B. Objetivos

1. Describir los dos tipos de germinación y su importancia en plantas leñosas.
2. Revisar los requisitos ambientales para la germinación.
3. Revisar los cambios fisiológicos de las semillas que conducen a la germinación.

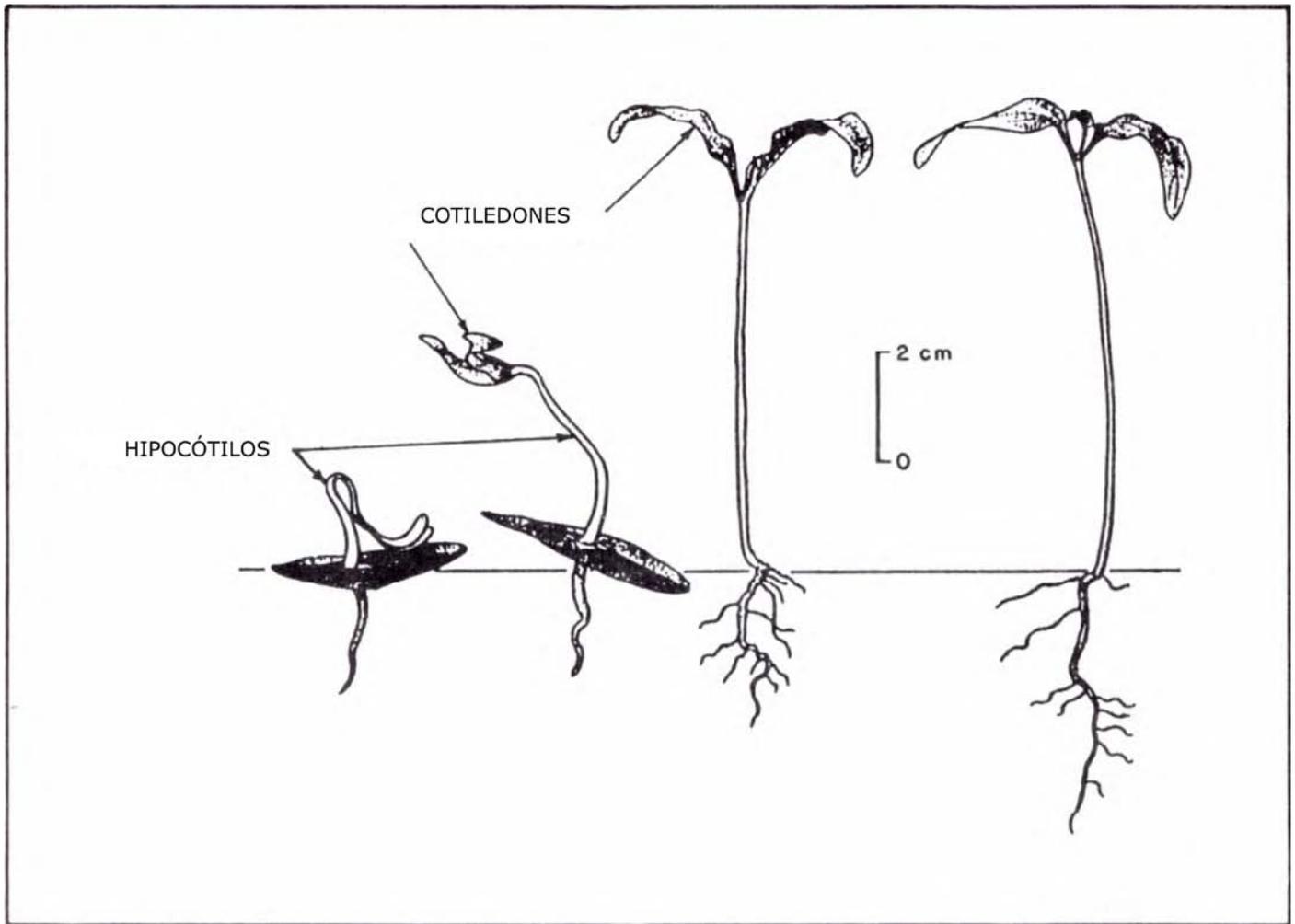


Figura 5. — *Secuencia de la germinación epigea de Fraxinus sp. (adaptada de Bonner 1974).*

4. Discutir la manera en que la fisiología de las semillas y los factores ambientales interactúan con la germinación.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son fundamentales para entender la germinación.

1. Los dos tipos de germinación son epigea e hipogea.
2. La disponibilidad de humedad es el principal factor que controla la germinación.
3. Los efectos de temperatura y luz sobre la germinación están estrechamente relacionados.
4. Los regímenes de temperatura constante y alterna pueden conducir a una germinación total parecida, pero la germinación por lo general es más rápida bajo regímenes alternos.
5. Cuando la germinación empieza, la clave para los procesos internos es el cambio de metabolitos insolubles a solubles. Los detalles de dicho metabolismo van más allá del alcance de este curso.

D. Tipos de germinación

1. **Epigea** es la germinación que se produce cuando

los cotiledones se fuerzan sobre el suelo por el alargamiento del hipocótilo (Fig. 5); p. ej., *Pinus*, *Acacia*, *Fraxinus* y *Populus*.

2. **Hipogea** es la germinación que se produce cuando los cotiledones permanecen bajo el suelo mientras se alarga el epicótilo (Fig. 6); p. ej., *Juglans*, *Quercus* y *Shorea*.
3. En *Prunus*, pueden ocurrir ambos tipos de germinación.

E. Requisitos ambientales para la germinación

Los cuatro requisitos ambientales para la germinación son humedad, temperatura, luz y gases.

1. **Humedad**

- a. Por lo general la imbibición se considera el primer paso en la germinación; por lo tanto, el primer requisito para la germinación es la disponibilidad de humedad.
- b. La respuesta típicamente ocurre en las siguientes tres fases:
 - (1) Fase inicial rápida, principalmente física.
 - (2) Segunda fase extremadamente lenta.
 - (3) Tercera fase rápida que ocurre cuando el metabolismo se vuelve muy activo.

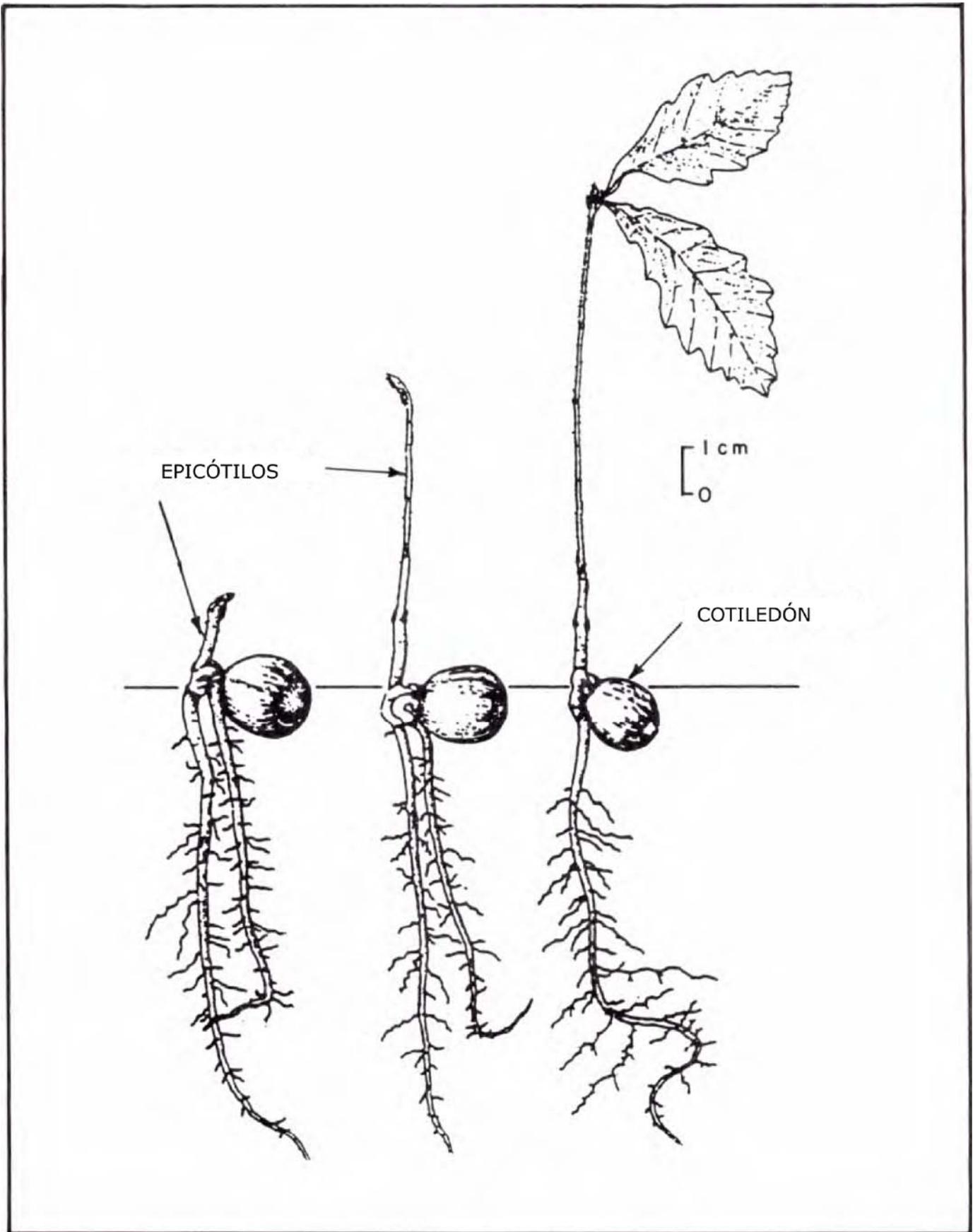


Figura 6. — *Secuencia de la germinación hipogea de Quercus sp. (adaptada de Olson 1974).*

c. La primera fase es imbibicional.

- d. Se necesita un estado mínimo de hidratación.
- e. Con frecuencia se estudian los requisitos mínimos para la germinación con soluciones osmóticas de manitol y polietilenglicol.
 - (1) La mejor germinación puede producirse a una ligera provocación de humedad (0.005 a 0.500 bar).
 - (2) Incluso los potenciales de agua ligeramente menores reducirán, pero no detendrán, la germinación.
 - (3) Los niveles críticos de potencial de agua varían según la especie.

2. Temperatura

- a. Es difícil separar los efectos de la temperatura de los de la luz y la humedad.
- b. Para las plantas leñosas, la germinación por lo general se produce a una amplia gama de temperaturas.
- c. El límite superior de temperatura es de aproximadamente 45 °C.
- d. El límite inferior es de 3 a 5 °C debido a que el proceso de germinación se produce a casi bajo cero.
- e. Las temperaturas óptimas varían poco:
 - (1) Para las especies de zonas templadas, alternar regímenes de 20 °C (noche) y 30 °C (día) está comprobado ser lo mejor para muchas especies.
 - (2) Para las especies tropicales, aunque existen pocos estudios críticos, para algunas es mejor la temperatura constante; p. ej., *Azadirachta indica*, 25 °C; *Bombax ceiba*, 25 °C; *Eucalyptus camaldulensis*, 30 °C; *Leucaena leucocephala*, 30 °C. A otras especies les va bien o incluso mejor a temperaturas alternas; p. ej., *Acacia* spp., *Cedrela* spp. Y pinos tropicales.

3. Luz

- a. La luz estimula la germinación de muchas semillas de árboles pero es necesaria para pocas.
- b. El fitocromo es un pigmento que participa en el fotocontrol de la germinación.
- c. Los niveles de luz mínima en las pruebas de germinación deben ser de 750 a 1,250 lux.

4. Gases

- a. La respiración requiere cierto suministro de oxígeno y el dióxido de carbono producido debe eliminarse.
- b. Algunas especies germinan bien en condiciones anaeróbicas.
- c. Los patrones de consumo de oxígeno en las semillas son similares a los de la humedad.
- d. Necesitan estudiarse muchos aspectos de la influencia de los gases en la germinación.

F. Cambios fisiológicos internos

1. **Cambios estructurales**—La imbibición es un precursor para el metabolismo necesario.
2. **Enzimas**—Algunos sistemas están presentes en semillas secas; otras se sintetizan conforme la imbibición continúa.
3. **Movilización de la reserva alimenticia**—Por lo general las formas insolubles (carbohidratos, lípidos y proteínas) se convierten a formas solubles (en cierta forma a la inversa de las tendencias de madurez).
4. **Ácidos nucleicos**—Estos compuestos son esenciales para la formación de nuevas enzimas.
5. **Translocación**—El movimiento de materiales dentro del embrión es crucial.

G. Fuentes

Para mayor información, ver Bonner 1972, Mayer y Poljakoff-Mayber 1975, Murray 1984b, Stanwood y McDonald 1989, Willan 1985.

RECOLECCIÓN

I. Genética y origen de las semillas

A. Introducción

La calidad de las semillas implica tanto la calidad genética como la fisiológica de las semillas. En esta sección se presentan los principios y métodos generales para seleccionar el origen de las semillas y el mejoramiento de la calidad de las semillas a través de la selección genética. El mejoramiento genético de la calidad de la semilla se basa en la habilidad de la misma para producir árboles genéticamente adecuados para los sitios donde se sembrarán y para los productos deseados. En las siguientes secciones se considerará la calidad fisiológica de las semillas. Las buenas semillas son aquellas que tienen alta calidad fisiológica e idoneidad genética.

B. Objetivos

1. Reconocer la importancia del origen de las semillas (procedencia) y recomendar reglas generales para el traslado de semillas.
2. Revisar las ventajas y desventajas de las especies exóticas de árboles y de los híbridos interespecíficos para el mejoramiento de los árboles.
3. Definir los factores que deben considerarse al iniciar un programa de mejoramiento de árboles.
4. Identificar las condiciones necesarias para el mejoramiento genético de las semillas de los árboles (concepto de ganancia genética).
5. Distinguir entre una estrategia inicial mínima de mejoramiento genético y una estrategia máxima a largo plazo.
6. Identificar algunos términos y conceptos de la nueva biotecnología para el mejoramiento genético.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos clave son esenciales para comprender el origen de las semillas y el mejoramiento genético:

1. Un programa exitoso de mejoramiento de árboles no debe probarse en otro país o región sin considerar los productos deseados o los sitios disponibles.
2. Es necesario el conocimiento del fenotipo y genotipo para comprender el mejoramiento genético de los árboles.
3. La ecuación de ganancia genética explica las ventajas de un método de mejoramiento sobre otro.
4. Las ganancias genéticas pueden obtenerse de la selección entre especies, procedencias dentro de las especies, y árboles dentro de procedencias.

5. El principal riesgo de utilizar exóticas o procedencias no locales es la siembra en sitios poco adecuados.
6. Las siembras de prueba son el único método seguro para determinar la calidad genética de las semillas.
7. Sin resultados de las siembras de prueba, la regla más segura es utilizar semillas de grupos de árboles seleccionados fenotípicamente o árboles de procedencia local para las especies nativas o autóctona para las especies exóticas.
8. El concepto de huerto semillero tiene dos partes—el programa de cultivo y el programa de producción.
9. Los programas de huertos semilleros implican pruebas de progenie y selección para la siguiente generación avanzada de mejoramiento genético.
10. Los programas de producción de los huertos semilleros se administran para maximizar la producción de semillas a través de tratamientos de protección y culturales.

D. Mejoramiento de los árboles

1. **El mejoramiento de los árboles** es el desarrollo y la aplicación de árboles genéticamente mejorados y de prácticas culturales intensivas para mejorar la productividad de los bosques a través de la regeneración artificial.
2. **Los programas de mejoramiento de los árboles** son planes de acción para producir los objetivos deseados. Deben considerarse los siguientes factores cuando se inicia un programa de mejoramiento de árboles:
 - a. Productos deseados.
 - b. Sitios a regenerar.
 - c. Adaptación a los sitios de plantación.
 - d. Conservación de los recursos genéticos forestales.

E. Estrategias para el mejoramiento genético

1. Ganancia genética

- a. El mejoramiento genético (ganancia genética) se logra al:
 - (1) Tener una población de árboles con diferencias genéticas.
 - (2) Seleccionar los árboles genéticamente deseados.
- b. La cantidad de ganancia genética (R) a capturarse a partir de la selección fenotípica de los árboles progenitores para un rasgo particular es:

$$R = i V_p h^2$$

donde i = la intensidad de la selección

h^2 = la heredabilidad del rasgo

V_p = la cantidad de variación fenotípica.

- c. La ganancia puede capturarse de la selección entre las especies (R_s), la selección entre las procedencias dentro de las especies (R_p), o la selección entre árboles individuales dentro de las procedencias (R_1). La ganancia total (R_T) es la suma:

$$R_T = R_s + R_p + R_1$$

2. Selección de especies

- a. Son necesarios estudios de especies y sitios.
 b. Las especies de árboles exóticos deben utilizarse con moderación.
 c. La hibridación interespecífica puede utilizarse para obtener rasgos valiosos.

3. Origen de la semilla

- a. La procedencia hace referencia al sitio donde los árboles madre estaban creciendo y se recolectaron las semillas. El origen de la semilla es igual a la procedencia. El origen es donde los progenitores estaban creciendo en bosques naturales y donde se desarrollaron sus características genéticas a través de la selección natural.

- b. El origen “local” debe utilizarse hasta que los resultados de las pruebas de procedencia estén disponibles.

- c. Los objetivos de las pruebas de procedencia incluyen:

- (1) Patrones de mapeo de la variación genética geográfica.
- (2) Delinear los límites de procedencia.
- (3) Determinar las mejores procedencias.

- d. Los resultados generales de las pruebas de procedencia son:

- (1) La amplia transferencia de semillas es más segura cerca del centro del rango de la especie que de la orilla.
- (2) El movimiento de material debe restringirse donde los gradientes ambientales son abruptos.
- (3) Las procedencias de climas rigurosos (fríos o secos) crecen más despacio.

4. Estrategias de mejoramiento

- a. Las estrategias iniciales para un programa nuevo son:

- (1) Recopilar la información disponible.
- (2) Seleccionar entre las especies de árboles indígenas.
- (3) Seleccionar las áreas de producción de semillas dentro del origen “local” de las semillas cercano al sitio de plantación.
- (4) Eliminar los árboles fenotípicamente inferiores de las áreas de producción de

semillas.

- b. Las estrategias a largo plazo para ganancias máximas y continuas son:
- (1) Recopilar toda la información existente.
 - (2) Seleccionar varias especies para el programa.
 - (3) Realizar pruebas de procedencia.
 - (4) Seleccionar los “mejores” árboles fenotípicamente.
 - (5) Establecer un huerto semillero de primera generación.
 - (6) Realizar pruebas de la progenie.
 - (7) Eliminar los árboles genéticamente deficientes.
 - (8) Seleccionar los mejores individuos para un huerto semillero de segunda generación.
 - (9) Hacer pruebas de la progenie de las selecciones de segunda generación.

- c. Las nuevas estrategias para el mejoramiento genético son:

- (1) Transferencia génica.
- (2) Selección de células en un cultivo de células en suspensión.
- (3) Fusión de protoplastos (sin pared celular).
- (4) Variación somaclonal.

F. El programa de producción de semillas

El programa de producción puede combinarse con el programa de cultivo o mantenerse separado. El objetivo de un programa de producción de semillas es producir cantidades suficientes de semillas de alta calidad genética para cumplir con las necesidades de semillas.

1. Áreas de producción de semillas (APS)

- a. Los grupos existentes pueden manejarse para producir semillas.
 b. Las APS se utilizan de manera provisional.
 c. Las APS pueden utilizar procedencias superiores.
 d. Las APS pueden proporcionar semillas para especies secundarias.
 e. La calidad genética de las semillas se mejora al:
- (1) Eliminar los árboles no deseados.
 - (2) Establecer una zona de dilución de polen.
- f. La producción de semilla se aumenta al:
- (1) Hacer menos denso el grupo.
 - (2) Fertilizar.
 - (3) Establecer caminos de acceso.

2. **Huerto semillero**—Un huerto semillero es una colección de árboles seleccionados ya establecidos y que crecieron juntos bajo un intenso manejo para la producción de semillas genéticamente mejoradas.

- a. Existen dos tipos de huertos:

- (1) Huertos semilleros de plántulas.
- (2) Huertos semilleros clonales.
- b. La calidad genética de las semillas aumenta al:
 - (1) Reducir la endogamia.
 - (2) Establecer una zona de dilución de polen.
 - (3) Separar procedencias en diferentes huertos.
- c. La producción de los huertos puede aumentarse al:
 - (1) Elegir buen suelo y buenas condiciones climáticas.
 - (2) Espaciar lo suficiente para las copas de los árboles.
 - (3) Fertilizar.
 - (4) Irrigar.
 - (5) Arar.
 - (6) Proteger contra insectos.
 - (7) Proteger las flores de las heladas tardías de primavera (irrigación con agua fría).
 - (8) Garantizar una polinización masiva complementaria.

G. Fuentes

Para mayor información, ver Burley y Styles 1976, Khosla 1982, Nienstadt y Snyder 1974, Rudolf y otros 1974, Wright 1976, Zobel y Talbert 1984, Zobel y otros 1987.

II. Producción

A. Introducción

La mayor parte de los programas de plantación de árboles se inician al recolectar semillas de fuentes dentro del país, de grupos naturales como de plantíos. Para planificar estas recolectas de manera eficaz, los administradores deben comprender los factores que afectan a los cultivos de semillas de árboles y conocer en general qué rendimiento debe esperarse de las semillas. Con esta información básica pueden surgir oportunidades para estimular la producción de semillas en áreas clave, como los huertos semilleros o grupos de semillas con manejo.

B. Objetivos

1. Reconocer el problema de la periodicidad de la producción de semillas en los árboles.
2. Aprender cómo afectan los factores ambientales a la producción de semillas.
3. Aprender cómo estimular la producción de semillas en los árboles.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son esenciales para comprender la producción de semilla:

1. Muchas especies de árboles dan buenas cosechas en ciclos.
2. La producción tiene menor frecuencia a altas

latitudes y altas altitudes y entre poblaciones con muchos depredadores.

3. Los factores ambientales influyen en la producción de flores, la polinización y la madurez de la semilla.
 4. Existen varias opciones disponibles para estimular la producción de semillas.
 5. Salvo para huertos semilleros de algunas especies, los datos de producción son sumamente variables.
- ### D. Periodicidad de la cosecha de semillas
1. **Especies templadas**
 - a. Muchas coníferas dan en ciclos.
 - b. Muchas angiospermas producen buenas cosechas de semilla cada año.
 - c. Conforme aumenta la latitud o altitud, el intervalo entre cosechas buenas y la frecuencia de cosechas fracasadas aumenta.
 2. **Especies tropicales**
 - a. La periodicidad puede depender de los ciclos húmedos/secos.
 - b. Algunas especies (p. ej., *Tectona grandis*) por lo general florecen cada año. Otras especies (p. ej., *Pinus kesiya*, *Cassia siamea*, *Cupressus lusitánica*, y *Delonix regia*) producen buenas cosechas casi todos los años.
 - c. Las dipterocarpaceas en Malasia dan cuantiosas cosechas irregulares de semilla a intervalos de 1 y 6 años.
 - d. Algunas especies de *eucalipto* dan cuantiosas cosechas con más regularidad cuando crecen en plantíos.
 3. **Genética**—La fecundidad es un rasgo hereditario.
 4. **Documentación**—Existen pocos estudios y datos detallados.
- ### E. Efectos del ambiente durante la floración
1. **Temperatura**
 - a. Durante los veranos calurosos, los árboles normalmente producen cuantiosas formaciones de brotes florales.
 - b. Las heladas tardías pueden destruir a las flores.
 - c. La combinación de veranos calurosos y heladas tardías sugiere que los huertos deben trasladarse a climas más cálidos (también para escapar de los insectos).
 2. **La luz** no se ha estudiado exhaustivamente. En la Zona Templada Norte, los lados sur y oeste de las copas tienen la mayor floración y cosecha de frutos.
 3. **El fotoperíodo** no parece tener un efecto directo en los árboles.
 4. **La humedad** afecta a la floración a través de:
 - a. La sequía.
 - b. Lluvia excesiva durante la polinización.

5. **Los nutrientes minerales**—El equilibrio de nitrógeno y fósforo pueden afectar a la floración.
6. **Los agentes bióticos**—Los insectos, las aves, los mamíferos y los microorganismos pueden destruir las flores. Estos agentes son muy comunes en las siguientes especies de árboles tropicales:
 - a. *Triplochiton scleroxylon*; atacada por *Apion ghanaense* (gorgojo).
 - b. *Tectona grandis*; atacada por *Pagyda salvaris larvae*.
 - c. *Pinus merkusii*; atacada por *Dioryctria* spp. (barrenadores).

F. Agentes polinizadores

1. **La polinización por viento** sucede entre todas las coníferas y en la mayoría de las maderas nobles de la Zona Templada.
 - a. La polinización por viento requiere:
 - (1) Mucho polen.
 - (2) Muda de polen que coincida con la receptividad.
 - (3) Un espaciado de las plantas relativamente cerca.
 - (4) Buen clima—poca precipitación, baja humedad y buenos vientos.
 - b. La polinización masiva complementaria (PMC) se utiliza en los huertos de pino del sur de los Estados Unidos.
 - c. La contaminación de los huertos es una preocupación.
2. **La polinización por animales**
 - a. Los insectos y los murciélagos polinizan las maderas nobles templadas y tropicales.
 - b. La polinización por animales por lo general es común en bosques tropicales con:
 - (1) Una alta diversidad de especies y un amplio espacio.
 - (2) Abundante follaje para filtrar el polen.
 - (3) Alta humedad y precipitación frecuente.
 - (4) Ausencia de fuertes estímulos de floración.
 - (5) Abundantes vectores animales.

G. Estimulación de la floración

La floración puede estimularse con varias prácticas de manejo.

1. Fertilización:

- a. Utilizar nitrógeno y fósforo principalmente, en ocasiones potasio.
- b. La irrigación al mismo tiempo puede ser útil.
- c. Las maderas nobles pueden reaccionar favorablemente; p. ej., *Haver*, *Fagus* y *Juglans*, pero los resultados han sido inconsistentes.

2. El anillado y otras heridas pueden producir “cosechas de estrés”.

- a. Los cinturones inhiben el desplazamiento hacia abajo de los carbohidratos.

- b. Algunas maderas nobles también reaccionan de manera favorable.

3. Raleo—Los beneficios del raleo son aparentes de 3 a 4 años después del tratamiento.

4. El tratamiento de regulación del crecimiento—

La aplicación de las giberelinas (GA) a las coníferas es lo más común.

- a. Lo mejor es la aplicación con atomizador de agua.
- b. La mezcla más eficaz es GA 4/7.
- c. Se inducen tanto el polen como los conos de semillas.
- d. La aplicación con atomizador se realiza al momento de la determinación de brotes.
- e. Se desconoce el modo de acción.
- f. Los tratamientos son más exitosos cuando se aplican con el anillado, la poda de raíces o el estrés por humedad.

5. La polinización masiva complementaria

(PMC)—Esta técnica se utiliza en los huertos de pino al sur de los Estados Unidos.

H. Problemas después de la fertilización

Los problemas después de la fertilización incluyen el daño a los conos por insectos, la sequía, la caída de conos y los vientos fuertes.

I. Fuentes

Para mayor información, ver Franklin 1982; Owens y Blake 1985; Rudolf y otros 1974; Whitehead 1983; Willan 1985; cap. 3; Zobel y Talbert 1984.

III. Operaciones de recolección

A. Introducción

La recolección exitosa de semillas de árbol por lo general es el resultado de una planeación temprana a detalle. Debe permitirse suficiente tiempo para planear una estrategia de recolección eficiente y práctica y para reunir los recursos necesarios para su implementación. Los elementos clave incluyen un buen cálculo del tamaño de la cosecha, el equipo adecuado y un equipo bien capacitado. Las amplias recolecciones para investigación seguramente requerirán una planeación más detallada que una recolección al por mayor de rutina y una ventaja de 1 a varios años según las circunstancias.

B. Objetivos

1. Identificar técnicas sencillas para estimar la cosecha de semillas.
2. Determinar los factores que deben considerarse al planear las recolecciones.
3. Comprender la importancia de la documentación.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son fundamentales para

planificar las operaciones de recolección:

1. Deben seleccionarse las mejores fuentes de semilla disponibles.
2. La buena planificación requiere estimaciones anticipadas de la cosecha de semilla y, más adelante, estimaciones del rendimiento de semilla por fruto.
3. La planificación de grandes recolecciones deben incluir la elección de personal, capacitación, traslado, equipo de recolección, seguridad de los trabajadores, etiquetado de los lotes de semillas, descripción de los sitios y grupos de árboles, etc.

D. Origen de la semilla

El origen de la semilla incluye las siguientes consideraciones:

1. **Origen**—El sitio del grupo natural del árbol madre original.
2. **Procedencia**—El lugar donde crecen los árboles madre que produjeron las semillas (mismo que el origen de la semilla).
3. **Autóctonos**—Exóticos que se adaptan con el tiempo a brindar fuentes mejoradas.
4. Deben desarrollarse **mapas de zonas de semilla** para todas las especies de importancia.

E. Estimación de cosecha de semilla

Las estimaciones de cosecha de semilla siempre resultan valiosas para el recolector, en especial en años cuando las semillas escasean. Las buenas estimaciones de cosecha ayudan a ampliar al equipo y material disponible. Las cosechas de semillas pueden estimarse a partir de los siguientes cinco métodos:

1. **Conteos de flores.**
2. **Conteos de fruto inmaduro y semilla.**
3. **Conteos de frutos en árboles en pie**—Este método incluye los conteos totales y el muestreo de la copa.
4. **Sistemas de clasificación.**
5. **Conteos de semillas por sección** (Tabla 3.).

F. Consideraciones de la planificación

Los pasos para planificar una recolección son:

1. **Definir los objetivos.**
2. **Reunir los datos de antecedentes:**
 - a. Buscar literatura.
 - b. Comunicarse de manera oficial y con anticipación con los servicios forestales adecuados.
 - c. Ordenar y resumir toda la información.
 - d. Realizar reconocimiento de campo.
 - e. Determinar el número de personal necesario.
3. **Recopilar datos de campo:** Información para reubicar el sitio en años futuros:
 - a. Localidad, incluyendo latitud y altitud.

- b. Orientación, pendiente, clima, suelos y especies asociadas.
- c. Descripciones de árboles individuales.
- d. Muestras de herbario.
- e. Demás datos y notas.
- f. Seguridad y etiquetado.

4. Planear el itinerario:

- a. Llegue a la región de recolección con bastante antelación de la fecha propuesta.
- b. Organice la secuencia de operaciones.
- c. Haga un horario flexible.

5. Organice el permiso del equipo y el traslado:

- a. Especifique el tipo de equipo a utilizar.
- b. Identifique las reglamentaciones gubernamentales aplicables.
- c. Sea cuidadoso entre la recopilación de semillas y su llegada a los laboratorios de semilla.

G. Equipo de recolección—Una lista completa. Los siguientes artículos son necesarios para la mayoría de las operaciones de recolección:

1. Artículos administrativos

- a. Aprobaciones de movimientos.
- b. Autoridades de recolección.
- c. Permisos para radiotransmisión.
- d. Licencias de conducir.
- e. Permisos para armas de fuego.
- f. Servicios de compra; p. ej., gasolina y aceite.

2. Literatura

- a. Mapas de caminos, topográficos y de suelos para cubrir el itinerario de la ruta de recolección.
- b. Literatura sobre el género y especie a recolectar.

3. Equipo de recolección

- a. Cuadernos, formularios de registro, bolígrafos y lápices.
- b. Binoculares.
- c. Marcadores; p. ej., listón de plástico de color.
- d. Cámara y accesorios.
- e. Instrumentos de medición de árboles; p. ej., cinta diamétrica, instrumento para medir la altura y cinta métrica.
- f. Muestreador de suelos, kit de pH y tablas de suelos.
- g. Brújula.
- h. Altímetro.
- i. Lupa.
- j. Hojas de recolección tamaño grande; p. ej., 4 x 4 m, plástico grueso o lona.
- k. Hojas de recolección tamaño chico.
- l. Bolsas para semillas de varios tamaños.
- m. Bolsas de grano grueso para despachar semillas.
- n. Equipo para cortar.
- o. Equipo de seguridad.
- p. Etiquetas impermeables.

Tabla 3. — Rendimiento de semilla sana por cono de cuatro especies de *Pinus* estimado a partir del número de semillas expuestas al diseccionar los conos longitudinalmente (Derr y Mann 1971).

Semillas sanas expuestas	<i>P. palustris</i> (Luisiana)	<i>P. taeda</i> (Luisiana)	<i>P. ellioti</i> (Luisiana)	<i>P. ellioti</i> (Georgia – Florida)	<i>P. echinata</i> (Virginia)
	----- Semillas sanas por cono -----				
2	23	31	20	31	12
4	35	44	35	50	22
6	47	57	50	69	31
8	59	70	65	87	41
10	71	83	80	106	51
12	83	96	95	124	60
14	95	109	110	143	70

- q. Etiquetas para muestras botánicas.
- r. Prensas para plantas.
- s. Papel para secar las muestras.
- t. Bolsas plásticas.
- u. Botellas para muestras con líquido conservante.
- v. Recipientes para muestras de suelo.
- w. Cordón.

H. Fuentes

Para mayor información ver Barner y Olesen 1984; Bramlett y otros 1977; Doran y otros 1983; Ministerio de Recursos Naturales de Ontario 1983; Willan 1985, cap. 3, 4, 5 + apéndices 1, 5, 6.

IV. Madurez

A. Introducción

Elegir buenos grupos de árboles para la recolección de semilla no importa si los trabajadores no calificados no pueden identificar fácilmente el fruto o la madurez de la semilla en los árboles. Si las semillas se diseminan inmediatamente al madurar, los trabajadores deben saber cuántas semillas pueden recolectarse con antelación a la madurez sin recolectar semillas que no germinarán. Si los depredadores causan grandes pérdidas en las cosechas de semillas maduras, se tiene un problema semejante. Los índices de buena madurez a menudo son la clave para una recolección exitosa.

B. Objetivos

1. Aprender los índices comunes de madurez empleados en las recolecciones de semillas de árboles.
2. Comprender cómo dichas técnicas pueden adaptarse a nuevas especies.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son fundamentales para reconocer la madurez de la semilla:

1. El contenido de humedad de la semilla es muy

importante, pero la medición directa en campo es poco práctica; pueden sustituirse las estimaciones indirectas.

2. Los cambios de color son los índices más comunes.
3. Los índices químicos son posibles pero poco prácticos.
4. La madurez artificial de las semillas inmaduras es una opción para algunas especies.

D. Recolección exitosa

Los siguientes puntos son esenciales para una recolección exitosa:

1. **Ideal biológico**—Para recolectarse en el pico de la madurez fisiológica.
2. **Recolección práctica**—En la mayoría de las operaciones de recolección, uno puede:
 - a. Recolectar semillas del suelo.
 - b. Recolectar frutos o semillas de las operaciones de tala.
 - c. Recolectar frutos maduros de árboles en pie.
 - d. Recolectar frutos de árboles en pie con antelación a la madurez de las semillas de manera artificial.

E. Recolección y diseminación

Algunas semillas pueden recolectarse después de la diseminación. Estas semillas son más que nada frutos grandes con un solo lado; p. ej., especies de *Quercus* y *Carya*. Sin embargo, las primeras semillas que caen por lo general están malas. Los trabajadores deben recolectar las semillas rápidamente antes de que los animales se las coman.

F. Otras estrategias de recolección

Otras estrategias de recolección requieren la determinación de la madurez.

G. Índices de madurez

Los índices de madurez incluyen características físicas y químicas.

1. Las **características físicas** incluyen:

- a. Cambio de color
- b. Contenido de humedad
 - (1) Existen tres tendencias durante la maduración:
 - (a) En semillas y frutos ortodoxos secos, la humedad disminuye lentamente conforme las semillas maduran.
 - (b) En frutos carnosos ortodoxos, la humedad disminuye inicialmente y luego aumenta.
 - (c) En semillas recalcitrantes, la humedad aumenta antes, luego disminuye ligeramente.
 - (2) El contenido de humedad está relacionado con la síntesis de proteínas.
 - (3) El contenido de humedad puede medirse directamente con métodos de horno; esto es, cortar conos, frutos de gran tamaño o semillas; pesar; secar durante 17 horas a 103 °C; y volver a pesar.
 - (4) La gravedad específica por lo general se discute por separado, pero en realidad es sólo una estimación del contenido de humedad (Tabla 4; Fig. 7 y 8). La gravedad específica se ha medido en:
 - (a) Coníferas (comúnmente para *Pinus*).
 - (b) Otras angiospermas (poco éxito).
- c. Otros índices físicos incluyen:
 - (1) Desprendimiento de la cúpula de la bellota en *Quercus*.
 - (2) Doblez de conos de *P. strobus*.
 - (3) Embrión blanco y quebradizo en *Fraxinus* y otros géneros.
 - (4) Tamaño del embrión (porcentaje mínimo de la cavidad del embrión).

Tabla 4. — Valores de gravedad específica de conos que indica la madurez de la semilla en algunas coníferas.

Especies	Gravedad específica	Referencia
<i>Abies grandis</i>	0.90	Pfister 1967
<i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.95	Jian y Peipei 1988
<i>Pinus elliottii</i>	0.95	Barnett 1976
<i>P. merkusii</i>	1.00	Daryono y otros 1979
<i>P. palustris</i>	0.90	Barnett 1976
<i>P. strobus</i>	0.90	Bonner 1986 ^a
<i>P. taeda</i>	0.90	Barnett 1976
<i>P. virginiana</i>	1.00	Fenton y Sucoff 1965

2. Características químicas

Los índices químicos son sólidos biológicamente pero poco prácticos. Estos incluyen:

- a. La acumulación de alimentos almacenados (grasas y azúcares).

- b. Análisis elementales de calcio, magnesio y fósforo para las angiospermas del sur de los Estados Unidos.
- c. Sustancias de crecimiento.
 - (1) Ácido indolacético (AIA).
 - (2) Giberelinas.

H. Madurez artificial

Las semillas inmaduras pueden madurarse artificialmente al elegir a las inmaduras, y madurarlas bajo condiciones especiales de almacenamiento. Sin embargo, por lo general sufren el rendimiento y la calidad de las semillas. La madurez artificial incluye las siguientes consideraciones:

1. Frutos de una semilla o de múltiples semillas.
2. Evitar la latencia a través de una recolección temprana.
3. Útil en la recolección de sitios remotos o costosos.

I. Recolecciones retrasadas

Para los árboles serófitos (*Pinus* y *Picea*) o especies con una abscisión retrasada del fruto (*Platanus* spp.), no hay prisa en recolectar el fruto.

J. Fuentes

Para mayor información ver Bonner 1972a, 1976; Nautiyal y Purohit 1985; Rediske 1961; Willan 1985, p. 33-38.

V. Cuidado posterior a la recolección

A. Introducción

El tiempo entre la recolección y la extracción a menudo se pasa por alto como segmento crítico de la adquisición de la semilla. Los frutos y semillas, frecuentemente con gran contenido de humedad, deben almacenarse o transportarse para extracción y limpieza. Debe tenerse especial cuidado durante este período para evitar la pérdida de la calidad de la semilla, en especial en las áreas tropicales y subtropicales donde los sistemas de transporte no permiten una entrega inmediata a los centros de extracción.

B. Objetivos

1. Reconocer los tiempos cruciales en los que la calidad de la semilla puede perderse.
2. Planificar los sistemas de almacenamiento y transporte para minimizar el peligro a la calidad de la semilla.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son esenciales en el cuidado posterior a la recolección:

1. Los altos contenidos de humedad y las altas temperaturas son peligrosos para las especies ortodoxas.

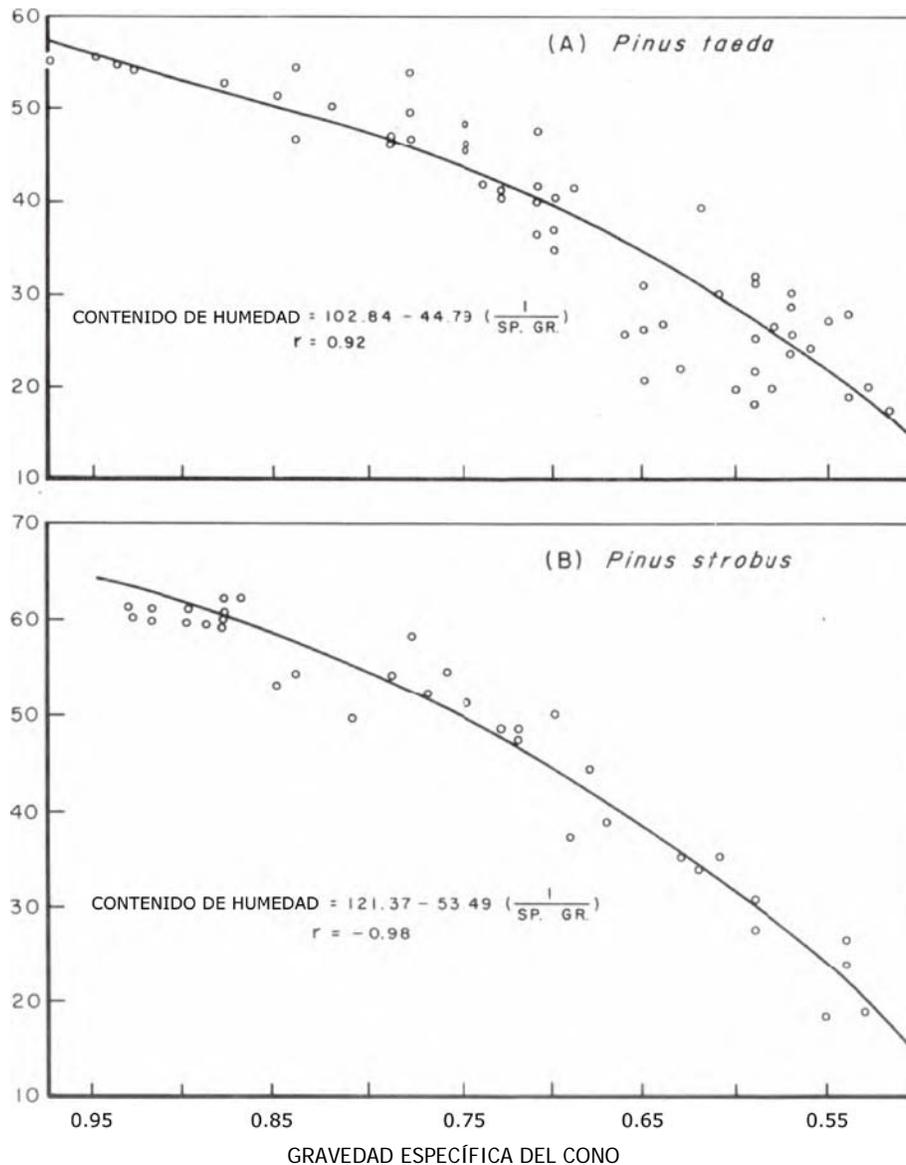


Figura 7. — Relación entre contenido de humedad y gravedad específica de *Pinus taeda* y *P. strobus* (Bonner 1991b).

2. Deben mantenerse los altos niveles de humedad en las semillas recalitrantes, pero el calor excesivo es problema para estas semillas.
 3. El almacenamiento del fruto puede ser ventajoso para algunas especies debido a los procesos de sobremaduración en las semillas.
- D. Almacenamiento antes de la extracción
1. **Horarios de operación**—El tiempo no permite que las semillas de todos los árboles o las familias se recolecten al pico de la madurez; por ello, algunas deben recolectarse y almacenarse.
 2. **Presecado**—El secado durante el almacenamiento puede eliminar suficiente humedad para bajar los costos de secado.
 3. **Conclusión de la maduración**
 - a. 5 ó 6 meses bajo condiciones frescas, húmedas, concluyen la maduración de *Abies*.
 - b. Son posibles beneficios similares para semillas de alta calidad de algunos pinos del sur de los Estados Unidos.
- E. Pinos del sur
1. El **almacenamiento** generalmente está relacionado con los horarios de operación.
 2. El **almacenamiento al exterior** es mejor que el almacenamiento al interior.
 3. **Contenedores**
 - a. Todos los contenedores deben permitir la circulación del aire entre los conos.
 - b. Los sacos de arpillera (casi un tercio de hectolitro, tejido suelto) o los cajones de madera son mejor.
 - c. No deben utilizarse bolsas o sacos de plástico.
 - d. Para lotes pequeños los sacos de papel son apropiados para algunas maderas nobles de semillas múltiples; p. ej., *Liquidambar*, *Liriodendron* y *Platanus*.

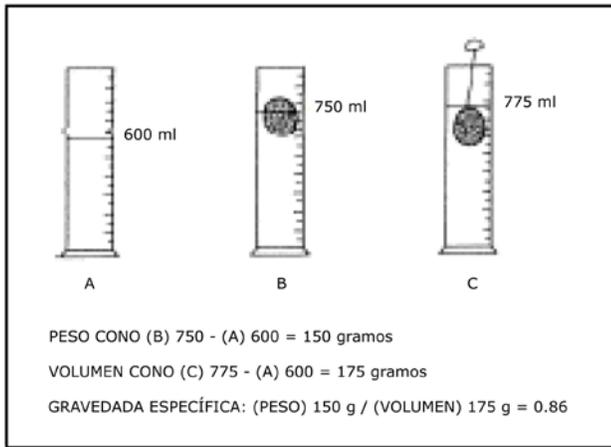


Figura 8. — Técnica sencilla para determinar la gravedad específica en el campo de conos de pinos utilizando un cilindro graduado. (A) Llène el cilindro con agua hasta la marca de 600 ml. (B) Flote el cono en el agua y registre el nivel de la misma. (C) Utilizando una aguja, sumerja el cono lo suficiente para cubrirlo con agua, pero nada más. Registre el nuevo nivel del agua (adaptada de Barnett 1979).

satisfactorios.

4. Tiempo

- El almacenamiento puede mejorar el índice de germinación.
- La duración máxima de almacenamiento depende de la especie.

5. Otros factores

- La madurez original de los conos es importante; los conos más maduros no pueden almacenarse tanto tiempo como los conos menos maduros.
 - El estado del tiempo de la localidad es importante; las condiciones cálidas y lluviosas aumentan el riesgo de moho en los conos.
6. La **inmadurez/latencia** puede cambiar durante el almacenamiento de los conos.

7. Calor y moho

- Los conos verdes pueden generar calor.
- El moho externo es común en algunos contenedores, pero puede que no ocasionen daño.
- La buena aireación es imprescindible; previene el crecimiento de moho en los conos durante el secado.

F. Conos serótinos

- El almacenamiento no es problema serio para *Pinus glauca*, *P. contorta* o *P. patula*.
- Algunas semillas de pino necesitan permanecer en los conos para llegar a madurar.

G. Otras coníferas

- Los abetos verdaderos (*Abies*) deben concluir la maduración en los conos.
- Las semillas de la mayoría de las especies de *Picea* deben extraerse tan pronto como sea posible después de la recolección.
- Los conos de *Pseudotsuga* pueden almacenarse 3 o 4 meses bajo condiciones secas y bien ventiladas.
- Las recomendaciones para los pinos tropicales son:
 - Cubrir con buena ventilación, con temperaturas entre los 20 y 35 °C.
 - Proteger contra roedores y hongos.
 - En Honduras, el *Pinus caribea* se precura hasta que el cono cambia de verde a café.
 - En Nueva Zelanda, los conos inmaduros de *P. radiata* se almacenan por 10 semanas a 20 -24 °C.
 - En Indonesia, los conos verdes y verde/café de *P. merkusii* se almacenan de 2 a 4 semanas.

H. Maderas nobles

- Los frutos inmaduros de algunas especies responderán a la maduración artificial, pero el rendimiento de las semillas y la calidad se verán afectadas.
- Las semillas de algunas especies deben almacenarse por períodos tan cortos como sea posible. Las especies ortodoxas incluyen:
 - Eucalyptus*—Almacenar en sacos de tela con tejido cerrado.
 - Leguminosas—El almacenamiento se maneja fácilmente.
 - Drupas—El almacenamiento corto ayudará a concluir la maduración.

I. Resumen

La mayoría de las especies encaja en uno de tres grupos:

- Cosechar en seco, mantener seco**—Empiece el secado inmediatamente, y mantenga seco después de la extracción (p. ej., *Pinus*, *Liquidambar*, *Liriodendron*, *Acacia* y *Eucalyptus*).
 - Utilice una velocidad lenta de secado.
 - Proporcione una buena aireación.
 - Utilice contenedores adecuados, incluyendo:
 - Sacos de arpillera.
 - Rejillas.
 - Cajones de madera.
 - Hojas de lona o plástico.
- Cosechar húmedo, luego secar**—Mantenga la humedad al recolectar y durante la extracción, pero seque las semillas para el almacenamiento (p. ej., *Nyssa* y *Prunus*).
 - Disperse para evitar el calor.
 - Utilice charolas o bolsas.
 - Evite la dureza de la capa exterior.

- d. Extracción, lavado y secado para almacenar.
- 3. **Siempre húmedo**—Este método se utiliza para semillas recalcitrantes debido a que el secado disminuye la calidad (p. ej., *Quercus*, *Aesculus*, *Shorea* y *Hopea*).
 - a. Nunca seco.
 - b. Mantener la humedad al 30 por ciento.
 - c. Refrigerar a una temperatura segura:
 - (1) 1 a 3 °C para especies templadas.
 - (2) 15 a 20 °C para especies tropicales.
 - d. Utilizar contenedores recubiertos de polietileno o bolsas.

J. Fuentes

Para información adicional ver Bonner 1987a; Willan 1985, p. 78-86.

MANIPULACIÓN

I. Secado y extracción

A. Introducción

Al igual que las semillas agrícolas, muchas semillas frutales se secan conforme maduran, y la extracción de semilla es mejor a bajos contenidos de humedad. Otras semillas de árboles permanecen muy húmedas durante la maduración y son necesarias consideraciones especiales para la extracción. No importa el tipo de fruto, el objetivo de la extracción es obtener la máxima cantidad de semillas en la mejor condición fisiológica de manera eficiente económicamente. Durante la extracción, la calidad de la semilla puede reducirse en gran medida al calentar excesivamente el fruto o forzar la apertura o bien, al extraerla a mano o mecánicamente.

B. Objetivos

1. Reconocer los problemas potenciales de la extracción de semilla con relación al tipo de fruto.
2. Identificar las técnicas básicas de secado y extracción de semillas de árboles.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son fundamentales para el secado y la extracción de semillas:

1. Para las especies que requieren de secado, el calor excesivo en presencia de un alto contenido de humedad puede ser mortal.
2. El daño a la semilla puede ocurrir durante las separaciones mecánicas.
3. Es fundamental la buena capacitación de los trabajadores.
4. La estrategia de extracción depende del tipo de fruto en cuestión.

D. Frutos con múltiples semillas

Los frutos con múltiples semillas incluyen vainas; frutos carnosos y jugosos; y conos y cápsulas. Cada tipo requiere diferentes pasos para extraer las semillas:

1. Vainas

- a. Secar el fruto.
- b. Trillar manualmente al:
 - (1) Agitar con un palo.
 - (2) Pisotearlas.
 - (3) Golpearlas con mazo pesado.
- c. Trillar mecánicamente con:
 - (1) Tambores rotando lentamente (mezcladora de cemento).
 - (2) Trilladora agitadora CSIRO.
 - (3) Macerador Dybvig.
 - (4) Molino de martillo u otro dispositivo agitador.
- d. Utilice una serie de pasos para las especies

difíciles.

2. Frutos carnosos y jugosos

- a. Comenzar rápido para evitar la fermentación.
- b. Remojar en agua.
- c. Extraer con maceradores, mezcladoras, despulpadoras de café (*Gmelina arborea*), molinillo alimentador, molino de martillo, etc.
- d. Licúe los frutos pequeños (p. ej., *Rubus* y *Morus*) a baja velocidad con mucha agua.
- e. Utilice la extracción con agua a chorro de alta presión.

3. Conos, cápsulas y otros frutos múltiples

- a. Secar al aire en superficies planas.
 - (1) Para grandes cantidades lo mejor es la lona.
 - (2) Las cribas son buenas para lotes pequeños, como los de la recolección de un solo árbol.
 - (3) Las hojas plásticas no son lo suficientemente fuertes para los conos de *Pinus* (1 hl de conos equivale a 35 kg).
 - (4) Proteja los frutos a secar de la lluvia y los depredadores; dispérselas y mezcle con frecuencia.
 - (5) Seque algunas especies a la sombra (p. ej., *Hopea* spp., *Triplochiton schebroxylon* y *Pinus oocarpa*).
- b. Use hornos solares
 - (1) Tipo sencillo (polietileno transparente sobre un marco).
 - (2) Unidades de almacenamiento de calor solar (más sofisticadas).
- c. Use hornos calientes para grandes cantidades de conos; algunos tipos son:
 - (1) Progresivos (los contenedores de conos se mueven a lo largo de un gradiente de temperatura en aumento).
 - (2) Horneada grande (cámaras grandes calentadas en las que las charolas tienen conos y rotan su posición).
 - (3) Horneada pequeña (cajones de alambre que contienen casi un tercio hl de conos cada uno).
 - (4) Charolas apiladas (charolas de madera con fondos de hoja de metal perforada, no de alambre, en pilas de seis con ocho pilas calentadas con un sistema de calor).
 - (5) Secadoras (hornos cilíndricos que rotan al secar).
 - (6) Otros hornos (muchos diseños locales disponibles).
- d. Fijar los parámetros de temperatura y humedad. El objetivo es eliminar la humedad; las altas temperaturas crean un mayor gradiente de

presión de vapor. Algunos parámetros recomendados son 29 a 50 °C para las coníferas, y 8 horas a 60 °C para *Eucalyptus saligna*. Use una inmersión de 15 segundos en agua hirviendo para derretir la resina de los conos serótinicos antes de colocarlos en el horno.

e. Extraer las semillas después de abrir los conos con:

- (1) Secadoras.
- (2) Mezcladoras de cemento.
- (3) Mezcladoras hechas en casa.

E. Frutos con una sola semilla

Los frutos con una sola semilla incluyen a las drupas (p. ej., *Prunus* y *Vitis*) y a las nueces.

1. Para las drupas u otros frutos carnosos, utilice maceradores, mezcladoras, etc.
2. Para las nueces con cáscara, utilice maceradores o frote con la mano.

F. Fuentes

Para mayor información ver Willan 1985, p. 87-111.

II. Limpieza y mejora

A. Introducción

La limpieza de los lotes de semilla es un paso fundamental en la utilización adecuada de las mismas. La limpieza debe eliminar las alas u otros apéndices, semillas huecas, semillas dañadas y basura ajena a las semillas. Esta limpieza también debe disminuir dramáticamente los problemas de insectos y enfermedades. Muchos lotes de semilla pueden mejorarse al eliminar semillas inmaduras, dañadas y muertas después de la limpieza inicial. Mucha gente considera que las grandes operaciones mecánicas son la única manera de limpiar y mejorar los lotes de semilla, pero la calidad de éstos puede mejorarse con equipo y técnicas sencillas.

B. Objetivos

1. Aprender las ventajas de los lotes de semilla limpios y mejorados.
2. Familiarizarse con los principios, el equipo y las técnicas de limpieza de semillas.
3. Aplicar dichos principios al planificar la limpieza y mejora de semillas.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son esenciales para limpiar y mejorar las semillas.

1. La flotación en líquidos puede ser una ayuda fundamental para muchas especies, en especial las recalcitrantes.
2. El método básico para limpiar semillas es el tamiz.
3. La separación con aire, incluyendo aventadoras, es

una técnica valiosa.

4. La limpieza de lotes pequeños para pruebas o investigación puede ser muy distinta a la de lotes de gran tamaño.
5. El mejorar los lotes de semilla ofrece mejoras potenciales en ocho áreas.
6. La clasificación por tamaño de las semillas puede ser útil para algunas especies u orígenes pero no para otras.

D. Limpieza

1. Flotación—El método más sencillo.

- a. El contenido de humedad inicial es crucial.
- b. Las semillas ortodoxas vuelven a secarse después de la flotación, pero no las recalcitrantes.

c. Flotación

- (1) Elimina la basura ligera.
- (2) Elimina muchas semillas huecas, quebradas, con enfermedades o dañadas por insectos.
- (3) Es muy buena para las semillas grandes con altos contenidos de humedad.

2. Aspiradores—Cualquier maquinaria que utiliza aire para limpiar y separar:

- a. Maquinaria grande en plantas de semillas.
- b. Limpiadores de pequeños lotes para laboratorios de pruebas e investigación.

Algunos tipos son:

- (1) General ER
- (2) South Dakota
- (3) Stults
- (4) Barnes
- (5) Otros modelos descritos por Willan 1985
- (6) Dispositivos de ventilación hechos en casa
- (7) Dúo aspirador Carter Day

3. Tamiz y cedazo—Existen dos tipos de dispositivos:

- a. Tamiz manual.
- b. Limpiadores mecánicos tamizadores.

4. Limpiadores mecánicos tamizadores—Son máquinas básicas de limpieza de semillas en la mayoría de las plantas de semilla. Estas combinan la aspiración y el tamiz. Incluso los modelos pequeños pueden limpiar de 30 a 40 kg de semillas pequeñas por hora. Los principios importantes a recordar son:

a. Realizan tres funciones:

- (1) Descascarar.
- (2) Clasificar por tamaño.
- (3) Aspirar.

b. Son más eficaces como limpiadores, no como clasificadores por tamaño.

5. Limpiadores electrostáticos—La máquina Helmuth es buena para semillas muy pequeñas.

6. **Eliminación de alas**—Limpieza de tipo especial que reduce el volumen de almacenamiento, permite la clasificación, facilita la siembra y elimina a los patógenos. Existen dos métodos básicos para la eliminación de las alas—húmedo y seco.
- El método seco se recomienda para semillas duras sólo por el posible daño a la cubierta delgada de las mismas. Los métodos secos incluyen:
 - Enceradoras de palomitas de maíz.
 - Eliminador de alas del Centro para Desarrollo de Equipo de Missoula.
 - Dybvig.
 - Tambor eléctrico.
 - Eliminadores de alas nuevos secos para coníferas.
 - El método húmedo es preferible para coníferas. Los eliminadores de alas incluyen:
 - Mezcladoras de cemento.
 - Eliminadores de alas comerciales.
 - Licadoras de cocina (para lotes pequeños).
 - Cualquier cilindro con agitación leve.
- E. Mejora
- Mejorar** el desempeño potencial de un lote de semillas al eliminar las semillas huecas, dañadas, débiles, inmaduras o de tamaños raros.
 - La **mejora**:
 - Eliminará las semillas débiles.
 - Eliminará las semillas huecas.
 - Reducirá los riesgos por daños de insectos o enfermedades.
 - Mejorará el control de la densidad en el vivero.
 - Reducirá el tiempo de plantación.
 - Facilitará las operaciones del vivero.
 - Reducirá los gastos y mejorará la uniformidad.
 - Reducirá los requerimientos de espacio para almacenamiento.
 - Métodos y equipo**
 - La gravedad específica por flotación utiliza:
 - Agua para algunas *Pinus*, *Quercus* y otras semillas de gran tamaño.
 - Solventes orgánicos (por lo general alcoholes) de densidades diferentes para algunas semillas pequeñas.
 - Limpiadores de tamizado por aire:
 - Separan por medio de tres propiedades físicas.
 - Mejoran al clasificar por tamaño o al eliminar las huecas con aire.
 - Regulan el patrón del tamizado, la velocidad de alimentación, el flujo de aire, la oscilación del tamiz (poleas) y el grado del tamiz (en algunos modelos).
 - Los separadores de aire incluyen:
 - Separadores grandes de columna de aire.
 - Aspiradores que fraccionan.
 - Pequeñas sopladoras de laboratorio.
 - Originalmente se construyeron separadores de gravedad para eliminar el mineral de la arcilla.
 - Pueden separar semillas del mismo tamaño y de diferentes densidades o de diferentes tamaños y misma densidad.
 - Se utilizan ampliamente en Norteamérica para semillas de coníferas.
 - Regulan la velocidad de alimentación, el flujo de aire a través de la placa, la pendiente de la misma (lado y extremo) y empuje excéntrico.
 - Los separadores electrostáticos crean una carga que se adhiere a la superficie de las semillas. Los modelos incluyen:
 - Limpiador Helmuth para *Eucalyptus* y coníferas del oeste de los Estados Unidos.
 - Electricidad estática para semillas muy pequeñas. Los lados del vaso de precipitado plástico se limpian con una tela de nylon.
 - La radiografía se utiliza únicamente para lotes de valiosa investigación.
 - Los separadores por color eliminan las semillas de color más claro.
 - Método de incubación, secado y separación (ISS)—Nuevo método sueco utilizado con *Pinus* y *Picea*.
 - La **clasificación por tamaño** ayuda con algunas especies o lotes de semilla, pero no con otras; p. ej., lotes de semillas de una sola familia.
- G. Fuentes
Para mayor información ver Bonner 1987b; Doran y otros 1983, cap. 5; Willan 1985, p. 87-128.
- ### III. Principios de almacenamiento
- Introducción
El principal propósito de almacenar semillas es contar con un suministro viable de semillas cuando se necesita para la regeneración. El almacenamiento exitoso de semillas de plantas leñosas debe planificarse cuidadosamente y la buena planeación depende del entendimiento de los propósitos de almacenamiento, el deterioro de las semillas y los efectos del ambiente de almacenaje en el proceso de deterioro.
 - Objetivos
 - Aprender los objetivos y las razones del almacenamiento de semillas.
 - Identificar los factores que afectan la longevidad de las semillas almacenadas.
 - Revisar los procesos generales de deterioro de las

semillas.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos clave son fundamentales para entender los principios de almacenamiento de las semillas:

1. La longevidad de las semillas es una característica de la especie.
2. Los factores previos al almacenamiento pueden afectar la longevidad durante el almacenaje.
3. Los factores más importantes en el almacenamiento son el contenido de humedad de la semilla y la temperatura.
4. El deterioro de la semilla empieza en la abscisión e implica cambios fisiológicos complejos.

D. Objetivo del almacenamiento

El objetivo del almacenamiento es retrasar el deterioro o disminuir su porcentaje hasta que se utilicen las semillas.

E. Razones para el almacenamiento

El almacenamiento puede ser a corto o largo plazo; puede extenderse durante largos períodos para conservar el germoplasma.

1. Almacenamiento a corto plazo:

- a. Es utilizada para operaciones inmediatas.
- b. Típicamente dura menos de 5 años.
- c. Permite sumar el excedente de producción.
- d. Requiere un espacio mínimo.

2. Almacenamiento a largo plazo:

- a. Típicamente dura de 5 a 10 años.
- b. Garantiza un suministro constante de semillas.
- c. Reserva lotes especiales que no se recolectarán anualmente.
- d. Requiere ambientes de almacenamiento muy buenos.

3. Conservación del germoplasma:

- a. Si el almacenamiento se planea para 50 años o más.
- b. Requiere el mejor ambiente de almacenamiento.

F. Longevidad durante el almacenamiento

Muchos factores afectan la longevidad de la semilla durante el almacenamiento:

Tabla 5. — Límites del contenido de humedad y posibles efectos en las semillas almacenadas.

Contenido de humedad	Efectos
Porcentaje	
>30	Empieza la germinación
18 a 20	Sobrecalentamiento por respiración
10 a 18	Actividad de hongos en las semillas
>9	Actividad de insectos
5 a 8	Mejor rango para almacenamiento sellado
<5	Posible daño por desecación en algunas especies

Tabla 6. — Contenido de humedad en equilibrio a 4 y 5 °C y tres humedades relativas (Bonner 1981b, Justice y Bass 1978).

Especies	Humedad relativa		
	---- Porcentaje ----		
	20	45	95
	Contenido de humedad		
	---- Porcentaje ----		
Árboles ortodoxos	10		15
<i>Carya ovata</i>	11		20
<i>Juglans nigra</i>	8		20
<i>Liquidambar styraciflua</i>	10		19
<i>Liriodendron tulipifera</i>	8		
<i>Picea abies</i>	8		
<i>Pinus sylvestris</i>	10		17
<i>P. taeda</i>	9		17
<i>Prunus serótina</i>			
Cosechas ortodoxas			
<i>Glycine max</i>	6	8	19
<i>Zea mays</i>	8	12	20
Árboles recalcitrantes			
<i>Quercus alba</i>		37	50
<i>Q. nigra</i>		13	29
<i>Shorea robusta</i>			35

* Datos no disponibles.

1. Características de las semillas

a. Fisiología básica

- (1) Las semillas ortodoxas son tolerantes a la desecación y a los contenidos de baja humedad.
- (2) Las semillas recalcitrantes son intolerantes a la desecación.

b. Estructura de la semilla—Las cubiertas de semilla gruesas o duras restringen la absorción de humedad e intercambio de gases.

c. Química de la semilla—El almacenamiento de semillas aceitosas tiende a ser más difícil que el de semillas almidonadas.

d. Etapa de madurez—Las semillas inmaduras por lo general no se almacenan tan bien como las semillas completamente maduras.

e. Estrés ambiental—El estrés durante la maduración puede afectar la longevidad.

2. Manipulación de la semilla antes del almacenamiento

a. El maltrato fisiológico puede dañar el potencial de almacenamiento.

b. El daño del procesamiento reducirá la calidad de la semilla.

3. **Genética**—Hasta cierto punto, la buena calidad de la semilla se hereda.

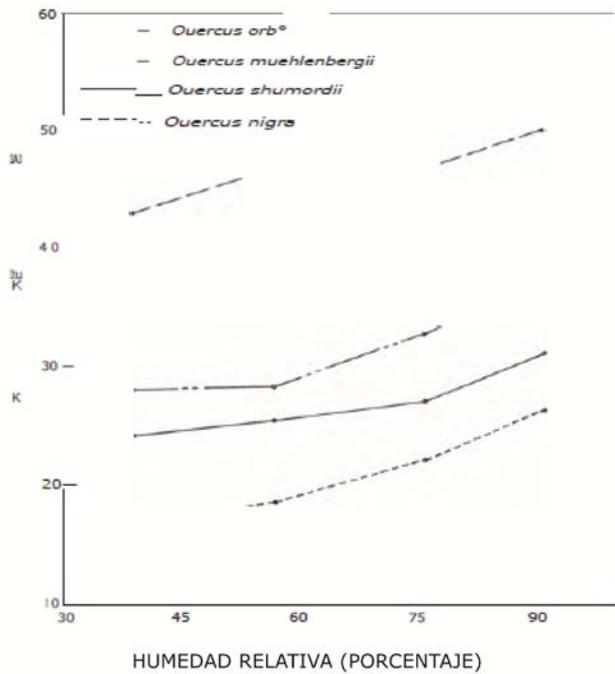


Figura 9. — Contenido de humedad en equilibrio a 25 °C para cuatro especies recalcitrantes *Quercus* (adaptada de Willan 1985).

4. Ambiente de almacenamiento

a. Contenido de humedad

- (1) El factor más importante es el contenido de humedad.
- (2) Los potenciales límites de daño se resumen en la Tabla 5.
- (3) El mejor rango para las semillas ortodoxas es de 5 a 10 por ciento.
- (4) El mejor rango para las semillas recalcitrantes es la imbibición total.
- (5) El equilibrio del contenido de humedad se define como el contenido de humedad de la semilla cuando éste se encuentra en equilibrio con la humedad de la atmósfera de almacenamiento (Tabla 6.). El equilibrio del contenido de humedad:
 - (a) Se ve influenciado por la química de la semilla (Fig. 9.).
 - (b) Rara vez se alcanza con semillas recalcitrantes.
 - (c) Tiene diferencias de sorción y desorción.

b. Temperatura

- (1) Por lo general, entre más frías se encuentren las semillas más lento será la velocidad de deterioro.
- (2) El rango seguro de temperatura para las semillas ortodoxas está relacionado con el contenido de humedad de las semillas:

- (a) Las semillas ortodoxas a un porcentaje de humedad de 5- a 10- pueden almacenarse a casi todas las temperaturas.
- (b) Entre 50 y 0 °C, disminuir la temperatura de almacenamiento cada 5 °C duplica la vida de las semillas (Harrington 1972).
- (3) Los rangos seguros de temperatura para las semillas recalcitrantes son:
 - (a) Especies de Zonas Templadas: -1 a 3 °C.
 - (b) Especies tropicales: Por lo general arriba de 12 a 15 °C.

c. Atmósfera de almacenamiento

- (1) Si se reducen los niveles de oxígeno, se detiene el metabolismo, lo cual aumenta la longevidad.
- (2) Los gases inertes no ofrecen ventajas en el almacenamiento a largo plazo, pero pueden ser útiles en el almacenamiento a corto plazo.
- (3) En contenedores sellados, la proporción de CO₂/O₂ cambia.

G. Las células y los tejidos durante la maduración de la semilla

Los siguientes cambios ocurren en las células y los tejidos durante la maduración:

1. Pérdida de las reservas alimenticias.
2. Acumulación de desechos metabólicos.
3. Desactivación irreversible de enzimas.
4. Deterioro de las membranas de la célula.
5. Peroxidación de lípidos.
6. Alteraciones del ADN.

H. Fuentes

Para mayor información ver Bonner y Vozzo 1990; Harrington 1972; Justice y Bass 1978; Tang y Tamari 1973; Willan 1985, p. 129-160.

IV. Aplicaciones del almacenamiento

A. Introducción

La sección anterior presentó los principios y los factores críticos que influyen en la longevidad de las semillas. Esta sección trata sobre cómo aplicar dichos principios a la práctica del almacenamiento de semillas de árbol.

B. Objetivos

1. Relacionar los principios de almacenamiento de semillas a las recomendaciones para cada grupo de especies.
2. Aprender las características de las unidades de almacenamiento frío.
3. Debatir las constantes de almacenamiento y su aplicación.
4. Aprender los principios básicos del manejo de semillas en almacenamiento.

Tabla 7. — Condiciones de almacenamiento para cuatro clases de almacenamiento de semillas de árboles.

Clase de almacenamiento	Período de	Humedad	Temperatura	Tipo de contenedor
	almacenamiento	de la semilla		
	Años	Porcentaje	°C	
Ortodoxo verdadero	<5	6-10	0-5	Hermético
	>5	6-10	-18	Hermético
Subortodoxo	<5	6-10	0-5	Hermético
	>5	6-10	-18	Hermético
Recalcitrante templado	<3	30-45	-1 a -3	Plástico 4 mil*, sin sellar
Recalcitrante tropical	<1	30-45	12-20	Plástico 4 mil, sin sellar

* mil = 1/1,000 pulg. = 0.025 mm.

Tabla 8. — Resultados de la prueba de almacenamiento para especies ortodoxas verdaderas (adaptado de Bonner 1990).

Especie	Condiciones de almacenamiento		Resultados del almacenamiento	
	Temperatura	Humedad de	Tiempo almacenada	Pérdida de
		la semilla		viabilidad
	°C	Porcentaje	Años	Porcentaje
<i>Abies procera</i>	0	9	7.0	11
<i>Acacia leptopetala</i>	20-25		18.0	1
<i>A. mangium</i>	4-8		1.2	6
<i>A. pruinocarpa</i>	20-25		16.0	20
<i>Acer saccharum</i>	-10	10	5.5	5
<i>Albizia falcataria</i>	4-8		1.5	10
<i>Araucaria cunninghamii</i>	-15	16-23	8.0	poco*
<i>A. cunninghamii</i>	19	7	0.1	0
<i>Casuarina equisetifolia</i>	-3	6-16	2.0	0-5
<i>C. torulosa</i>	20-25	8-12	18.0	6
<i>Liquidambar styraciflua</i>	3	5-10	9.0	3
<i>Pinus caribea</i>				
var. <i>hondurensis</i>	8		2.7	±16
<i>P. elliotii</i>	4	10	50.0	30
<i>P. merkusii</i>	4-5	<8	4.0	0
<i>P. ponderosa</i>	0	8	7.0	0
<i>Tectona grandis</i>	0-4	≥12	7.0	0
<i>Tsuga heterophylla</i>	5	8	2.0	0
<i>T. heterophylla</i>	-18	8	2.0	0

' Datos no disponibles.

* Valor exacto no disponible de fuente original.

Tabla 9. — Resultados de la prueba de almacenamiento para especies subortodoxas (adaptado de Bonner 1990).

Especie	Condiciones de almacenamiento		Resultados del almacenamiento	
	Temperatura	Humedad de	Tiempo almacenada	Pérdida de
		la semilla		viabilidad
	°C	Porcentaje	Años	Porcentaje
<i>Citrus limon</i>	-20	5	0.9	±5
<i>Fagus sylvatica</i>	-10	10	5.0	34
<i>Gmelina arborea</i>	-5	6-10	2.0	10
<i>Populus deltoides</i>	-20	6-10	6.0	21
<i>Salix glauca</i>	-10	6-10	1.2	0

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son esenciales para las aplicaciones del almacenamiento:

1. Existen cuatro clases de comportamiento de semillas en almacenamiento.
2. El almacenamiento frío es mejor pero no siempre es necesario para un almacenamiento exitoso de semillas.
3. Cada especie, y quizá cada población individual de la especie, casi siempre responderá de manera idéntica a un tipo dado de condiciones de almacenamiento.
4. Las buenas instalaciones y las buenas semillas no son suficiente; el buen manejo es crucial para las operaciones óptimas de almacenamiento de semillas.

D. Clases de almacenamiento de semillas

Existen cuatro clases de comportamiento de semillas de árbol en almacenamiento (Tabla 7.):

1. Verdaderamente ortodoxas

- a. Las semillas verdaderamente ortodoxas son tolerantes a la desecación (Tabla 8.) y:
 - (1) Pueden secarse a niveles de humedad de 5 a 10 por ciento.
 - (2) Pueden almacenarse a temperaturas bajo cero.
 - (3) Pueden almacenarse fácilmente durante al menos una rotación.
 - (4) Generalmente tienen límites superiores de almacenamiento desconocidos.
- b. Los ejemplos incluyen a la mayor parte del género de templadas valiosas (*Pinus*, *Picea*, *Betula*, *Prunus*) y a muchos géneros tropicales (*Acacia*, *Eucalyptus* y *Casuarina*).

2. Subortodoxas

- a. Las semillas subortodoxas son semejantes a las verdaderamente ortodoxas pero están limitadas a

períodos más cortos (Tabla 9.).

- (1) Se almacenan bajo las mismas condiciones que las semillas verdaderamente ortodoxas.
 - (2) Están limitadas en el potencial de almacenamiento debido a los altos contenidos de lípidos, cubiertas delgadas o composición genética.
- b. Los ejemplos incluyen a aquellas con alto contenido de lípidos (*Juglans*, *Carya*, ciertas *Abies* y *Pinus*), aquellas con cubiertas delgadas (*Populus* y *Salix*) y algunas cuya composición genética requiere un secado lento (*Fagus* y *Citrus*).

3. Recalcitrantes templadas

- a. Las semillas recalcitrantes templadas son intolerantes a la desecación (Tabla 10.).
 - (1) No pueden secarse a menos de 20- a 30- por ciento de humedad; por ello, el almacenamiento debe ser a menos de cero grados.
 - (2) Tienen metabolismos tan rápidos que comúnmente ocurre una pregerminación durante el almacenamiento.
 - (3) No pueden almacenarse en contenedores herméticos; tiene que haber un intercambio de gases (Tabla 7.).
- b. Los ejemplos incluyen a *Quercus* y *Aesculus*.

4. Recalcitrantes tropicales

- a. Las semillas recalcitrantes tropicales son iguales a las semillas recalcitrantes templadas pero son susceptibles a las bajas temperaturas de almacenamiento (Tabla 11.). Estas experimentan daño por frío y muerte a temperaturas menores a 12 a 20 °C.
- b. Son el grupo más difícil de almacenar.
- c. Los ejemplos incluyen a *Shorea*, *Hopea* y *Dipterocarpus* e incluso algunas leguminosas (*Pithecellobium* spp. en Costa Rica).

Tabla 10. — Resultados de la prueba de almacenamiento para especies recalcitrantes templadas (adaptado de Bonner 1990).

Especie	Condiciones de almacenamiento		Resultados del almacenamiento	
	Temperatura °C	Humedad de la semilla Porcentaje	Tiempo almacenada Meses	Pérdida de viabilidad Porcentaje
<i>Hacer saccharinum</i>	-3	50	18	8
<i>Quercus falcata</i> var. <i>pagodaefolia</i>	3	35	30	6
<i>Q. robur</i>	-1	40-45	29	31-61
<i>Q. rubra</i>	-1 a -3	38-45	17	18-46
<i>Q. virginiana</i>	2		12	35

* Datos no disponibles.

Tabla 11. — Resultados de la prueba de almacenamiento para especies recalcitrantes tropicales (adaptado de Bonner 1990).

Especie	Condiciones de almacenamiento		Resultados del almacenamiento	
	Temperatura	Humedad de la semilla	Tiempo almacenada	Pérdida de viabilidad
	°C	Porcentaje	Días	Porcentaje
<i>Araucaria</i>				
<i>hunsteinii</i>	19.0	25-30	54	±30
<i>A. hunsteinii</i>	2.0	30	365	82
<i>Azadirachta indica</i>	26.0	10-18	56	65
<i>Hopea helferi</i>	15.0	47	37	2
<i>Shorea robusta</i>	13.5	40-50	30	60
<i>S. roxburghii</i>	16.0	40	270	±30

1 Tabla 12. — Resultados de la prueba de almacenamiento de ensayos criogénicos de semillas de árboles forestales (adaptado de Bonner 1990).

Especie	Humedad de la semilla	Tiempo almacenada	Pérdida de viabilidad
	Porcentaje	Días	Porcentaje
<i>Abies alba</i>		6	5
<i>A. concolor</i>	<13	180	0
<i>Fagus sylvatica</i>		6	100
<i>Larix decidua</i>		6	5
<i>Picea abies</i>		6	1
<i>Pinus echinata</i>		112	0
<i>P. ponderosa</i>	<13	180	0
1 <i>P. sylvestris</i>		6	0
<i>Populus tremula</i> ×			
<i>tremuloides</i>		6	1
<i>Ulmus pumila</i>		112	0

* Datos no disponibles.

- roedores y, siempre que sea posible, deben estar a altas elevaciones ya que las temperaturas ambientales serán más frías.
- Las unidades deben construirse para almacenar un suministro a 5 años.
 - Para la conservación del germoplasma, es necesario 1 litro para cada muestra; p. ej., 85 m³ deben almacenar 22,800 muestras.
 - No se recomienda el control de la humedad en los trópicos.
 - Se recomienda la refrigeración por compresión
- G. Daño genético en el almacenamiento a largo plazo.
- Sería devastador para las semillas almacenadas para la conservación del germoplasma, pero a la fecha no existe suficiente evidencia de daño perdurable.
 - Puede ocasionar cambios en la población.
- H. Volver a hacer pruebas en el almacenamiento a largo plazo
- necesitan sellarse. Las semillas recalcitrantes no pueden sellarse, de modo que no pueden almacenarse en dicha unidad.
- Sin control de humedad (humedad relativa >95 por ciento), las semillas recalcitrantes se almacenan bien. Las semillas ortodoxas deben secarse y almacenarse en contenedores sellados.
 - No se recomiendan los controles de humedad para los trópicos.
 - Los refrigeradores sin escarcha son una alternativa económica para cantidades pequeñas. Para volver a hacer pruebas en el almacenamiento a largo plazo:
 - Utilice las reglas ISTA o procedimientos comparables.
 - Utilice el siguiente intervalo de pruebas para las semillas ortodoxas: año inicial, tercer año y a partir de entonces cada quinto año.
 - Garantice pruebas no destructivas.

4. Regenere cuando la viabilidad decrece a un 50 por ciento.

I. Limitantes de la viabilidad en el almacenamiento

1. **Teoría**—La retención de la viabilidad será la misma para una especie dada bajo un cierto juego de condiciones de almacenamiento.

2. **Práctica**

a. Los resultados son buenos con algunas semillas agrícolas.

b. Las variedades de una sola especie pueden diferir.

c. Existen pocos datos para las semillas de los árboles.

3. **Constantes en la viabilidad**—En caso de ser válidas, podrían ser útiles en la planificación de almacenamiento a largo plazo para la conservación del germoplasma.

J. Fuentes

Para mayor información ver Bonner y Vozzo 1990; Chin y Roberts 1980; Harrington 1972; Consejo Internacional para los Recursos Genéticos de las Plantas 1976; Justice y Bass 1978; Roberts 1973; Tang y Tamari 1973; Willan 1985, p. 129-160.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD

I. Muestreo

A. Introducción

El muestreo es el proceso de tomar una pequeña parte o cantidad de algo para realizar pruebas o análisis; es el primer paso en las pruebas de semilla. Al muestrear, es esencial obtener: (1) Una muestra de un tamaño adecuado y (2) una muestra representativa del principal lote de semillas. Los resultados de las pruebas de laboratorio sólo pueden mostrar la calidad y las características de la muestra presentada para análisis; por ello, la validez de los resultados de las pruebas para un lote de semilla de gran tamaño se determina al obtener una muestra representativa exitosamente. El muestreo de los lotes de semilla para evaluar la calidad debe realizarse sistemáticamente, utilizando técnicas, herramientas y procedimientos adecuados para garantizar que la muestra de semillas represente al lote completo.

B. Objetivos

1. Cuantificar el lote de semillas de acuerdo con los estándares aceptados.
2. Determinar la intensidad del muestreo según el tamaño y las características de lote de semillas.
3. Aprender a manejar los instrumentos y las técnicas adecuadas de muestreo conforme a los estándares reconocidos.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son fundamentales en el muestreo de semillas:

1. Los laboratorios sólo pueden medir las propiedades de la muestra; quien muestrea debe garantizar que la muestra verdaderamente represente al lote de semillas.
2. Las muestras presentadas deben contener al menos 2,500 semillas (excepto para las semillas muy grandes de algunas especies).
3. La extracción de la muestra debe ser completamente aleatoria.
4. Es esencial contar con empaques y etiquetado adecuado.

D. Definición de los términos

A continuación se definen los términos relevantes:

1. **Lote**—Una cantidad específica de semillas que puede identificarse físicamente.
2. **Muestra primaria**—Una pequeña cantidad de semillas tomadas de un punto en el lote de semillas.
3. **Muestra compuesta**—Formada al combinar y

Tabla 13. — Pesos de lotes y muestras para matorrales y árboles (ISTA 1985).

Especie	Peso máximo	Muestra	Muestra de
	del lote de semilla	presentada	trabajo para análisis de pureza
	<i>Kilogramos</i>	<i>Gramos</i>	<i>Gramos</i>
<i>Acacia sp.</i>	1,000	70	35
<i>Ailanthus altissima</i>	1,000	160	80
<i>Alnus rubra</i>	1,000	15	2
<i>Castanea sativa</i>	5,000	500 semillas	500 semillas
<i>Cedrela sp.</i>	1,000	80	40
<i>Eucalyptus</i> <i>camaldulensis</i>	1,000	15	5
<i>E. globulus</i>	1,000	60	20
<i>E. tereticornis</i>	1,000	15	5
<i>Morus sp.</i>	1,000	20	5
<i>Pinus halepensis</i>	1,000	100	50
<i>P. wallichiana</i>	1,000	250	125
<i>Quercus sp.</i>	5,000	500 semillas	500 semillas
<i>Robinia</i> <i>pseudoacacia</i>	1,000	100	50

mezclar todas las muestras primarias tomadas de lote de semillas.

4. **Muestra presentada**—La muestra presentada al laboratorio de pruebas.
5. **Muestra de trabajo**—Una submuestra tomada de la muestra presentada en el laboratorio.
6. **Submuestra**—Una porción de una muestra obtenida al reducir la muestra por métodos reconocidos (Tabla 13.).

E. Intensidad del muestreo

La muestra se obtiene al seleccionar pequeñas porciones al azar de varios sitios de lote y combinarlos.

1. **Calcular muestras primarias**—Cada muestra compuesta debe conformarse de al menos cinco muestras primarias.
2. **Tamaño del lote de semillas**—Para el comercio internacional de semillas de árbol, el tamaño máximo de un lote de semillas para la mayoría de las especies se estableció en 1,000 kg \pm 5 por ciento (Tabla 13.).

F. Procedimientos de muestreo

Existen tres herramientas o técnicas comunes de muestreo:

1. Los **muestreadores** se utilizan para semillas que caen libremente. Los pasos son:
 - a. Cierre las puertas antes de insertar el muestreador al tambor.
 - b. Insertar el muestreador al tambor.
 - c. Abrir las puertas.
 - d. Cerrar las puertas.

- e. Sacar el muestreador.
- f. Verter las semillas.
- 2. Los **separadores de suelo** se utilizan principalmente para lotes pequeños. Los pasos son:
 - a. Verter las semillas a través de un separador varias veces para mezclarlas.
 - b. Dividir la muestra en mitades, cuartos, etc.
- 3. El **método de mano abierta** se utiliza con semillas con granzas, alas y otras que no caen. Los pasos son:
 - a. Extender los dedos e insertar la mano directamente en las semillas.
 - b. Cerrar la mano y extraer una muestra primaria.
- G. Preparación de la muestra
 - 1. **Muestra compuesta**—Todas las muestras primarias se combinan y mezclan (Tabla 13).
 - 2. **Muestra de trabajo**—La muestra presentada se reduce a la muestra de trabajo:
 - a. Con el método mecánico de división.
 - b. Con el método de tazas aleatorias.
 - c. Con el método de división modificada.
 - d. Con el método de la cuchara.
 - e. Con el método de división manual.
 - 3. **Semillas extra**—El remanente de la muestra presentada debe almacenarse para poder volver a hacer pruebas en caso necesario. La Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (1985) recomienda almacenarlas por un año.
- H. Fuentes

Para mayor información ver Asociación Oficial de Analistas de Semillas 1988, Edwards 1987, Asociación Internacional de Pruebas de Semillas 1985.

II. Contenido de humedad

A. Introducción

Las primeras medidas a tomar en las pruebas de semillas son humedad, pureza y peso. Todas estas medidas son importantes, pero la humedad es la más crítica. Los niveles de humedad de las semillas pueden influenciar o indicar madurez de la semilla, longevidad durante el almacenamiento y la cantidad de tratamiento previo necesario para una rápida germinación.

B. Objetivos

- 1. Aprender los principios de humedad de las pruebas oficiales para semillas.
- 2. Utilizar dichos principios en ejercicios prácticos.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son esenciales en la

prueba de contenido de humedad:

- 1. Los procedimientos oficiales de pruebas se indican a detalle.
 - 2. Muchas pruebas pueden no ser oficiales, y utilizar diferentes métodos, pero la exactitud y precisión siguen siendo fundamentales.
 - 3. Las semillas recalcitrantes de gran tamaño presentan problemas especiales que las reglas oficiales de pruebas no han tratado adecuadamente.
- ### D. Definición de los términos
- A continuación se definen los términos relevantes:
- 1. **Muestra presentada**—La muestra de semillas presentada a una estación de prueba de semillas; debe ser del doble del tamaño de la muestra de trabajo.
 - 2. **Muestra de trabajo**—Una muestra de semillas reducida tomada de la muestra presentada en el laboratorio.
 - 3. **Lote de semillas**—Una cantidad específica de semillas de calidad suficientemente uniforme.
- ### E. Medidas de humedad
- 1. **Importancia**
 - a. Es el factor más importante en la retención de la viabilidad.
 - b. Controla la actividad de los insectos y las enfermedades (Tabla 5).
 - c. Afecta la relación de peso con el número de semillas.
 - 2. **Frecuencia**—La humedad se mide:
 - a. Después de la extracción y limpieza.
 - b. Cuando las semillas se colocan en almacenamiento.
 - c. Periódicamente durante el almacenamiento.
 - d. Cuando se envían los lotes de semillas.
 - 3. **Procedimientos**—Los resultados exactos se garantizan al:
 - a. Utilizar la muestra presentada.
 - b. Medirla inmediatamente al recibirla.
 - c. Expresar los resultados como porcentaje del peso fresco (peso húmedo), no peso seco.
 - 4. **Métodos**—El contenido de humedad puede medirse con cuatro métodos:

Tabla 14. — Niveles de tolerancia para diferencias entre dos determinaciones de contenido de humedad en semillas de árboles y matorrales (ISTA 1985).

Clase de tamaño de semilla	Semillas por kilogramo	Humedad inicial	Tolerancia
	<i>Número</i>	----	Porcentaje ----
<i>Semillas pequeñas</i>	>5,000	<12	0.3
<i>Semillas pequeñas</i>	>5,000	>12	0.5
<i>Semillas grandes</i>	<5,000	<12	0.4
<i>Semillas grandes</i>	<5,000	12-25	0.8
<i>Semillas grandes</i>	<5,000	>25	2.5

- a. Método de secado en horno—Los puntos críticos son:
- (1) Calentar las muestras durante 17 ± 1 horas a 103 ± 2 °C.
 - (2) Utilizar hornos de aire forzado.
 - (3) Colocar las muestras en recipientes de vidrio o de metal.
 - (4) Dejar espacio entre las latas en el horno.
 - (5) Enfriar las muestras en desecadores.
 - (6) De ser posible, mantener la humedad del ambiente en el laboratorio a menos del 70 por ciento.
 - (7) Pesar al miligramo más cercano.
 - (8) Moler o cortar las semillas grandes o aquellas con alto contenido de humedad.
 - (9) Secar previamente si la humedad sobrepasa el 17 por ciento en semillas que deben molerse, o 30 por ciento en otras especies.
 - (10) Revisar la tolerancia en los resultados. Las tolerancias de humedad para las semillas de

árboles son más liberales que aquellas para semillas agrícolas (Tabla 14.).

b. Medidores eléctricos:

- (1) No se permiten en pruebas oficiales de la ISTA pero son muy útiles.
- (2) Se basan en la resistencia eléctrica o capacitancia y son exactos al 1 por ciento en semillas que caen libremente.
- (3) Requiere la elaboración de tablas de calibración.
- (4) Están disponibles en varios modelos:
 - (a) Motomco—basado en capacitancia y muy exacto.
 - (b) Radson (Dole o Seedburo)—Modelo confiable en los Estados Unidos.
 - (c) Dickey-John o Insto—Basado en capacitancia.
 - (d) Super-Beha—Ampliamente usado en Europa.

c. Los instrumentos infrarrojos son hornos

Tabla 15. — *Procedimientos recomendados para pruebas de humedad de semilla de los árboles (Bonner 1981b).*

Clase de tamaño de semilla	Medida precisa o prueba oficial ISTA	Estimación rápida
Semillas pequeñas, bajo contenido de aceite (p. ej., <i>Platanus</i> , <i>Robinia</i>).	Horno: 103 ± 2 °C por 17 ± 1 horas. Muestra: 4 a 5 g.	Medidor eléctrico Muestra: 80 a 200 g, según el tipo.
Semillas pequeñas, alto contenido de aceite (p.ej., <i>Abies</i> , <i>Pinus</i> , <i>Tsuga</i> , <i>Zanthoxylum</i>).	Horno: 103 ± 2 °C por 17 ± 1 horas. Muestra: 4 a 5 g. o bien Destilación con tolueno.	Medidor eléctrico Muestra: 80 a 200 g, según el tipo.
Semillas grandes, bajo contenido de aceite, humedad <20% (p. ej., <i>Nyssa</i>).	(1) Moler o su equivalente. (2) Horno: 103 ± 2 °C por 17 ± 1 horas. Muestra: 4 a 5 g o suficiente para igualar el peso de cinco semillas.	Secando en microondas. Muestra: 4 a 5 g o suficiente para igualar el peso de cinco semillas.
Semillas grandes, bajo contenido de aceite, humedad >20% (p. ej., <i>Aesculus</i> , <i>Quercus</i>).	(1) Presecado a <20% a 130 °C de 5 a 10 minutos. (2) Moler o su equivalente. (3) Horno: 103 ± 2 °C por 17 ± 1 horas. Muestra: suficiente para igualar el peso de cinco semillas.	Secando en microondas. Muestra: suficiente para igualar el peso de cinco semillas.
Semillas grandes, alto contenido de aceite (p. ej., <i>Carya</i> , <i>Fagus</i> , <i>Juglans</i>).	(1) Moler o su equivalente. (2) Horno: 103 ± 2 °C por 17 ± 1 horas. Muestra: suficiente para igualar el peso de cinco semillas, o bien Destilación con tolueno.	Secando en microondas. Muestra: suficiente para igualar el peso de cinco semillas.

pequeños, infrarrojos con balanza integrada, que usa un método gravimétrico basado en tiempo de secado.

d. Métodos de laboratorio para investigación:

- (1) Método Karl Fischer.
- (2) Destilación de tolueno.
- (3) Resonancia magnética nuclear (no destructivo).
- (4) Espectroscopia infrarroja.

F. Resumen—Ver Tabla 15.

G. Fuentes

Para mayor información ver Bonner 1981b; Asociación Internacional de Pruebas de Semillas 1985, secciones 9, 9A; Willan 1985, p. 227-230.

III. Pureza y peso

A. Introducción

Después de determinar el contenido de humedad, la muestra presentada esta lista para las determinaciones de pureza y peso. Dichos valores son parte vital de la prueba oficial y uso práctico de las semillas, con ramificaciones legales en ambas comercializaciones de semilla, tanto doméstica como internacional.

B. Objetivos

1. Aprender los principios de las pruebas oficiales de pureza y peso de las semillas.
2. Utilizar dichos principios en ejercicios prácticos.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son fundamentales para determinar la pureza y el peso de la semilla:

1. La diferencia entre las semillas verdaderas y la basura puede ser ambigua para algunas semillas de árboles, en especial aquellas que no tienen alas.
2. Se necesita paciencia y buena vista.
3. Entre más pequeñas sean las semillas más difícil será la prueba de pureza.

D. Definición de los términos

A continuación se definen los términos relevantes:

1. **Pureza**—Es la proporción de semillas limpias e intactas de la especie designada de un lote de semillas, por lo general se expresa como porcentaje de peso.
2. **Muestra presentada**—La muestra de semillas presentada a una estación de prueba de semillas; debe ser del doble del tamaño de la muestra de trabajo.
3. **Muestra de trabajo**—Una muestra de semillas reducida tomada de la muestra presentada en el laboratorio, en la que se realizan pruebas de calidad de la semilla.
4. **Lote de semillas**—Una cantidad específica de

semillas de calidad suficientemente uniforme; el tamaño máximo del lote es de 1,000 kg (5,000 kg para *Fagus* y semillas de mayor tamaño).

E. Pureza

1. **Procedimiento**—Se siguen las reglas de la ISTA (1985) para las pruebas de pureza. Los pasos son:

- a. Reducir la muestra presentada (después de mezclarla) a la muestra de trabajo con:
 - (1) Separadores mecánicos.
 - (2) Tazas aleatorias.
 - (3) División modificada.
 - (4) Método de la cuchara.
 - (5) División manual (semillas con garras, alas y grandes).
- b. Dividir la muestra de trabajo en fracciones de
 - (1) Semillas puras.
 - (2) Otras semillas.
 - (3) Materia inerte.
- c. Pesar y expresar cada uno como porcentaje del peso total de la muestra.

2. **Componente de semilla pura**—Este componente contiene:

- a. Unidades intactas de la semilla de la especie deseada.
- b. Pedazos de unidades de semilla más grandes que la mitad del tamaño original, incluso si están quebrados.

3. **Detalles de las semillas de los árboles**

- a. Las semillas de Leguminosae, Cupressaceae, Pinaceae y Taxodiaceae con cubiertas que pueden desprenderse completamente son materia inerte.
- b. En *Abies*, *Larix*, *Libocedrus*, *Pinus elliotii*, *P. echinata*, *P. rigida*, *P. taeda* y *Pseudotsuga*, las alas o los fragmentos de alas se desprenden y descartan y se colocan en la fracción de materia inerte. Otras especies de *Pinus* retienen los fragmentos de alas (ver “a” anterior).
- c. Para las sámaras, las alas no se retiran (p. ej., *Acer*, *Fraxinus*, *Cedrela* y *Swietenia*).
- d. Para las drupas, la cubierta carnosa no se retira.
- e. En *Eucalyptus*, para especies con semillas pequeñas, se utiliza un procedimiento simplificado; sólo se eliminan otras semillas y materia inerte que obviamente no es semilla.
- f. Para Leguminosae, si hay una parte de testa presente, debe clasificarse como semilla pura.
- g. Si no pueden distinguirse las especies, sólo se proporciona el nombre del género en el certificado.

F. Peso de la semilla

1. **Determinación**—Las reglas de la ISTA (1985) se utilizan para determinar adecuadamente el peso de

la semilla. Se utiliza toda la muestra de trabajo o reproducciones de la misma.

- a. Muestra de trabajo—Pesar toda la fracción de semilla pura.
- b. Reproducciones—Contar y pesar 8 reproducciones de 100.

2. **Reportar los resultados**—Los resultados se reportan de una de dos maneras:

- a. 1,000-peso de la semilla.
- b. Semillas por gramo (o por kilogramo, onza o libra).

G. Fuentes

Para información adicional ver Asociación Internacional de Pruebas de Semillas 1985, sec. 3, 3A, 10; Willan 1985, p. 198-202, 221.

IV. Pruebas de germinación

A. Introducción

Las buenas pruebas son el pilar de cualquier programa de semillas, sin importar el tipo de semilla: agrícola, forestal, agroforestal o bien ornamental. La calidad de las semillas utilizadas debe medirse y describirse. Las pruebas de semillas podrán tener ramificaciones legales debido a su conexión con la venta de las mismas. Por ello, la Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (ISTA) coordina los esfuerzos internacionales para estandarizar las pruebas. Debe conocerse la calidad de las semillas para su uso eficiente y eficaz en los programas de reforestación o forestación.

B. Objetivos

1. Identificar las organizaciones internacionales que participan en las pruebas de semillas de árboles y cómo proporcionan sus recomendaciones.
2. Aprender los principios de las pruebas de germinación y cómo se utilizan en el laboratorio para condiciones estándares.
3. Practicar pruebas de germinación en el laboratorio.
4. Aprender las técnicas comprobadas para analizar los datos de germinación y cómo dichos datos pueden expresarse.
5. Aprender la aplicación de los resultados de las pruebas de germinación en condiciones prácticas de viveros y el campo.
6. Aprender las técnicas para estimaciones rápidas de la calidad de las semillas cuando no se tiene el tiempo o las instalaciones adecuadas o éstos son limitados.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son fundamentales para realizar pruebas de germinación:

1. Las pruebas de germinación de laboratorio están diseñadas para proporcionar las condiciones óptimas para la germinación y para determinar el potencial total de germinación de las semillas bajo dichas condiciones.
2. Las principales condiciones a considerar son la temperatura, la luz, la aireación y la humedad.
3. Las estimaciones rápidas de germinación son sólo eso – estimaciones; no son tan precisas como las pruebas de germinación.
4. Si se requieren más de 60 días para una prueba de germinación, los analistas deben utilizar estimaciones rápidas como prueba oficial.
5. Las pruebas de germinación en el curso de la investigación pueden requerir métodos y equipo diferente al oficial.
6. Sin importar qué tan estandarizada esté la recomendación de la prueba, el cálculo del analista debe prevalecer en el laboratorio.

D. Definición de términos

La definición de los términos relevantes en las pruebas de germinación corresponde al glosario desarrollado por el Grupo del Proyecto de Problemas con Semillas de la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO) (Bonner 1984a). A continuación se definen dichos términos:

1. **Plántulas anormales**—En análisis de semillas, las plántulas que no cuentan con todas las estructuras normales necesarias para el crecimiento y que no muestran la capacidad para un desarrollo continuo.
2. **Semilla llena**—Semilla con todos los tejidos esenciales para la germinación.
3. **Germinación**—Reanudación del crecimiento activo del embrión dando como resultado que brote de la semilla y el desarrollo de las estructuras esenciales para el crecimiento de la planta.
4. **Capacidad de germinación**—Proporción de una muestra de semillas que ha germinado de manera normal en un período de prueba específico, por lo general expresado como porcentaje.
5. **Energía de germinación**—La proporción de germinación que ocurre hasta el momento del pico en la germinación, el período de la tasa máxima de germinación o algún punto preseleccionado, generalmente 7 días de análisis. (El tiempo crítico de medición puede seleccionarse a través de diferentes medios).
6. **Porcentaje de germinación**—Ver capacidad de germinación.
7. **Semillas duras**—Semillas que permanecen duras

y sin germinar al finalizar un período de pruebas dado, debido a que su testa impermeable ha impedido que absorban agua.

8. **Pico en la germinación**—Tiempo específico cuando la tasa de germinación es la más alta. Puede derivarse de muchas maneras. (Ver *Energía de germinación*).
 9. **Pretratamiento**—Cualquier tipo de tratamiento aplicado a las semillas para romper la latencia y acelerar la germinación.
 10. **Pureza**—Proporción de semillas limpias, intactas, de la especie designada en un lote de semillas, por lo general expresada como porcentaje del peso.
 11. **Muestra presentada**—Muestra de semillas presentada a la estación para análisis.
 12. **Muestra de trabajo**—Muestra reducida tomada de la muestra presentada al laboratorio, en la que se realizan algunas pruebas de calidad de la semilla.
 13. **Lote de semillas**—Cantidad específica de semillas de una calidad suficientemente uniforme.
 14. **Calidad de las semillas**—Término general que puede referirse a la pureza, a la capacidad de germinación o al vigor de un lote de semillas.
 15. **Semilla sana**—Una semilla en cuenta con todos los tejidos necesarios para la germinación en condiciones viables.
 16. **Tolerancia**—Una desviación permitida (más o menos) a partir de un estándar. En el análisis de semillas, la diferencia permitida entre o dentro de mediciones replicadas más allá de las cuales se deben repetir las mediciones.
 17. **Vigor**—Aquellas propiedades de la semilla que determinan el potencial para que las plántulas normales broten de manera rápida y uniforme y se desarrollen bajo una amplia gama de condiciones de campo.
- E. Evaluación de la calidad
- Los siguientes principios son fundamentales para evaluar la germinación satisfactoriamente:
1. El muestreo debe ser bueno; las pruebas describen únicamente a la muestra.
 2. Las pruebas bajo condiciones estándares y óptimas garantizan que:
 - a. Se determina el potencial máximo absoluto del lote.
 - b. Todos los laboratorios puedan duplicar las condiciones estándar para comparar pruebas.
- F. Metodología
- Las pruebas satisfactorias de germinación dependen de métodos adecuados:
1. **Componente de semilla pura**—Sólo se utiliza el componente de semilla pura en las pruebas (4 repeticiones de 100 semillas cada una).
 2. **Condiciones ambientales**—Deben controlarse cuidadosamente la temperatura, la luz, la humedad y el medio.
 - a. Los requisitos de temperatura difieren según la especie. Deben seguirse las recomendaciones de la Asociación Internacional de Pruebas de Semillas.
 - b. Los requisitos de luminosidad también se explican a detalle en las reglas de la ISTA.
 - c. El medio de germinación debe ser no tóxico; puede ser material natural o sintético.
 - (1) Los materiales naturales incluyen tierra, arena, turba y otros materiales orgánicos.
 - (2) Los materiales sintéticos incluyen papel secante, toallas de papel, relleno de celulosa (Kimpako), papel filtro, agar y tela.
 3. **Humedad**—El exceso de humedad es un problema común en muchas pruebas.
 4. **Equipo**—El equipo de germinación debe ser confiable.
 - a. Germinadores de gabinete.
 - b. Tablas Jacobsen.
 - c. Salas con acceso directo.
 - d. Contenedores pequeños (cajas de petri y cajas plásticas).
 5. **Procedimientos de análisis**.
 - a. Pretratamiento.
 - (1) Tratamiento para microorganismos/patógenos.
 - (2) Superar la latencia (germinación retrasada).
 - (a) Estratificación (preenfriamiento).
 - (b) Tratamiento químico (nitratos, peróxido de hidrógeno y reguladores del crecimiento).
 - (c) Escarificación para semillas duras.
 - b. Colocación de las muestras.
 - c. Conteo.
 - (1) Definir “semilla germinada”.
 - (2) Contar la frecuencia; el mínimo es semanal.
 - (3) Reconocer a las plántulas anormales; las anomalías comunes son plántulas albinas, raíces pasmadas, geotropismo negativo, collares del “endospermo” y áreas necróticas.
 - d. Duración de la prueba.
 - e. Determinar la condición de las semillas no germinadas.
 6. **Tolerancia y volver a hacer pruebas**.
 - a. Revisar los conceptos oficiales de las pruebas.
 - b. Los analistas deben tener presente otras razones por las cuales volver a hacer pruebas:
 - (1) Demasiada latencia; preenfriamiento adicional necesario.

- (2) Demasiada infección de hongos; aumentar la distancia entre las semillas en el papel secante o hacer pruebas en la arena o en la tierra.
- (3) Distinción normal/anormal poco clara.
- (4) Pruebas de errores humanos.

G. Consideraciones para pruebas adicionales

- 1. Placas del termogradiante.
- 2. Pruebas de las camas del invernadero o vivero.
- 3. Pruebas por peso (p. ej., *Eucalyptus* y *Betula*).
- 4. *Quercus* y otras semillas de gran tamaño pueden cortarse a la mitad.

H. Reportar los resultados

- 1. **Capacidad de germinación.**
- 2. **Tasa de germinación.**
 - a. Energía de germinación.
 - b. Tiempo promedio de germinación (TPG).
 - c. Tiempo para que ocurra cierta proporción de la germinación (p. ej., número de días para que el 50 por ciento de las semillas germinen).
 - d. Valor de la germinación (VG).
 - e. Valor del pico (VP).

I. Revisión práctica

J. Fuentes

Para información adicional ver Bonner 1984a, 1984b; Czabator 1962; Edwards 1987; Asociación Internacional de Pruebas de Semillas 1985, sec. 5, 5A, 11; Willan 1985, p. 202-227.

V. Pruebas rápidas: Corte, tinciones vitales, extirpación del embrión y peróxido de hidrógeno

A. Introducción

El estándar para juzgar la calidad de las semillas siempre es una prueba de germinación bajo condiciones óptimas. Sin embargo, bajo ciertas circunstancias, no es posible realizar pruebas de germinación y deben utilizarse las denominadas “pruebas rápidas” para estimar la calidad de la semilla. Cuando se llevan a cabo adecuadamente, las pruebas rápidas pueden proporcionar información valiosa a los usuarios, analistas y administradores de semillas.

B. Objetivos

- 1. Aprender los diferentes tipos de pruebas rápidas y cómo realizarlos.
- 2. Reconocer las limitaciones de cada prueba y cuándo deben utilizarse.
- 3. Estudiar la interpretación de los resultados de las pruebas.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son esenciales para realizar pruebas rápidas:

- 1. La prueba de corte es la más rápida y sencilla y

puede ser sumamente útil con semillas frescas.

- 2. Las pruebas con tinciones vitales revelan más que el potencial de germinación, pero su interpretación es subjetiva.
- 3. La radiografía de rayos X es la más costosa, pero no necesariamente la mejor de las pruebas rápidas. En algunas situaciones resulta muy eficaz.
- 4. La conductividad en lixiviado es un método nuevo y prometedor.

D. Uso de las pruebas rápidas

Las pruebas rápidas se utilizan cuando se presenta una de las siguientes condiciones.

- 1. **Regla de 60 días de la ISTA**— Si la prueba de germinación requiere más de 60 días para concluirse, entonces debe utilizarse una prueba rápida.
- 2. **Los solicita el usuario.**
- 3. **El suministro de semillas es limitado.**
- 4. **Es necesaria una revisión de la calidad durante la recolección.**
- 5. **Existen otros objetivos de análisis.**

E. Muestreo

Los mismos principios y precauciones de muestreo se aplican a las pruebas rápidas para los análisis de germinación estándar.

F. Métodos de prueba

Existen seis pruebas rápidas que se aplican a las semillas de los árboles.

1. Corte

- a. Técnica: Las semillas se cortan por la mitad a lo largo y se examinan todos los tejidos.
- b. Evaluación: Las semillas buenas son firmes con buen color.
- c. Ventajas:
 - (1) Rápida y económica.
 - (2) Puede realizarse en el campo.
 - (3) Precisa en semillas frescas.
- d. Desventajas:
 - (1) Tiene limitaciones de tamaño.
 - (2) Produce resultados pobres con las semillas almacenadas.
 - (3) Es una prueba destructiva.

2. Tinciones vitales

- a. Técnica: Se expone el embrión y los tejidos de almacenamiento al cortar y manchar. El sitio y la intensidad de la tinción indican tejido viable o muerto.
- b. Opciones de tinciones:
 - (1) Cloruro de tetrazolio (TZ) (más ampliamente utilizado) tiñe el tejido vivo de color rojo.
 - (2) El índigo carmín tiñe los tejidos muertos de azul.
 - (3) Sales de selenio o telurio.

- c. Evaluación (sólo TZ):
 - (1) El tejido sano debe teñirse de carmín.
 - (2) El análisis de “tinción topográfica” es el más preciso, pero es el más difícil de estandarizar.
 - (3) La ISTA (1985) recomienda TZ para ciertas especies latentes.
- d. Ventajas
 - (1) Rápida, la tinción puede leerse en 24 horas.
 - (2) Económica.
 - (3) Las necesidades de equipo son sencillas.
- e. Desventajas
 - (1) Mucho trabajo.
 - (2) Dificultad para obtener una penetración uniforme de la tinción.
 - (3) Dificultad para interpretar la tinción.
 - (4) Requiere práctica y experiencia.
 - (5) Prueba destructiva.

3. Extirpación del embrión

- a. Técnica: Se cortan y abren las semillas y se incuban los embriones en cajas.
- b. Evaluación
 - (1) Las semillas viables son verdes y blancas, con algún crecimiento.
 - (2) Las semillas no viables son oscuras y con moho, sin crecimiento.
- c. Ventajas
 - (1) Necesidades sencillas de equipo.
 - (2) Se examina el verdadero desempeño de la semilla.
 - (3) Fácil de evaluar.
- d. Desventajas
 - (1) Mucho trabajo.
 - (2) Requiere práctica para una extirpación adecuada.
 - (3) Lenta (10 a 14 días)
 - (4) Prueba destructiva.

4. Peróxido de hidrógeno

- a. Técnica: Se corta la cubierta de la semilla para exponer la radícula y se incuba la semilla en peróxido de hidrógeno al 1 por ciento. Se mide el crecimiento de la radícula.
- b. Evaluación: Basada en el crecimiento de la radícula.
- c. Ventajas
 - (1) Prueba económica.
 - (2) Parcialmente objetiva.
 - (3) Sencilla preparación.
- d. Desventajas
 - (1) No es práctica para semillas muy pequeñas.
 - (2) Sólo se hacen pruebas en coníferas.
 - (3) Prueba destructiva.
 - (4) Lenta (7 a 8 días).

5. Radiografía de rayos X

- a. Técnica: Las semillas intactas se exponen a rayos X suaves y se estudian las imágenes capturadas en película.
- b. Evaluación: La evaluación es muy subjetiva.
- c. Ventajas
 - (1) Rápida.
 - (2) Proporciona una imagen permanente.
 - (3) No destruye.
- d. Desventajas
 - (1) El equipo es costoso.
 - (2) Se requiere una amplia capacitación.
 - (3) La interpretación es subjetiva.

6. Conductividad en lixiviado

- a. Técnica: Las semillas se filtran en agua desionizada de 24 a 48 horas; posteriormente se mide la conductividad en lixiviado.
- b. Evaluación: La relación entre la conductividad y la germinación debe establecerse para cada especie.
- c. Ventajas
 - (1) No requiere equipo costoso.
 - (2) Rápida y sencilla.
 - (3) Medida objetiva.
 - (4) No destructiva.
- d. Desventajas
 - (1) Medida indirecta de la calidad de la semilla.
 - (2) Factores desconocidos siguen causando problemas.

G. Fuentes

Para mayor información ver Asociación Internacional de Pruebas de Semillas 1985, anexo al cap. 6, ap. B; Leadem 1984; Willan 1985, p. 221-226.

VI. Pruebas rápidas: Rayos X y conductividad en lixiviado

A. Introducción

Al igual que otras pruebas rápidas, la radiografía ofrece una estimación rápida de la calidad de las semillas cuando no se tiene el tiempo para una prueba completa de germinación. La aplicación de la radiografía en rayos x a la ciencia de las semillas es una de las pocas tecnologías que se originó con semillas de árboles a diferencia de semillas agrícolas. Aún no ha cumplido su promesa inicial, pero existen muchas aplicaciones con semillas. Muchas de las estimaciones rápidas de la calidad de la semilla tienen desventajas importantes: un alto costo, interpretaciones subjetivas, tiempo excesivo, etc. El método de conductividad en lixiviado ofrece una prueba que cumple con todos los requisitos: bajo costo; rápida, medidas objetivas; procedimientos fáciles y no destructiva. Aunque relativamente

nueva, es muy prometedora.

B. Objetivos

1. Revisar la teoría de los rayos x y ver cómo pueden utilizarse en la radiografía de semillas.
2. Aprender los principios de la interpretación de radiografías de semillas.
3. Estudiar las bases fisiológicas para las pruebas en lixiviado.
4. Aprender la metodología de lixiviado.
5. Reconocer las ventajas y desventajas de ambas técnicas.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son esenciales para comprender los dos métodos:

1. Muchos tipos de daño a las semillas pueden detectarse al hacer pruebas con rayos x.
2. El desarrollo del embrión puede medirse de manera precisa, pero no son posibles las correlaciones exactas con la germinación.
3. El uso de agentes de contraste puede aumentar la cantidad de información que se obtiene de las radiografías; sin embargo, muchos de estos agentes matan a las semillas.
4. Hay muchas técnicas radiográficas especiales disponibles, pero muchas requieren equipo asociado con la tecnología médica de rayos x.
5. Conforme las semillas se deterioran, las membranas celulares se dañan, permitiendo la lixiviación de muchas sustancias de las semillas.
6. Pueden detectarse muchos grupos químicos, pero la actividad electrolítica es la más fácil de medir.
7. Las buenas estimaciones de la calidad son posibles con muchas de las especies, pero se siguen prefiriendo las pruebas de germinación como medida estándar para la calidad de la semilla.
8. El método de conductividad es prometedor, pero es necesaria una mayor investigación.

D. Rayos X

1. Teorías

- a. Los rayos x son energía electromagnética de longitud de onda muy corta. Los rayos x penetran los materiales que absorben o reflejan luz, y a su vez los absorbe el objeto.
- b. Las radiografías son imágenes del objeto formado a partir de los rayos x que pasan a través del mismo y produce material fotográfico.
 - (1) La calidad de la radiografía se define por el contraste, la densidad y la definición de la imagen.
 - (2) La calidad se controla por kilovoltaje (kV), miliamperaje (mA), tiempo de exposición, distancia de foco y filme (FFD) y distancia de objeto y filme (OFD).

2. Métodos

- a. Equipo: Existen varios tipos de equipo para rayos x disponibles de manera comercial.
- b. Película: Existen varias opciones de película disponibles, incluyendo:
 - (1) Película tradicional.
 - (2) Película polaroid.
 - (3) Papel radiográfico.
- c. Agentes contrastantes: Los agentes contrastantes se utilizan para aumentar la densidad de ciertos tejidos de la semilla en la radiografía.
 - (1) Los agentes acuosos son principalmente soluciones con una carga pesada de sales catiónicas (p. ej., cloruro de bario y nitrato de plata).
 - (2) Agentes vaporosos: cloroformo u otros derivados halógenos de alcanos.
- d. La seguridad es un aspecto importante de la radiografía de las semillas.

3. Técnicas especiales—Principalmente para su uso en la investigación, éstas incluyen:

- a. Estereoradiografía.
- b. Tomografía.
- c. Xeroradiografía.

4. Usos en pruebas de semillas—Los rayos x se utilizaron inicialmente en semillas en Suecia en 1903.

- a. Los usos más eficaces son:
 - (1) Para determinar la anatomía de las semillas.
 - (2) Para determinar el daño por insectos.
 - (3) Para determinar el daño mecánico.
- b. Los rayos x tienen una utilidad limitada en la determinación de la viabilidad.

E. Conductividad en lixiviado

1. Puntos principales—Conforme las semillas se deterioran, las sustancias pueden lixivarse en proporción al grado de deterioro. Los azúcares, los aminoácidos y los electrolitos son algunos de los materiales que pueden medirse.

2. Técnicas—La conductividad en lixiviado puede medirse de dos maneras:

- a. Analizadores de semillas múltiples
 - (1) Ventajas
 - (a) Rápido.
 - (b) Recibe aportaciones de semillas individuales.
 - (c) Los datos se imprimen en cinta de papel.
 - (d) Algunos modelos pueden calcular estadísticas.
 - (2) Desventajas
 - (a) Alto costo (US\$6,500).
 - (b) Algunos equipos no son confiables.

(c) Se desconoce la influencia en la relación de conductividad/germinación.

b. Técnicas de investigación individual

(1) El manual de la ISTA incluye este modelo para chícharos en las pruebas de vigor (Perry 1981).

(2) Ventajas

(a) Rápido.

(b) Equipo económico.

(c) Completamente objetivo.

(d) Precisión en la mayoría de las especies en un 10 por ciento de germinación.

(3) Desventaja: Algunos factores tienen un efecto desconocido.

F. Fuentes

Para mayor información sobre rayos x ver Vozzo 1978, 1988; Willan 1985, p. 224-226. Para más información sobre conductividad en lixiviado ver Bonner 1991a, Perry 1981.

VII. Pruebas de vigor

A. Introducción

Las pruebas estándar de germinación no miden de manera adecuada la habilidad de germinación de las semillas ni la producción de plántulas normales en condiciones de campo debido a que las pruebas de germinación se realizan en el laboratorio bajo condiciones óptimas. Dichas condiciones rara vez suceden en el campo, de modo que la germinación y la emergencia puede ser mucho más baja que en el laboratorio. Por ello, se ha buscado una medida de la calidad de la semilla más susceptible por parte de quienes se preocupan por la calidad de plantación de un lote de semillas. A esta medida de la calidad de la semilla se le denomina vigor de la semilla. Las pruebas de vigor añaden información complementaria sobre la calidad de las semillas a la información que se obtiene con otras pruebas.

B. Objetivos

1. Aprender el concepto de vigor de la semilla y comprender cómo puede ayudar a los usuarios de semillas.
2. Familiarizarse con los tipos de pruebas del vigor de las semillas y saber cuáles son los más adecuados para las semillas de los árboles.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos clave son fundamentales para interpretar las pruebas de vigor:

1. El vigor es una cualidad de la semilla que una prueba de germinación estándar puede indicar o no.
2. El vigor es más importante bajo condiciones de

campo adversas, también puede indicar el potencial de almacenamiento de un lote de semillas.

3. Las pruebas de vigor por lo general implican medidas directas o indirectas.
4. Para muchas semillas de árboles, la tasa de germinación es la mejor expresión del vigor.

D. Definición de términos

1. Vigor

a. La Asociación de Analistas Oficiales de Semillas lo define como “aquellas propiedades de la semilla que determinan el potencial para que las plántulas normales broten de manera rápida y uniforme y se desarrollen bajo una amplia gama de condiciones de campo” (AOSA 1983).

b. La Asociación Internacional de Pruebas de Semillas lo denomina como “la suma de las propiedades que determinan el nivel potencial de actividad y desempeño de una semilla o de un lote de semillas durante la germinación y el brote de la plántula” (Perry 1981).

c. La Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal lo define como “aquellas propiedades de la semilla que determinan el potencial para que las plántulas normales broten de manera rápida y uniforme y se desarrollen bajo una amplia gama de condiciones de campo” (Bonner 1984a).

2. **Calidad de la semilla**—“Término general que puede referirse a la pureza, a la capacidad de germinación o al vigor de un lote de semillas” (Bonner 1984a).

E. Conceptos del vigor de la semilla

1. **Calidad fisiológica**—La calidad fisiológica de los lotes de semilla varía enormemente. Esto lo ejemplifica las diferentes tasas de germinación en un mismo lote de semillas, la variación en las tasas de crecimiento y los tamaños de las plántulas producidas, así como la habilidad de algunas semillas de producir plántulas bajo condiciones adversas cuando otras no lo hacen. La calidad fisiológica de las semillas comúnmente se denomina vigor.

2. **Madurez fisiológica**—Las semillas alcanzan su máxima capacidad de germinación y vigor durante el proceso de maduración a su máximo peso seco, o la etapa de “madurez fisiológica”. Al alcanzar la madurez fisiológica empieza el deterioro y continúa hasta la muerte de la misma. El proceso no puede detenerse pero la tasa de deterioro puede, hasta cierto punto, controlarse. El vigor disminuye a diferentes tasas en semillas diferentes.

3. **Deterioro**—El vigor de las semillas disminuye

más rápido que la habilidad de germinación. La primera indicación de deterioro es la pérdida de vigor. Por lo tanto, una semilla puede germinar incluso cuando algunas de sus funciones físicas puedan haberse afectado. La habilidad de producir plántulas bajo condiciones de estrés y el crecimiento y rendimiento de plantas puede verse afectado conforme el vigor disminuye. Por lo tanto, el vigor es una medida más integral de la calidad de la semilla que la prueba estándar de germinación.

4. **Estrategia**—La estrategia general para determinar el vigor de la semilla es medir cierto aspecto del desempeño o condición de la misma que refleje el grado de deterioro o la deficiencia genética. No es fácil desarrollar una buena prueba para esta estrategia. Una prueba práctica de vigor debe:
- Poderse reproducir.
 - Poderse interpretar fácilmente.
 - Indicar el potencial de desempeño en campo.
 - Tomar un período de tiempo razonable.
 - No requerir equipo costoso.
 - No requerir una amplia capacitación.

F. Pruebas comunes para el vigor de la semilla

Las pruebas de vigor pueden agruparse en cuatro categorías:

1. **Crecimiento y evaluación de la plántula**

- Clasificación del vigor de la plántula.
- Tasa de crecimiento de la plántula.

2. **Pruebas de estrés**

- Envejecimiento acelerado.
- Prueba de frío.
- Prueba de germinación en frío.
- Estrés osmótico.
- Tratamiento de metanol.

3. **Pruebas bioquímicas**

- Tinción con cloruro de tetrazolio (TZ).
- Actividad de trifosfato de adenosina (ATP).
- Actividad de decarboxilasa de ácido glutámico (GADA).
- Absorción de oxígeno (respiración).
- Pruebas en lixiviado.
 - Azúcares.
 - Aminoácidos.
 - Electrolitos.

4. **Datos de germinación**

- Modelaje matemático de la respuesta de germinación.
 - Distribución normal.
 - Regresiones polinomiales para ajustar a la curva.
 - Función logística.

(4) Transformación probit.

(5) Función de Weibull.

b. Tasa de germinación.

(1) Conteos anticipados.

(2) Percentiles.

(3) Tiempo de germinación promedio (TGP).

(4) Valor de la germinación (VG) y valor del pico (VP).

G. Recomendaciones para las semillas de árboles—Las siguientes pruebas tienen mayor potencial en semillas de árbol:

1. **Parámetros de la tasa de germinación.**

2. **Pruebas de crecimiento de las plántulas.**

3. **Tinción con tetrazolio para semillas grandes.**

4. **Envejecimiento acelerado.**

5. **Conductividad en lixiviado.**

H. Fuentes

Para mayor información sobre pruebas de vigor consultar Asociación de Analistas Oficiales de Semillas 1983; Blanche y otros 1988; Bonner 1986b; Perry 1981; Willan 1985, cap. 9.

I. Insectos

A. Introducción

Los insectos son uno de los mayores destructores de frutos y semillas de los árboles. Reducen tanto la calidad como la cantidad de semillas y afectan a las angiospermas y a las gimnospermas por igual. El daño se realiza en las etapas reproductivas, desde los brotes en desarrollo hasta las semillas limpias almacenadas. Las pérdidas debido a los insectos son enormes y todavía falta mucho por aprender sobre su función en el ciclo reproductivo de las plantas leñosas.

B. Objetivos

1. Aprender los órdenes de insectos que ocasionan un mayor daño a las semillas de los árboles y las especies que atacan.
2. Reconocer los tipos de daños que causan los insectos.
3. Aprender algunos métodos de control y manejo de insectos.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son esenciales para proteger a las semillas de los insectos:

1. Los insectos del orden Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera, Homoptera y Thysanoptera ocasionan el mayor daño a las flores, frutos y semillas de las plantas leñosas.
2. El daño varía de ocasionar que las estructuras reproductivas aborten hasta la pérdida de semillas almacenadas.
3. Los tipos generales de daño incluyen:
 - a. Destrucción de semillas únicamente, Hymenoptera (avispa).
 - b. Formación de agallas y escamas por perforación, Diptera (moscas).
 - c. Alimentación libre, Lepidoptera (palomillas).
 - d. Consumen endospermo, Hemiptera (pulgones).
 - e. Perforación del centro del cono, Coleoptera (escarabajos).
 - f. Causan el aborto del cono, Homoptera (áfidos, etc.) y Thysanoptera (trips, etc.).
4. Los métodos de control dependen de la identificación y conocimiento del ciclo de vida del insecto y la relación entre la planta y el hospedero.
5. Algunos métodos para reducir los daños son las medidas preventivas, los insecticidas, los agentes de control biológico y las técnicas adecuadas de manejo.

D. Daños

1. Conceptos generales

- a. Los insectos reducen la producción de semillas

al infestar los brotes, las flores, los conos y las semillas.

- b. Los insectos que ocasionan el mayor daño están restringidos, en gran medida, a seis órdenes: Lepidoptera (palomillas y mariposas), Diptera (moscas), Coleoptera (escarabajos), Hymenoptera (avispa), Hemiptera (pulgones) y Thysanoptera (trips).

2. Conceptos específicos

- a. El grupo que causa más daño en zonas áridas y semiáridas es el Coleoptera (escarabajos).
 - (1) Bruchidae (gorgojos de la semilla) es el más importante en leguminosas; p. ej., escarabajos del género: *Amblycorus*, *Bruchidius* y *Caryedon*.
 - (2) Curculionidae (gorgojos) pone sus huevos en los frutos en desarrollo:
 - (a) *Conotrachelus*
 - (b) *Curculio* y *Conotrachelus*
 - (c) *Thysanocnemis*
 - (d) *Nanophyes*
 - (e) *Apion ghanaense*
- b. Los Lepidoptera (palomillas y mariposas) dañan las semillas almacenadas:
 - (1) Pyralidae
 - (2) *Melissopus* y *Valentinia*
 - (3) *Agathiphaga*
 - (4) Gelechiidae
- c. Los Hemiptera (pulgones) se alimentan de las semillas con partes de la boca para succión muy especializadas:
 - (1) Los Coreidae atacan las semillas de *Erythrina* en la India y algunas especies de *Acacia* en África.
 - (2) Pentatomidae.
- d. Los Hymenoptera (avispa) se alimentan de semillas:
 - (1) Las larvas de Torymidae (*Megastigmus* spp.) se alimentan de *Pinus*, *Abies* y *Pseudotsuga*.
 - (2) Eurytomidae (*Bruchophagus*).
- e. Los Homoptera (áfidos, cigarras y escamas) no son una amenaza importante para las semillas.
- f. Los Thysanoptera (trips) ocasionan cierto daño a las semillas de los árboles.

E. Control de insectos

Las medidas de control deben orientarse según la especie y la ecología del insecto.

1. **Prevención**—Puede prevenirse que el insecto llegue a las semillas.
2. **Control químico**—Incluye los rociadores del follaje, los venenos sistémicos, las trampas de luz, las trampas químicas y el dióxido de carbono.
3. **Enemigos naturales**—El ciclo de vida del

insecto a combatir y su historial deben revelar a sus enemigos naturales.

4. **Prácticas de recolección**—Recolectar buenas semillas es el primer paso para mantener las pérdidas en el almacenamiento al mínimo.

F. Fuentes

Para mayor información ver Cibrian-Tovar y otros 1986, Johnson 1983, Schopmeyer 1974, Southgate 1983.

II. Patógenos

A. Introducción

Los organismos patógenos (hongos, bacterias y virus) ocasionan grandes pérdidas económicas. No sólo las semillas son víctimas de los patógenos, sino que también son portadoras pasivas (vectores) de patógenos que pueden no afectar directamente a las semillas pero poner en peligro a otros organismos. Por ello se tienen reglamentaciones de cuarentena para plantas que incluyen a las semillas en las restricciones de importación y exportación de material de plantas.

B. Objetivos

1. Aprender los principales tipos de patógenos de semillas y el daño típico que ocasionan.
2. Identificar las medidas para disminuir las pérdidas por patógenos de semillas.
3. Revisar la incidencia documentada de los microorganismos asociados a las semillas de los árboles.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son esenciales en la prevención de patógenos de semillas:

1. Los principales organismos causantes de enfermedades son los hongos, las bacterias y los virus.
2. Todas las semillas de los árboles portan microorganismos, principalmente en la superficie de su cubierta.
3. Todos los microorganismos de las semillas no son patogénicos; incluso algunos son benéficos.
4. No se ha estudiado la patología de las semillas de los árboles tan ampliamente; sigue habiendo mucho trabajo por hacer.

D. Tipos de patógenos

1. Virus

- a. Los virus son responsables de siete tipos de daños a las semillas:
 - (1) Aborto de las semillas.
 - (2) Esterilidad de la flor.
 - (3) Cubierta arrugada.
 - (4) Resequedad.

(5) Endospermo terroso.

(6) Manchas.

(7) Necrosis.

- b. En las leguminosas, los virus en el embrión reducen la viabilidad.
- c. Un alto índice de triploidia puede ser resultado de una infección viral.
- d. El valor de las semillas en el mercado puede reducirse.
- e. Un virus puede sobrevivir a la semilla.

2. Bacterias

—Las infecciones bacterianas son responsables de cuatro tipos de daño a las semillas:

- a. Aborto.
- b. Putrefacción.
- c. Decoloración.
- d. Limo.

3. Los hongos

son una amenaza grave a la salud de las semillas sencillamente por el gran número de especies representativas conocidas como patógenos de semillas. Los hongos son responsables de ocho tipos de daño a las semillas:

- a. Aborto.
- b. Semillas encogidas y de tamaño reducido.
- c. Putrefacción.
- d. Esclerotización y estromatización.
- e. Necrosis.
- f. Decoloración.
- g. Reducción a la capacidad de germinación.
- h. Alteraciones fisiológicas.

E. Mecanismos de control

Los patógenos de las semillas pueden controlarse al reducir la infección y darle tratamiento a las semillas en el laboratorio, en las instalaciones de almacenamiento y en los viveros.

1. Reducción de la infección

—Las infecciones en los huertos pueden reducirse al:

- a. Situar los huertos de semillas en áreas con un bajo riesgo de infección.
- b. Eliminar las plantas huésped alternas.
- c. Desinfectar los huertos.
- d. Aplicar fungicidas.
- e. Utilizar buenos métodos de manejo de conos y frutos.

2. Tratamiento de las semillas en los laboratorios

- a. Esterilización de la superficie.
- b. Fungicidas.
- c. Remojos en agua caliente.

3. Tratamiento de la semilla en almacenamiento

4. Tratamiento de la semilla en viveros

- a. Humedecer.
- b. Enfermedades de las plántulas.

F. Microorganismos que se encuentran en las semillas

de los árboles.

Ver la lista de verificación de Anderson (1986a).

G. Fuentes

Para mayor información ver Anderson 1986a,
Asociación Internacional de Pruebas de Semillas
1966, Neergard 1977, Sutherland y otros 1987.

FUNDAMENTOS PARA VIVEROS

I. Sistemas de producción

A. Introducción

Este curso no tiene la intención de cubrir todos los aspectos del establecimiento y manejo de viveros. Sin embargo, algunos problemas de los viveros implican a las semillas y a las prácticas de manejo de semillas. El tipo de sistema del vivero, su tamaño y la ubicación son importantes para las semillas. Antes se creía que toda la producción y plantación de plántulas en los trópicos debía realizarse en contenedores. Esto es falso; en general, sin embargo, los sistemas de producción de raíces desnudas predominan en las zonas templadas y los sistemas de producción en contenedores en los trópicos.

B. Objetivos

1. Reconocer los diferentes sistemas de viveros y las condiciones más favorables para cada uno.
2. Aprender la relación de los sistemas de viveros con el programa de manejo de semillas nacional.
3. Revisar la tecnología básica de siembra de semillas en cada sistema.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son fundamentales para comprender lo elemental de las semillas en los viveros:

1. Los sistemas de raíces desnudas son más comunes en zonas templadas; los sistemas de contenedores son más comunes en los trópicos.
2. Es posible producir semillas desnudas en los trópicos con ciertos pinos y producir cepas de una selección de especies.
3. En los sistemas de contenedores, por lo general se siembran semillas grandes directamente en los contenedores, mientras que las semillas pequeñas se siembran en camas de germinación o charolas y se trasplantan (pinchándolas).
4. La movilidad de las charolas es una ventaja en el cuidado y la protección de las plántulas.
5. En viveros pequeños, por lo general se aplican los tratamientos para germinación a las semillas a mano.

D. Material central

1. Tipo de vivero

a. **Sistemas de raíces desnudas**

- (1) Son adecuados para programas de plantación a gran escala.
- (2) Pueden producir plántulas o cepas.
- (3) En ambientes tropicales requieren plantación el mismo día.
- (4) Se utiliza con *Pinus caribaea* en Venezuela y plantaciones de cepas de *Gmelina*, *Dalbergia*

sissoo, y *Cassia siamea*.

b. **Sistemas de producción en contenedores**

- (1) Preferibles en la mayoría de los sitios tropicales debido a que:
 - (a) Pueden ser operaciones pequeñas que requieren mucha mano de obra.
 - (b) Las plántulas en los contenedores pueden soportar el estrés de transporte.
- (2) Las opciones del sistema incluyen:
 - (a) Un vivero centralizado de gran tamaño con una producción de 0.5 a 1.0 millón de plántulas.
 - (b) Numerosos viveros pequeños con una producción de 10,000 a 100,000 plántulas.
- (3) Este sistema puede usarse para “silvestres”.

c. **Consideraciones del programa de semillas**

- (1) En un vivero grande, ubicado centralmente, la limpieza y almacenamiento de las semillas deben estar cerca.
- (2) En viveros pequeños y dispersos, la limpieza y el almacenamiento a corto plazo debe llevarse a cabo en un centro regional.
- (3) En viveros pequeños, la mayor parte de la recolección de la semilla, la extracción y la limpieza se realiza en la localidad.
- (4) La recolección localizada obliga a utilizar fuentes de semilla locales.
- (5) Para las recalitrantes tropicales, deben utilizarse los viveros pequeños de la localidad para evitar la pérdida de viabilidad de las semillas.
- (6) La combinación de métodos probablemente evolucione.

2. Producción de raíces desnudas

a. **Semillas pequeñas**—Para las semillas pequeñas, utilice una siembra y cultivo mecanizado.

b. **Semillas grandes**—Para las semillas grandes, siembre a mano.

c. **Cubrir**

- (1) Semillas pequeñas—Presiónelas en la superficie del suelo y cubra con un mantillo ligero (2 a 3 mm).
- (2) Semillas grandes—Colóquelas de lado, presione en la tierra y cubra con 5mm de tierra.

3. Producción en contenedores

En la producción en contenedores, siémbrelas directamente en estos o siémbrelas en camas o charolas y trasplante después (pinchándolas).

a. **Sembrando en contenedores**

- (1) Es bueno para los sistemas de raíces.

- (2) Se utiliza para:
 - (a) Semillas grandes que pueden manejarse individualmente.
 - (b) Lotes de semillas con una alta expectativa de germinación.
- (3) Las tasas de siembra sostenida se muestran en la Tabla 16.
- (4) Permite pinchar las “dobles”.
- (5) Con el objetivo de tener una plántula por contenedor.
- (6) Cálculo de las necesidades de semilla.

b. Sembrar en camas o charolas

- (1) Concentra la germinación en áreas pequeñas.
- (2) Se utiliza para:
 - (a) Lotes de semillas con una expectativa de germinación menor al 40 por ciento.
 - (b) Lotes de semillas con una germinación lenta.
 - (c) Especies que tienen varias plántulas por unidad de semilla.
 - (d) Semillas muy pequeñas.
 - (e) Lotes escasos o muy costosos.

- (3) Proporciona las ventajas de movilidad de la charola.
- (4) Siga los siguientes pasos:
 - (a) Mezcla de arena y tierra 1:1.
 - (b) Arena pura para *Pinus*, *Eucalyptus*, y otros.
 - (c) Presione las semillas en el medio, apenas cubriéndolas ligeramente con arena lavada y mantillo.
 - (d) Monitoree cuidadosamente para mantener un nivel de humedad adecuado.
- (5) Sembrar en camas es lo más común.
 - (a) Proporcione camas con buen drenaje.
 - (b) Disemine las semillas pequeñas, presionándolas en la tierra y cubriéndolas ligeramente.
 - (c) Proteja de roedores.
 - (d) Siembre las semillas muy pequeñas mezclándolas con arena fina.
- (6) Calcule las tasas de siembra.

D. Fuentes

Para información adicional ver Lantz 1985, Liegel y Venator 1987, Napier y Robbins 1989, Willan 1985.

Tabla 16. — *Tasa de siembra recomendada para la producción de plántulas en contenedores (Napier y Robbins 1989).*

Germinación anticipada	Semillas por contenedor
<i>Porcentaje</i>	<i>Número</i>
80	1 ó 2*
60-79	2
40-59	3
<40	utilice camas de semillas

* Siembre la mitad de los contenedores con una semilla y la otra mitad con dos semillas.

PROGRAMAS DE SEMILLAS

I. Programas nacionales

A. Introducción

Los programas nacionales de semillas son necesarios para apoyar los esfuerzos nacionales de reforestación y forestación al garantizar un suministro adecuado de semillas de alta calidad, de especies y fuentes adecuadas. Los países de la Asociación de Naciones Asiáticas del Sureste están perdiendo más de 1.2 millones de hectáreas de terrenos forestales al año para otros usos. La deforestación de las áreas “oficialmente” designadas como terrenos forestales en la India no ha sido excesiva desde los años 50 (casi el 3 por ciento de las tierras del Departamento Forestal), pero esta área de humedales, pequeñas arboledas, etc., se ha despojado más de 10 veces. En el marco de los programas nacionales, también pueden ser necesarios los programas de semillas estatales o provinciales.

B. Objetivos

1. Aprender las funciones generales de un programa nacional de semillas forestales.
2. Estudiar las posibles estructuras administrativas de un programa nacional.
3. Estudiar un programa nacional actual como caso de estudio.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos clave son importantes en los programas nacionales de semillas.

1. La función principal de un programa nacional de semillas forestales es garantizar un suministro adecuado de semillas de árboles apropiadas.
2. Los programas nacionales pueden desempeñar muchas otras funciones importantes.
3. Los programas nacionales deben satisfacer las necesidades de toda la plantación de árboles: plantaciones de madera industrial, protección de cuencas, plantaciones forestales sociales, agrosilvicultura, etc.

D. Las actividades de plantación de árboles deben ser un servicio del programa nacional de semillas forestales.

1. **Productos madereros industriales.**
2. **Leña y carbón**
 - a. Bosques de comunidades.
 - b. Terratenientes individuales.
 - c. Producción comercial.
3. **Protección de cuencas**
 - a. Protección general.
 - b. Protección en áreas específicas (p. ej., represas, desechos de minas, estabilización de dunas).
4. **Barreras contra el viento o cinturones de**

protección.

5. **Plantación urbana.**

6. **Hábitat de fauna silvestre y plantaciones alimenticias.**

7. **Plantación agroforestal.**

8. **Silvicultura social.**

9. **Conservación de recursos genéticos.**

E. Alcance del programa

1. **Distribución de la población.**

2. **Características fisiográficas.**

3. **Área terrestre disponible y propiedad.**

4. **Metas anuales realistas.**

5. **Necesidades de almacenamiento de las semillas.**

6. **Utilización de especies autóctonas.**

F. Elección de especies

1. **Las especies y variedades autóctonas** pueden ser lo mejor.

2. Las exóticas—Se debe tener precaución con las exóticas.

3. **Origen de la semilla**—Son necesarias pruebas de procedencia.

4. Debe seguirse la **sucesión natural de la planta.**

G. Estructura administrativa—Pueden participar muchas dependencias gubernamentales o ministerios, como por ejemplo:

1. **Niveles del ministerio forestal.**

a. Nacional.

b. Provincial o estatal.

c. Comunal u otras estructuras locales.

2. **Dependencias integrales de recursos naturales.**

3. **Dependencias agrícolas.**

4. **Departamentos militares.**

5. **División de responsabilidades.**

a. Planificación general.

b. Adquisición y distribución de la semilla. Puede haber un sitio central o centros regionales para:

(1) Recolección y limpieza.

(2) Pruebas.

(3) Almacenamiento.

(4) Certificación.

(5) Mantenimiento de registros.

(6) Ventas a otros países.

(7) Ventas dentro del país.

c. La producción de plántulas puede basarse en:

(1) Viveros nacionales o estatales.

(2) Viveros comunales.

(3) Viveros privados (agricultores).

(4) Viveros comerciales.

d. Cuidado de la plantación—Existen dos factores a considerar:

(1) Protección, principalmente de los animales, los incendios y la gente.

(2) Medición de supervivencia y crecimiento anticipado.

e. Investigación—Muchos problemas pueden necesitar investigación, como por ejemplo:

(1) Problemas con semillas.

(2) Evaluación de las especies, el sitio y el origen de las semillas.

H. Medidas críticas

Varias medidas críticas en el proceso de planificación merecen buenas decisiones:

1. **Metas de plantación**—¿Qué, dónde y cuánto?

2. **Disponibilidad del suministro de semilla.**

a. Especies autóctonas.

b. Fuentes comerciales.

3. **Equipos de recolección.**

a. Equipo y transporte.

b. Capacitación.

c. Obstáculos legales.

4. **Administración de viveros.**

a. Sitio.

b. Personal.

c. Equipo.

5. **Metas de recolección.**

6. **Centros de semillas**—¿Nacional, estatal o regional?

I. Otras consideraciones

1. **Continuidad de las operaciones.**

2. **Capacitación.**

3. **Funciones múltiples.**

a. Algunos silvicultores también cultivan y distribuyen árboles frutales.

b. En algunos países, sólo existe un laboratorio disponible para pruebas de semillas agrícolas y de árboles.

4. Las **organizaciones internacionales** pueden ayudar en la planificación:

a. ISTA—Secretaría ISTA

Reckenholz, P.O. Box 412

CH-8046 Zurich

Suiza

b. IUFRO—Secretaría IUFRO

Schonbrunn

A-1131 Viena

Austria

c. FAO—Departamento de Desarrollo de

Recursos Forestales

División de Recursos Forestales

Depto. Forestal, FAO

Via delle Terme di Caracalla

I-00100 Roma

Italia

d. ICRAF—Consejo Internacional para la Investigación en Agrosilvicultura

P.O. Box 30677

Nairobi

Kenia

J. Caso de estudio

K. Resumen

Las funciones de un centro nacional de semillas son:

1. Avanzar el desarrollo de la taxonomía y la asistencia en la identificación de especies.

2. Recolectar y diseminar datos sobre la ecología de especies individuales, mejorando así el entendimiento del desempeño de las especies.

3. Promover medidas, según sea necesario, para conservar los recursos genéticos de las especies de importancia.

4. Desarrollar estrategias óptimas de recolección de especies basadas en el conocimiento de los sistemas de reproducción.

5. Mantener las colecciones actuales de semilla y garantizar su futuro desarrollo conforme evolucionan los programas a fin de utilizar especies y procedencias prometedoras.

6. Ayudar a los recolectores de otros países dentro del marco de las políticas nacionales; algunos países restringen la recolección por parte de extranjeros.

7. Brindar información sobre las características físicas y fisiológicas de las semillas y cualesquier enfermedades que las semillas puedan portar.

8. Promover las prácticas de cuarentena que minimizan las posibilidades de que los insectos domésticos se establezcan en otros países.

9. Diseminar la información al proporcionar capacitación, simposios y publicaciones adecuadas.

10. Diseminar muestras de semillas para investigación o pruebas de especies a otras instituciones o países a un costo o como intercambio.

L. Fuentes

Para mayor información consultar Gregg 1983, Hellum (en prensa), Robbins y Shrestha (en prensa), Rudolf 1974.

II. Centros de semillas

A. Introducción

Los programas nacionales de semillas forestales requieren cierto tipo de centro, instituto o laboratorio nacional de semillas de árboles. Se sugieren instalaciones dedicadas y cierta autoridad centralizada para los centros de semillas de árboles. El nivel de tecnología puede variar según las

necesidades del país, pero estos centros deben servir como punto focal para las actividades de semillas.

B. Objetivos

1. Aprender las funciones generales de los centros nacionales de semillas de árboles y cómo apoyan a los programas nacionales de semillas.
2. Estudiar varias opciones de diseño del centro.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos son fundamentales para el desarrollo del centro de semillas:

1. La función principal de un centro de semillas es apoyar al programa nacional de semillas forestales.
2. Los centros de semillas brindan servicios de semillas, investigación sobre problemas de semillas, capacitación para trabajadores y actividades de extensión para los usuarios de las mismas.
3. Muchos países requerirán centros regionales o subcentros para operar de manera eficiente.

D. Funciones

1. **Servicios.**

- a. Coordina la recolección de semillas.
- b. Condiciona la recolección de semillas.
 - (1) Todas las operaciones un centro principal.
 - (2) Secado y extracción en centros regionales.
- c. Almacenamiento de semillas.
 - (1) Almacenamiento operativo.
 - (2) Almacenamiento a largo plazo para reservas excedentes.
 - (3) Almacenamiento a muy largo plazo.
- d. Pruebas
 - (1) Colecciones del programa nacional de semillas.
 - (2) Otros usuarios en el mismo país.
 - (3) Pruebas de terceros.
- e. Certificación

2. **Investigación de semillas.**

- a. Investigación aplicada.
- b. Investigación básica.

3. **Capacitación y extensión.**

- a. Capacitar a los recolectores de semillas, analistas y otros.
- b. Programas de extensión para trabajadores de viveros y agricultores.

E. Centros nacionales o regionales

1. Los **centros nacionales** pueden ser más sensibles a las realidades políticas.
2. Los **centros regionales** pueden ampliar el alcance de las operaciones.
3. **Compromiso**—Los centros nacionales son mejores para el almacenamiento, las pruebas e investigación; los centros regionales son buenos para la recolección y la limpieza.

F. Preocupaciones de la ubicación

1. **Proximidad a las semillas.**
2. **Transporte.**
3. **Aislamiento.**
4. **Ayuda técnica.**
5. **Potencial de desastres.**

G. Diseño del centro

1. Las **zonas de actividad** incluyen las siguientes áreas:
 - a. Andén de carga.
 - b. Área de secado.
 - c. Equipo de extracción.
 - d. Equipo de limpieza.
 - e. Equipo de acondicionamiento.
 - f. Almacenamiento de semilla.
 - g. Laboratorio de pruebas.
 - h. Oficinas para registros y supervisión.
 - i. Almacén de suministro.
2. **Diseño de construcción**—Los planes y diseños sugeridos se encuentran disponibles a través de la ISTA.
3. **Equipo**
 - a. Las fuentes comerciales son mejores, pero mucho puede realizarse en la localidad.
 - b. Las fuentes de refacciones son cruciales.
 - c. El mantenimiento debe estar disponible.
 - d. El suministro de electricidad debe ser confiable.
4. **Dotación de personal**—Los supervisores deben contar con áreas definidas de trabajo:
 - a. Director del centro.
 - b. Supervisor de recolección.
 - c. Supervisor de extracción y limpieza.
 - d. Supervisor de pruebas.
 - e. Supervisor de inventario y envío.
5. **Capacitación**—Todos los miembros del personal deben recibir capacitación en sus especialidades por parte del personal de universidades, en cursos especializados cortos, o bien, capacitación en un centro bien establecido. Si el personal cambia de trabajo, los nuevos deben recibir capacitación inmediatamente. Las habilidades del personal de tantos años deben actualizarse conforme se desarrollan nuevos métodos.

III. Etiquetado y certificación

A. Introducción

Cuando el usuario no recolecta o cultiva el material reproductivo forestal (las semillas, las plántulas y los propágulos), el usuario debe tener una seguridad razonable de la identidad y calidad del material que está comprando. Muchas leyes de etiquetado de semillas requieren una etiqueta detallada para

garantizarle al comprador la identidad, pureza, viabilidad de las semillas y que carecen de plagas; p. ej., la calidad fisiológica del lote de semillas. La certificación es más que un etiquetado requerido por las leyes de semillas; es una afirmación sobre la calidad genética y la identidad del lote de semillas.

B. Objetivos

1. Comprender el propósito de la certificación.
2. Identificar los elementos generales de un programa de certificación.
3. Describir las cuatro categorías de certificación que utiliza la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) en sus estándares para la comercialización internacional.

C. Puntos clave

Los puntos a continuación son fundamentales para entender el etiquetado y certificación del material reproductivo forestal:

1. La certificación es la garantía de una organización oficial reconocida de que el material reproductivo forestal de las variedades identificadas se han cultivado, recolectado, procesado y distribuido de manera que mantienen su alta calidad e identidad genética.
2. Un programa de certificación requiere a una dependencia certificadora, a un productor que desea vender el material certificado, los registros del programa de certificación, los estándares de certificación, las inspecciones independientes y las etiquetas de certificación.
3. Las cuatro categorías de certificación que utiliza la OECD son:
 - a. Identificación de origen (etiqueta amarilla).
 - b. Seleccionada (etiqueta verde).
 - c. Huertos de semilla sin pruebas (etiqueta rosa).
 - d. Material reproductivo probado (etiqueta azul).
4. Por lo general, la certificación requiere inspecciones de la unidad de producción antes de la polinización, una inspección del cultivo antes de la cosecha, inspecciones durante las fases de recolección hasta almacenamiento, así como inspecciones al momento de empacar el material para su venta.

D. Certificación

1. **Definición**—La certificación es la garantía del carácter y la calidad del material reproductivo por parte de una organización oficial reconocida.
2. **Propósito**—La certificación es más que una etiqueta. Su propósito es mantener y poner a disposición del público semillas de alta calidad y propagar material de variedades superiores de plantas de cultivo.
3. **Aspecto internacional**—La OECD desarrolló

un esquema internacional para certificar material reproductivo forestal.

E. Definición de términos

Las siguientes definiciones son los términos utilizados en el esquema de la OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico 1974):

1. **Material reproductivo forestal.**

- a. **Semillas:** Conos, frutos y semillas con la intención de producir plantas.
- b. **Partes de plantas:** Tallo, hojas y cortes de raíces, injertos y capas con la intención de reproducir plantas.
- c. **Plantas:** Las plantas cultivadas a partir de semillas o partes de plantas; también incluye la regeneración natural.

2. **Clones**—Recopilación genéticamente uniforme de ejemplares derivados originalmente de un solo organismo por propagación vegetal, como cortes, divisiones, injertos, capas o apomixia.

3. **Variedad obtenida por selección**—Recopilación de ejemplares cultivados que se distingue por cualesquier caracteres (morfológicos, fisiológicos, citológicos, químicos u otros) de importancia para propósitos agrícolas, forestales u hortícolas, los cuales, al reproducirse (sexual o asexualmente), retienen sus características distintivas.

4. **Procedencia**—El lugar en el que crece cualquier grupo de árboles; el grupo puede ser o no autóctono. (El lugar del origen de la semilla).

5. **Origen**—Para los grupos autóctonos de árboles, el origen es el lugar en el que crecen los árboles; para grupos no autóctonos, el origen es el lugar de donde se sacaron sus semillas o plantas.

6. **Autoridad designada**—Organización o institución nombrada por el gobierno de un país que participa en el esquema de la OECD y responsable ante el mismo, para el propósito de implementar las reglas del esquema.

F. Elementos generales para un programa de certificación

1. **Autoridad designada**—La autoridad designada debe tener vigencia legal.
2. **Productor**—Deben haber productores calificados.
3. **Historial del material**—Estos datos cubren la procedencia, el origen de las semillas y el historial de reproducción.
4. **Producción supervisada**—Esto lo realiza la autoridad designada.
5. **Estándares**—El material debe cumplir con los estándares mínimos.

6. **Etiquetas de certificación**—Las etiquetas se anexan a todos los productos.
- G. Estándares de certificación
1. **Clases de certificación**—Los programas forestales típicamente utilizan los siguientes estándares de la OECD:
 - a. Identificación del origen del material reproductivo (etiqueta amarilla). Las condiciones son:
 - (1) Debe definirse el origen o procedencia de la semilla.
 - (2) Las semillas deben recolectarse, procesarse y almacenarse bajo inspección.
 - b. Material reproductivo seleccionado (etiqueta verde). Las condiciones son:
 - (1) Aislamiento.
 - (2) Variación normal.
 - (3) Tamaño suficiente.
 - (4) Edad y etapa de desarrollo suficiente.
 - (5) Superioridad fenotípica.
 - c. Material de huertos de semilla sin pruebas (etiqueta rosa).
 - d. Material reproductivo probado (etiqueta azul).
 2. Las **zonas de recolección de las semillas** tienen características especiales:
 - a. Están delimitadas por fronteras administrativas y geográficas.
 - b. Deben establecerse y publicarse las fronteras y los números de referencia de las zonas de recolección de semilla.
 - c. Las zonas de recolección de semilla son necesarias para el “material reproductivo de origen identificado”.
 3. **Otros requisitos de certificación**
 - a. El creador, desarrollador, propietario, agente o productor debe solicitar la certificación y proporcionar:
 - (1) El nombre de la variedad.
 - (2) La declaración del origen de la variedad.
 - (3) Una descripción detallada de las características que distinguen a la variedad.
 - (4) Evidencia del desempeño.
 - (5) La declaración del área sugerida de adaptación.
 - b. Las inspecciones pueden incluir:
 - (1) Inspecciones iniciales de campo.
 - (2) Inspecciones del cultivo maduro.
 - (3) Inspecciones durante la recolección, el acondicionamiento y al almacenamiento.
 - (4) Inspección al momento de empaque para venta.
 - c. Las cuotas las paga el productor para apoyar al sistema.

- H. Otra documentación
1. **Etiquetas**—Algunos países u otras entidades políticas requieren etiquetas para las ventas comerciales con la identidad (especie), la pureza, la germinación, etc. en las mismas. No implica una certificación.
 2. **Certificado fitosanitario**—La certificación fitosanitaria se requiere para la mayoría de los países a fin de detener la dispersión de insectos y patógenos. Certifica que se han inspeccionado o tratado las semillas.
- I. Fuentes
- Para información adicional ver Bonner 1981a, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico 1974, Rudolf 1974.

IV. Conservación del germoplasma

- A. Introducción
- La pérdida de los bosques en el mundo se lamenta ampliamente por varias razones. Una consecuencia de la deforestación es la pérdida del valioso germoplasma que podría utilizarse en la regeneración artificial y en futuros programas de reproducción. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) enumera más de 300 especies de árboles o procedencias como en peligro de extinción. Por fortuna, existen medidas que pueden tomarse para conservar el germoplasma.
- B. Objetivos
1. Reconocer las consecuencias de la pérdida excesiva del germoplasma de los árboles forestales.
 2. Aprender las estrategias disponibles para conservar el germoplasma.
- C. Puntos clave
- Los siguientes puntos son esenciales para comprender la conservación del germoplasma:
1. La práctica ideal sería la conservación extensiva *in situ*.
 2. La conservación *ex situ* ya se practica ampliamente, pero deben mantenerse los “datos de pasaporte” del material plantado.
 3. El almacenamiento de la semilla puede jugar un papel crucial en la conservación del germoplasma.
 4. Los programas nacionales de conservación deben planificarse y establecerse cuidadosamente.
- D. Importancia del problema
1. **Deforestación.**
 2. **Pérdidas por insectos y enfermedades.**
 3. **Cambios climáticos globales.**
 4. **Especies en peligro de extinción.**
- E. Tecnologías disponibles para la conservación

Las siguientes estrategias son opciones para la conservación del germoplasma:

1. **Conservación *in situ*.**
2. **Conservación *ex situ*.**
3. **Almacenamiento tradicional de la semilla.**
4. **Almacenamiento criogénico.**
5. **Almacenamiento del polen.**
6. **Tejidos de micropropagación.**

F. Esfuerzos actuales

Las organizaciones a continuación participan en algún tipo de conservación del germoplasma (Tabla 17.):

1. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
2. Consejo Internacional para los Recursos Genéticos de las Plantas (IBPGR).
3. Cooperativa de Recursos de Coníferas de Centroamérica y México (CAMCORE).
4. Instituto Forestal Oxford (OFI).
5. Agencia Danesa de Desarrollo Internacional (DANIDA).
6. Centro Técnico de Bosques Tropicales (CTFT).
7. Organización para la Investigación Científica e Industrial de la Mancomunidad Australiana (CSIRO).
8. Muchos otros países cuentan con instalaciones de almacenamiento de semillas.

G. Recomendaciones para actuar

1. **Aumentar los esfuerzos en la conservación *in situ*.**
2. **Esfuerzos internacionales para más plantaciones de conservación *ex situ*.**
3. **Mayor investigación sobre el almacenamiento tradicional de semilla.**
4. **Mayor investigación con semillas recalcitrantes.**
5. **Establecer más bancos de semillas.**

V. Investigación aplicada

A. Introducción

Muchos problemas de semillas pueden resolverse en la localidad sin equipo sofisticado de investigación que resulta costoso de adquirir y operar. Algunas investigaciones proporcionan respuestas sin un tratamiento estadístico; otras necesitan trabajo estadístico para demostrar su confiabilidad. Por lo general, los diseños sencillos son satisfactorios en el trabajo con semillas, incluyendo tratamientos y factoriales completamente aleatorios. Los requisitos principales son la curiosidad y la dedicación.

B. Objetivos

1. Aprender algunos principios de estudios de

investigación sencillos.

2. Revisar ejemplos de casos de estudio de investigación aplicada de semillas.

C. Puntos clave

Los siguientes puntos clave son fundamentales para la investigación aplicada de semillas:

1. A menudo, pero no siempre, los problemas pueden resolverse con pruebas y experimentos sencillos.
2. Siempre que estén disponibles se utilizan procedimientos estándar; p. ej., reglas para las pruebas de germinación de la ISTA (1985).
3. Siempre se repiten los tratamientos con varias fuentes de semillas o en años de semillas diferentes.
4. Deben reconocerse las limitaciones de los procedimientos a utilizar; p. ej., los medidores eléctricos de humedad de las semillas tienen un error de precisión del 0.1 por ciento.

D. Consideraciones generales

1. **Repetición**—El “estándar” son 4 repeticiones de 100 semillas cada una (típicamente denominado 4x100).
2. **Documentación**—Es fundamental contar con registros completos.
3. **Estadísticas.**
 - a. Los estudios deben diseñarse para permitir el análisis estadístico.
 - b. Siempre que sea posible se utilizan diseños sencillos.
 - c. No debe reemplazarse el sentido común con estadística.
4. **Publicación**—Los buenos resultados deben publicarse.

E. Casos de estudio

1. **Índices de madurez de frutos y semillas**—Se determinan al:
 - a. Utilizar un mínimo de cinco árboles.
 - b. Muestrear durante un período razonable.
 - c. Recolectar de 10 a 15 frutos por árbol.
 - d. Tomar fotografías a color, si es posible.
 - e. Hacer pruebas de los mejores parámetros:
 - (1) Tamaño (longitud y diámetro).
 - (2) Peso (húmedo y seco; secado a 103 °C de 15 a 24 horas).
 - (3) Contenido de humedad.
 - (4) Germinación.
 - (5) Análisis químicos.
 - f. Recopilar datos y trazar promedios en una escala de tiempo.
 - g. Repetir al menos dos veces para cubrir tres cosechas de semillas.
2. **Métodos de extracción y limpieza**

Tabla 17. — Principales centros internacionales de almacenamiento de semilla.¹

Centro	Tamaño aproximado de la colección			Referencia
	País	Especie	Fuente	
		---- Número ----		
Centro de Semillas de Árboles Forestales de Estados Unidos	Estados Unidos	67	197	Karrfalt (1985)†
Laboratorio Nacional de Almacenamiento de Semillas	Estados Unidos	18	41	Bass (1985)†
Instituto Nacional Forestal Petawawa	Canadá	118	2,130	Janas (1984)
Centro de Semillas Forestales DANIDA	Dinamarca	46	187	Anónimo (1985)
Centro de Semillas de Árboles CSIRO	Australia	900	4,000	Turnbull y Doran (en prensa)
OFI Oxford, UK	Reino Unido	*	*	*
Banco Latinoamericano de Semillas Forestales	Costa Rica	153	308	Anónimo (1983)
Banco de Semillas COHDEFOR	Honduras	4	46	Gustavo (1985)†

¹ Bonner, F. T. 1986. Reporte no publicado. Archivado en: Oficina de Ciencia y Tecnología de USAID, Washington D. C. [Se desconoce el número de páginas].

† Comunicación personal con los directores de los centros.

* Datos no disponibles.

- a. Las posibles pruebas incluyen:
 - (1) Secar al sol *versus* a la sombra.
 - (2) Extracción manual *versus* extracción con máquina.
 - (3) Cualquier acción mecánica *versus* limpieza a mano.
 - (4) Determinar los efectos del tamaño de la semilla al clasificarla en tres grupos y hacer pruebas de la germinación.
 - (5) Eliminación de las alas *versus* sembrar semillas con alas.
 - b. Cada tratamiento debe repetirse 5 veces; se realizan pruebas a cada repetición con 4 muestras de 50 semillas cada una.
 - c. Los resultados raros siempre vuelven a someterse a prueba.
 - d. Los diseños estadísticos sugeridos son pruebas de “t” para dos tratamientos y para más de dos tratamientos, completamente aleatorios.
- 3. Pretratamiento para la germinación**
- a. Los posibles métodos de prueba incluyen:
 - (1) Escarificación manual *versus* escarificación mecánica.
 - (2) Caliente *versus* remojo en agua fría.
 - (3) Tiempo y temperatura de estratificación.
 - (4) Estimulación química.
 - b. En estas pruebas también se usan las mismas indicaciones generales descritas en el “2.b.” hasta

“d” anteriores.

4. Condiciones de almacenamiento

- a. Posibles pruebas incluyen:
 - (1) Temperatura ambiente *versus* condiciones de refrigeración.
 - (2) Diferentes temperaturas de refrigeración.
 - (3) Niveles de humedad de la semilla.
 - (4) Tipo de contenedores de almacenamiento.
- b. Las repeticiones deben ser lo suficientemente grandes que permitan el muestreo con el tiempo.
- c. La frecuencia de las pruebas para las semillas ortodoxas es 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 y 5.0 años, y para las semillas recalcitrantes la frecuencia es 1, 2, 4, 8, 12, 18 y 24 meses, y a partir de entonces cada 6 meses.
- d. Deben utilizarse al menos cuatro repeticiones.

5. Pruebas para definir si una semilla es recalcitrante

- Una buena prueba para definir las es:
- a. Embeber de todo el lote de semillas.
 - b. Empezar a secar a al menos dos ritmos (despacio y rápido).
 - c. Tomar muestras periódicas para contenido de humedad y germinación.
 - d. Mantener el ritmo de secado de imbibición total a 10 por ciento de humedad o hasta que las semillas se mueran.
 - e. Las semillas que no puedan secarse a menos del

20 por ciento determinarlas recalcitrantes.

- f. Repetir esta prueba para confirmar que son recalcitrantes; nunca confíe en un ciclo de medición únicamente. Se aconsejan pruebas a lotes de semillas adicionales.
- g. Revisar los daños por frío a 0 y 5 °C al exponer las semillas completamente embebidas a esta temperatura durante 24 horas.
- h. Mantener las estadísticas en perspectiva. Comprender que en la interpretación de resultados, no son tan importantes como el sentido común.

EJERCICIOS DE LABORATORIO

Título	Página
1. Estructura de la semilla	...68
2. Estimación de cosecha de semilla	...68
3. Secado del cono y extracción de la semilla	
Centroamérica	...69
India/Paquistán	...69
4. Requisitos de espacio para almacenamiento	...70
5. Muestreo	...70
6. Humedad, pureza y peso	...71
7. Calibración de los medidores eléctricos de humedad	...72
8. Pruebas de germinación	...72
9. Escarificación	...73
10. Prueba rápida: Tinción con tetrazolio	...74
11. Pruebas rápidas: Corte y extirpación del embrión	...74
12. Pruebas de salud de la semilla	...75

Ejercicio 1 — Estructura de la semilla

Objetivo:

Aprender las estructuras fundamentales de las semillas y su función en los tipos de semilla importantes.

Métodos:

1. Preremoje las muestras de semilla en agua de la llave a temperatura ambiente (o a 27 °C) de 15 a 24 horas. La imbibición suavizará los tejidos y facilitará la disección.
2. Con un cuchillo, cortaúñas o una navaja y según el tipo de semillas, córtelas cuidadosamente en una de dos formas:
 - a. A lo ancho (transversal).
 - b. A lo largo (longitudinal).Quizá sean necesarios varios cortes para exponer el embrión y otros tejidos internos.
3. Estudie los tejidos expuestos por los cortes y etiquételos en bosquejos manuales del material cortado. Determine qué tejidos son para la protección del embrión, el almacenamiento de reservas alimenticias, etc. Busque estructuras anormales, daño por insectos, etc.
4. En al menos una semilla de cada especie, trate de retirar el embrión sin dañarlo, haga un bosquejo y etiquete las partes.

Materiales:

Cortaúñas (o cuchillos), navajas, agujas de disección, una pequeña lupa, lápiz y papel, y muestras de cinco especies de semillas de árboles.

Ejercicio 2 — Estimación de cosecha de semilla

Objetivo:

Predecir la cosecha de semilla antes de la recolección al estimar el número de:

1. Semillas buenas por fruto.
2. Frutos por árbol.

Métodos:

1. Semillas buenas por fruto
 - a. Elegir frutos de semillas múltiples y recolectar 15 antes de la madurez.
 - b. Cortar los frutos a lo largo por la mitad y contar las semillas buenas visibles en cada mitad.
 - c. Secar las mitades en un horno (40 a 50 °C) para extraer las semillas y obtener un conteo real de las semillas buenas.
 - d. Calcular las ecuaciones de regresión para predecir el total de semillas a partir de los conteos de las mitades del fruto.
2. Frutos por árbol—Visitar los árboles cercanos y estimar la cosecha de semilla a partir de:
 - a. El conteo total.
 - b. Conteo de un cuarto de la copa.
 - c. Conteo de una rama muestra.
 - d. Cualquier otra forma conocida.
3. Combinar los resultados de ambos métodos para estimar el tamaño de cosecha de semilla.

Materiales:

Cortadores de conos o navajas filosas, un horno, recipientes para secado y binoculares.

Ejercicio 3a — Secado de cono y extracción de semilla (Centroamérica)

Objetivo:

Aprender cómo calcular las necesidades de semilla y fruto para un programa de plantación.

Suposiciones:

Área a plantar — 2,000 hectáreas (ha) a 1,700 árboles por hectárea.

Especie — *Pinus caribaea*

1. Todo contenido de humedad es un porcentaje del peso húmedo.
2. Existen 800 conos cerrados por hectolitro (hl) (40 kg).
3. El contenido de humedad de conos cerrados es 40 por ciento.
4. Los conos duplican su tamaño al abrirse.
5. El rendimiento tiene un promedio de 400 gramos (g) de semillas puras por hectolitro de conos cerrados.
6. Existen 68,200 semillas por kilogramo (kg).
7. La germinación en el laboratorio es del 80 por ciento; 50 por ciento de las semillas germinadas producen plántulas que pueden plantarse.
8. Los conos se colocan en el horno cuando alcanzan un contenido de humedad de 25 por ciento.
9. Las charolas de secado tienen una capacidad de 0.5 hl de conos cerrados; cada pila de ocho charolas de secado tiene 4.0 hl; pueden meterse al horno ocho pilas al mismo tiempo.
10. Toma 12 horas secar una carga completa al 10 por ciento de humedad del cono necesario para que se abran completamente.
11. Se requieren 700 kilocalorías (kcal) para calentar 1 hl de conos durante 1 hora.
12. El valor de combustible para la madera de *Casuarina equisetifolia* es 4,950 kcal por kilogramo; para los conos de *P. caribaea* 4,500.
13. Los conos abiertos de *P. caribaea* pesan 104 g por litro (l).

Preguntas:

1. ¿Cuántos conos deben recolectarse para cumplir con la meta de plantación?
2. ¿Cuánta humedad total debe perderse en el presecado (antes de entrar al horno)?
3. ¿Cuántas pilas de secado se necesitan para presecar todo al mismo tiempo?
4. ¿Cuántas cargas al horno se necesitarán?
5. ¿Cuánto tiempo tomará para que abran todos los conos?
6. ¿Cuánto combustible se necesitará con madera de *C. equisetifolia*? ¿con conos de *P. caribaea*?
7. ¿Se han recolectado suficientes conos para calentar el horno?

Ejercicio 3b — Secado de cono y extracción de semilla (India/Paquistán)

Suposiciones:

Área a plantar — 2,000 ha a 1,700 árboles por hectárea.

Especie — *Pinus roxburghii*

1. Todo contenido de humedad se expresa como porcentaje del peso húmedo.
2. Existen 400 conos cerrados por hectolitro (hl) (40 kg).
3. El contenido de humedad de conos cerrados es 40 por ciento.
4. Los conos duplican su tamaño al abrirse.
5. El rendimiento tiene un promedio de 1.2 kilogramos (kg) de semillas puras por hectolitro de conos cerrados.
6. Existen 12,000 semillas por kilogramo.
7. La germinación en el laboratorio es del 80 por ciento; 50 por ciento de las semillas germinadas producen plántulas que pueden plantarse.
8. Los conos se colocan en el horno cuando alcanzan un contenido de humedad de 25 por ciento.
9. Las charolas de secado tienen una capacidad de 0.5 hl de conos cerrados; cada pila de ocho charolas de secado tiene 4.0 hl; pueden meterse al horno ocho pilas al mismo tiempo.

10. Toma 12 horas secar una carga completa al 10 por ciento de humedad del cono necesario para que se abran completamente.
11. Se requieren 700 kilocalorías (kcal) para calentar 1 hl de conos durante 1 hora.
12. El valor de combustible para la madera de *Casuarina equisetifolia* es 4,950 kcal por kilogramo; para los conos de *P. caribaea* 4,500.
13. Los conos abiertos de *P. roxburghii* pesan 104 g por litro (l).

Preguntas:

1. ¿Cuántos conos deben recolectarse para cumplir con la meta de plantación?
2. ¿Cuánta humedad total debe perderse en el presecado (antes de entrar al horno)?
3. ¿Cuántas pilas de secado se necesitan para presecar todo al mismo tiempo?
4. ¿Cuántas cargas al horno se necesitarán?
5. ¿Cuánto tiempo tomará para que abran todos los conos?
6. ¿Cuánto combustible se necesitará con madera de *C. equisetifolia*? ¿con conos de *P. roxburghii*?
7. ¿Se han recolectado suficientes conos para calentar el horno?

Ejercicio 4 — Requisitos de espacio para almacenamiento

Objetivos:

Una vez que se conocen las necesidades anuales de semilla, deben calcularse los requisitos de espacio para almacenamiento en frío. También debe decidirse cuántos años de suministro de semilla se mantendrán como margen de seguridad: ¿1 año? ¿3 años?

Suposiciones:

1. Debe cultivar 2 millones de plántulas de *Acacia nilotica* y 3 millones de plántulas de *Pinus wallichiana* al año.
2. Se almacenará el suministro de tres años de semillas.
3. El número de semillas por kilogramo (kg) es de 7,000 para *A. nilotica* y 26,000 para *P. wallichiana*.
4. Para cada tres semillas sembradas, sólo dos producirán una plántula que pueda plantarse.
5. Las semillas se almacenarán en botellas plásticas grandes de 10 kg cada una. Las botellas miden 80 centímetros (cm) de alto y 40 cm de diámetro.
6. El diez por ciento del espacio para almacenamiento en frío son pasillos, etc.

Calcular:

1. ¿Cuántos kilogramos de cada especie se van a almacenar?
2. ¿Cuántas botellas y metros cúbicos de espacio de almacenamiento se necesitarán?
3. Repetir el cálculo no.2 si el almacenamiento es en cajas de 40 por 40 por 40 cm. A cada caja le caben 6.5 kg de semillas.
4. ¿Cuáles son las dimensiones de almacenamiento en frío mínimas necesarias para almacenar semillas en los cálculos anteriores 2 y 3?

Ejercicio 5 — Muestreo

Objetivo:

Aprender los métodos básicos para muestrear lotes a granel y algunos usos especiales de las semillas de los árboles.

Métodos:

1. Mezclar cada lote rigurosamente ya sea con una mezcladora mecánica o a mano. Para hacer esto último, esparcir las semillas en una superficie lisa y mezclar puños de lado a lado. Después vierta de un recipiente a otro.
2. Determine el tamaño adecuado de la muestra presentada (el doble de la muestra de trabajo).

3. Saque muestras usando los siguientes equipos/métodos:
 - a. Muestreador de semillas.
 - b. Separador mecánico.
 - c. División.
 - d. Extensión de mano.
4. Pese cada muestra al gramo más cercano, colóquela en una bolsa plástica y etiquete.
5. Guarde las muestras embolsadas para medir pureza, peso y humedad después.

Materiales:

Muestreador de semillas, separador mecánico, espátula, cuchara, bolsas plásticas (15 por 15 cm), marcadores y balanzas de laboratorio.

Ejercicio 6 — Humedad, pureza y peso

Objetivo:

Realizar los pasos fundamentales al medir la humedad, la pureza y el peso de una muestra presentada.

Métodos:

1. Humedad

- a. Utilizar las muestras presentadas obtenidas en el ejercicio de muestreo.
- b. Utilizar una cuchara o una espátula para sacar dos submuestras de 4 a 5 g cada una. Colocar las muestras en latas de secado. Seguir los lineamientos de Bonner (1981b).
- c. Pesar al 0.01 g más cercano y secar en hornos a 103 °C durante 17 horas.
- d. Enfriar en desecantes y volver a pesar. Si no hay desecantes disponibles, utilizar las técnicas de peso rápido para obtener el peso seco.
- e. Calcular la humedad como porcentaje del peso seco:

$$\text{porcentaje de humedad} = \frac{\text{peso húm.} - \text{peso seco}}{\text{peso húm.}} (100)$$

2. Pureza

- a. Reducir el resto de la muestra presentada al tamaño adecuado de muestra de trabajo. Para determinar el tamaño adecuado, tome al menos 2,500 semillas a un máximo de 1,000 g.
- b. Pese la muestra de trabajo (ver 3.5.1.A. en ISTA 1985).
- c. Divida la muestra en los siguientes componentes:
 - (1) Semillas puras.
 - (2) Otras semillas (otras especies).
 - (3) Materia inerte (incluye partes de semillas).
- d. Pese cada componente y expréselo como porcentaje del peso de la muestra de trabajo:

$$\text{porcentaje de semillas puras} = \frac{\text{peso de las semillas puras}}{\text{peso de toda la muestra}} (100)$$

3. Peso

- a. Use el componente de semillas puras de la prueba de pureza.
- b. Ya sea que pese y cuente todo el componente de semillas puras o use repeticiones de menor tamaño (el método de costumbre).
- c. Repita el método:
 - (1) Cuente al azar 8 repeticiones de 100 semillas cada una.
 - (2) Pese cada repetición al mismo número de decimales utilizado en la determinación de la pureza.
 - (3) Obtenga el promedio del peso de 100 semillas y multiplique por 10 para el peso de 1,000 semillas.
 - (4) Convierta a semillas puras por kilogramo de la siguiente manera:

$$\frac{1,000,000}{\text{peso de 1,000 semillas}} = \text{semillas por kg}$$
- d. En pruebas oficiales, la variación debe estimarse de la siguiente manera:

$$(1) \text{ Varianza} = \frac{n \sum (x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

$$(2) \text{ Desviación estándar } (o) = \sqrt{\frac{\text{varianza}}{(Q)}}$$

$$(3) \text{ Coeficiente de variación (CV)} = \frac{o}{x} (100)$$

(x = peso promedio de 100 semillas, ver 3.c. anterior)

(4) Si CV es igual o menor a 4.0, la respuesta en el “3.c.” anterior es aceptable. Si CV es mayor a 4.0., tome 8 repeticiones más y vuelva a realizar el proceso, usando las 16 repeticiones en los cálculos.

Materiales:

Una espátula, una cuchara, balanzas de laboratorio, un horno, latas de secado, desecantes, fórceps y lápiz y papel.

Ejercicio 7 — Calibración de los medidores eléctricos de humedad

Objetivo:

Demostrar un método sencillo para elaborar tablas de calibración para medidores eléctricos de humedad. Estos métodos funcionan bien con cualquier tipo de medidor.

Métodos:

1. Obtener de 4 a 5 kg de semillas de un lote de la especie deseada; mezclar bien.
2. Separar en 10 muestras al azar de unos 400 g cada una.
3. Ajustar la humedad de las muestras para que abarque el rango de contenido de humedad que se encontrará (aproximadamente 5 a 20 por ciento). Hacer esto secando varias muestras (variar las condiciones de secado) y añadiendo agua a otras (variar la cantidad de agua).
4. Colocar cada muestra en una bolsa plástica y colocar la bolsa en un refrigerador durante 1 semana para permitir que la humedad se equilibre.
5. Después de 1 semana, retire las muestras y déjelas a temperatura ambiente (2 a 3 horas).
6. Tome la lectura del medidor en el lote más seco de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Registre el valor e inmediatamente saque dos submuestras de 5 g para determinaciones de contenido de humedad en el horno. Siga las instrucciones anteriores.
7. Repita el paso no. 6 con las otras muestras en el orden ascendente de contenido de humedad.
8. Trace los datos en una gráfica: porcentaje de humedad del horno vs. lectura del medidor. Utilice esta curva para relacionar las futuras lecturas del medidor al contenido real de humedad para esta especie en particular.
9. Para una calibración más precisa, elabore una curva de regresión (porcentaje de humedad del horno en las lecturas del medidor) y calcule los valores para la tabla de calibración. Para una regresión debe haber más de 10 observaciones disponibles, de modo que deben obtenerse otras 10 muestras para repetir todo el proceso.
10. Este procedimiento debe realizarse por separado para cada especie a analizar.

Materiales:

Un medidor eléctrico, una cuchara, balanzas de laboratorio, un horno, recipientes para pesar, desecantes, bolsas plásticas y papel para graficar.

Ejercicio 8 — Pruebas de germinación

Objetivo:

Aprender los pasos fundamentales en la prueba de germinación y a realizar pruebas sencillas en algunas especies importantes. Debido a la duración de este curso, puede que no sea posible una prueba completa. Al empezar con algunas muestras antes de hablar de pruebas extensas, debe surgir cierta germinación y estar disponible para evaluación.

Métodos:

1. Preremoje las muestras de semilla en agua de la llave a temperatura ambiente (27 °C) de 15 a 24 horas.
2. Divida las muestras en 2 reproducciones de 20 a 50 semillas cada una, según la especie. Si se utilizan semillas de *Eucalyptus* sp., pese dos reproducciones de acuerdo con las reglas de la ISTA (1985).
3. La mitad del grupo esterilizará la superficie de sus muestras con una solución de blanqueador de cloro al 10 por ciento, y la otra mitad no. El tratamiento consiste en un remojo de 5 a 10 minutos, seguido de un enjuague bajo el chorro de agua de la llave.
4. Las especies con semillas duras (p. ej., *Acacia*) se escarificarán con un cuchillo, navaja o papel de lija en el extremo de la radícula como se determinó en el Ejercicio 1.
5. Coloque las reproducciones en platos de vidrio o de plástico sobre papel filtro húmedo o en otro medio adecuado. El papel debe estar húmedo, pero no tan mojado que deje agua en la depresión cuando se aplasta con el dedo. Coloque tapas a los platos; si no hay tapas use envoltura plástica.
6. Etiquete todos los platos y colóquelos en el germinador o bien a temperatura ambiente constante. Si no se tienen disponibles las instalaciones, coloque los platos en una mesa bajo focos al centro de la habitación. Si no se tienen focos disponibles, colóquelos cerca de ventanas que brinden una buena luz natural.
7. Revise la humedad de los platos todos los días; añada agua si están secos. La germinación es evidente en unos 7 días. Registre la germinación normal, la germinación anormal y los indicios de problemas de insectos o enfermedades.

Materiales:

Un cuchillo, una lima pequeña, papel de lija para escarificación, blanqueador de cloro, papel secante para germinación, platos (10 por estudiante), marcador para vidrio y balanzas de laboratorio. Es deseable un germinador o temperatura ambiente constante pero no necesario.

Sugerencia de especies:

Pinus, *Acacia* o otra leguminosa, *Eucalyptus*, y dos especies autóctonas.

Ejercicio 9 — Escarificación

Objetivo:

Demonstrar la efectividad relativa de las técnicas sencillas de escarificación que pueden utilizarse en las pruebas de semillas.

Métodos:

1. Contar 120 semillas de una especie con semillas duras y dividir las en 8 submuestras de 15 semillas cada una.
2. Escarificar 2 reproducciones de 15 con cada uno de los siguientes procedimientos:
 - a. Limar a lo ancho de la cubierta de la semilla lo suficiente como para hacer una muesca en la misma.
 - b. Usar cortaúñas, tijeras o un cuchillo para cortar la cubierta de la semilla por un lado.
 - c. Lijar la semilla lo suficiente como para cortar la cubierta de la semilla del extremo de la radícula.
 - d. Las otras dos muestras serán controles sin tratamiento.
3. Colocar las muestras escarificadas en papel secante húmedo en platos y cubrirlas al igual que en la prueba de germinación. Si hay espacio, coloque todos los platos en el germinador. Si no, colóquelos en una mesa con buena luz y déjelos para observación durante el resto del curso.
4. Cuente periódicamente el número de semillas que germinan y el número de semillas hinchadas. La segunda condición confirma que se ha absorbido agua, pero que algo más está obstruyendo la germinación. Reporte ambas condiciones como porcentaje del número total de semillas en la prueba.

Materiales:

Cuatro platos de vidrio o plástico, papel secante para germinación, lima, cortaúñas o tijeras, papel de lija grueso y marcadores.

Ejercicio 10 — Prueba rápida: Tinción con tetrazolio

Objetivo:

Aprender las técnicas básicas de la prueba de tinción con tetrazolio (TZ) para viabilidad.

Métodos:

1. Obtener dos muestras de 50 semillas a partir de las semillas que han estado remojando en agua de la llave durante 24 horas.
2. Preparar una solución de TZ al 1 por ciento disolviendo 10 g de sales TZ (cloruro o bromuro) en 1,000 ml de agua destilada (pH 6.5 a 7.0). Si el pH del agua se encuentra fuera de este rango, debe prepararse una solución amortiguadora de la siguiente manera:
 - a. Preparar dos soluciones:
 - (1) Solución 1 — Disolver 9.078 g KH_2HPO_4 en 1,000 ml de agua.
 - (2) Solución 2 — Disolver 11.876 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en 1,000 ml de agua.
 - b. Mezclar dos partes de solución 1 con tres partes de solución 2.
 - c. Disolver 10 g de sales TZ en 1,000 de la solución amortiguadora para hacer una solución al 1 por ciento.
3. Abrir cuidadosamente las semillas embebidas para exponer el embrión por completo. El embrión puede retirarse completamente, como en el ejercicio de la prueba de embrión.
4. Inmersa los embriones completamente en la solución TZ e incube a 30 °C, en la oscuridad, de 15 a 24 horas (dependiendo de la especie y la condición de las semillas).
5. Para la evaluación, decante la solución TZ, enjuague las semillas en agua y estudie los embriones en una superficie húmeda. La tinción moderada de rojo señala tejidos viables, una fuerte tinción de rojo indica tejidos dañados, y la ausencia de cualquier tinción indica tejidos no viables. Las interpretaciones de las tinciones pueden variar con la especie. Como orientación, consultar la ISTA (1985).
6. Compare los resultados con los resultados de otras pruebas rápidas o los resultados de la prueba de germinación.

Materiales:

Equipo de disección, platos, sales de tetrazolio, amortiguadores (en caso necesario) y una incubadora oscura de temperatura constante.

Ejercicio 11 — Pruebas rápidas: Corte y extirpación del embrión

Objetivo:

Aprender las técnicas de la prueba de corte para estimación de la viabilidad y extirpación del embrión para la prueba del mismo nombre.

Métodos:

1. Prueba de corte
 - a. Obtener muestras de 50 semillas de varios lotes de semilla y dividirlos en sublotés de 25 cada una.
 - b. Cortar las semillas por la mitad, usando un corte transversal por el centro de las semillas. Clasificarlas como viables, dañadas por insectos o enfermedades, o huecas. Promediar los resultados de los sublotés.
2. Prueba de extirpación del embrión
 - a. Obtener muestras de 50 semillas de varios lotes de semilla que han estado remojando en agua de la llave de 24 a 48 horas a temperatura ambiente, y dividirlos en sublotés de 25 como antes.
 - b. Con una navaja o bisturí, corte cuidadosamente a través de la cubierta y el endospermo (si lo hay) y exponga el embrión.

- c. Desprenda cuidadosamente al embrión de los tejidos que le rodean con las agujas de disección u otros instrumentos puntiagudos. Evite dañar al embrión.
- d. Coloque cuidadosamente el embrión extirpado en papel filtro húmedo en un recipiente con tapa, como en una caja petri. Mantenga a 20 °C bajo luz hasta que pueda hacerse una evaluación (por lo general en 14 días).
- e. Los embriones enfermos o dañados no deben colocarse en recipientes. Las semillas huecas deben clasificarse como tales y no reemplazarse en la prueba.
- f. Debe desinfectarse la superficie de trabajo y todos los instrumentos para reducir las infecciones por moho con una solución de etanol al 50 por ciento. Los instrumentos deben sumergirse entre cada disección.
- g. Los embriones deben clasificarse en 14 días de la siguiente manera:
 - (1) Viabiles
 - (a) Embriones que germinan.
 - (b) Embriones con uno o más cotiledones que muestran crecimiento o verdor.
 - (c) Embriones que permanecen firmes, ligeramente agrandados, y ya sea de color blanco o amarillo según la especie.
 - (2) No viabiles
 - (a) Embriones que rápidamente desarrollan moho, se deterioran y pudren.
 - (b) Embriones degenerados.
 - (c) Embriones que muestran una decoloración café o negra, un color grisáceo, o una apariencia blanca acuosa.
 - (d) Semillas en las que el embrión está muerto, no existe o está deforme.
- h. Compare sus resultados con los resultados de la prueba de corte.

Materiales:

Navajas, bisturí, agujas de disección, cajas petri, papel filtro y etanol.

Ejercicio 12 — Pruebas de salud de la semilla

Objetivo:

Aprender las técnicas básicas de las pruebas de salud de la semilla.

Antecedentes:

Las pruebas de salud de las semillas son importantes por tres razones:

1. El inóculo de la semilla puede ocasionar enfermedades en el campo.
2. Los lotes de semilla importados pueden introducir nuevas enfermedades, de modo que pueden requerirse pruebas para cumplir con las reglamentaciones de cuarentena.
3. Las pruebas de salud de la semilla pueden ayudar en la evaluación de las plántulas y también a determinar las causas de una mala germinación o el establecimiento en el campo. Complementa las pruebas de germinación.

La **salud de la semilla** se refiere principalmente a la presencia o ausencia de organismos que ocasionan enfermedades (p. ej., hongos, bacterias y virus) y plagas de animales (p. ej., gusanos e insectos). Sin embargo, las condiciones fisiológicas tales como la deficiencia de elementos traza también pueden presentar complicaciones. La **incubación** mantiene a las semillas en un medio ambiente favorable para el desarrollo de patógenos o de síntomas.

El pretratamiento es cualquier tratamiento físico o químico de laboratorio de la muestra de trabajo antes de la incubación, que se realiza con el único fin de facilitar la realización de pruebas.

Muestra:

1. La muestra presentada completa puede ser la muestra de trabajo, dependiendo de la prueba.
2. La muestra de trabajo normalmente es de 400 semillas puras o su equivalente en peso.
3. Se siguen las reglas de muestreo.
4. Las repeticiones que contienen un número específico de semillas, en caso necesario, se toman al azar de la

submuestra después de mezclarla rigurosamente.

Indicaciones generales:

1. Utilice diferentes métodos de prueba según los factores como patógenos o las condiciones a investigar, la especie de las semillas y los propósitos de la prueba. Consultar la ISTA (1966, 1985).
2. Estudie la muestra de trabajo con incubación o sin ella.
 - a. Estudie sin incubación. (Este método no proporciona ningún indicio de la viabilidad del patógeno).
 - (1) Estudie la muestra con un estereomicroscopio para indicios generales de enfermedades o plagas.
 - (2) Estudie las semillas embebidas. Inmersa la muestra de trabajo para que los cuerpos fructíferos, los síntomas o las plagas sean más fáciles de ver y para fomentar la liberación de esporas. Observe con el estereomicroscopio después de la imbibición.
 - (3) Estudie los organismos que se eliminan en el lavado. Sumerja la muestra de trabajo en agua con un agente humectante o en alcohol, agite para eliminar las esporas, hifas, nematodos, etc. Estudie el exceso de líquido con un microscopio compuesto.
 - b. Estudie después de la incubación.
 - (1) Después de un período específico de incubación, inspeccione la muestra de trabajo. Advierta la presencia de organismos de enfermedades o plagas en las semillas o las plántulas. Use papel secante, arena o agar como medio de incubación.
 - (2) Use el papel secante cuando sea necesario para cultivar los patógenos de las semillas o para estudiar las plántulas. Las semillas pueden o no haber sido penetradas. Espacie mucho para evitar una segunda diseminación de organismos. Utilice luz conforme sea necesario para estimular la esporulación. Observe bajo el microscopio.
 - (3) La arena o el abono artificial puede utilizarse para ciertos patógenos. Por lo general las semillas no están pretratadas, pero se espacian mucho en el medio. La incubación es favorable para la expresión de los síntomas.
 - (4) Use placas de agar para obtener un crecimiento identificable de organismos a partir de las semillas.
 - (a) La esterilidad es necesaria; normalmente se pretratan y espacian las semillas.
 - (b) Identifique las colonias características y las esporas con el microscopio.
 - (c) Utilice inhibidores de luz y germinación.
3. Estudie las plantas en crecimiento. Cultive plantas de semillas y estúdielas buscando síntomas de enfermedades para determinar la presencia de bacterias, hongos o virus. Use el inóculo del lote de semillas de prueba para hacer pruebas de infección en las plántulas saludables.

Cálculos y expresiones de los resultados:

1. Expresé los resultados como porcentaje de las semillas afectadas o como número de organismos en el peso de la muestra estudiada.
2. Reporte los resultados en el certificado ISTA.
 - a. Reporte el método de prueba.
 - b. Reporte los pretratamientos.
 - c. La ausencia de una prueba de salud no implica una condición de salud satisfactoria.

Ejemplo de prueba específica — Hongo que causa el cancro:

1. Adaptado de Anderson (1986b).
2. Método de papel secante, muestra de 400 semillas.
 - a. Caldo de pentacloronitrobenzoceno (PCNB)

Combine peptona, 15 g; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 5 g; KH_2PO_4 , 1 g; terraclor, 1 g con 1 l de H_2O destilada. Mezclar bien utilizando un agitador magnético. Esterilice en autoclave durante 15 minutos. Después de esterilizar, coloque el matraz en el agitador magnético y mezcle lentamente hasta que la solución se enfríe a temperatura ambiente o ligeramente tibia. Añada 1 g de sulfato de estreptomina y de 1 a 2 g de sulfato de neomicina en condiciones estériles y mezcle.
 - b. Coloque 25 semillas en papel secante azul en contenedores plásticos. Aplaste las semillas con un pedazo de plástico esterilizado cortado al tamaño de la abertura de la caja plástica. Rocíe las semillas y el papel secante con

el caldo PCNB.

- c. Incube 14 días a 20 °C o hasta que las colonias tengan un diámetro de 2 cm.
 - d. Inspecciones todas las semillas buscando colonias de lento crecimiento, granulares blancas. Revise cada colonia sospechosa con un microscopio de luz a un aumento de 100 a 400 buscando microconidias y polifialides. Seleccione hongos de la superficie de la semilla, no de la superficie del papel. Divida las semillas en 4 grupos de 100 para propósitos del reporte.
3. Método de agar.
- a. Prepare agar fresco de dextrosa y papa (PDA) (rinde 1 l).
 - (1) Limpie y corte en cuadritos una papa de tamaño medio.
 - (2) Coloque la papa en cuadritos en un vaso de precipitado con 500 ml de H₂O destilada. Esterilice en autoclave.
 - (3) En un matraz, agregue 20 g de dextrosa y 17 g de agar a 500 ml de H₂O destilada.
 - (4) Coloque la solución de dextrosa/agar en el agitador magnético y a calor bajo.
 - (5) Filtre las papas cocidas a través de dos capas de tela de estopilla para obtener al menos 200 ml de compuesto acuoso.
 - (6) Anote la cantidad de compuesto acuoso y viértala en el matraz con la solución de dextrosa/agar.
 - (7) Añada suficiente H₂O destilada para que la cantidad de la solución sea 500 ml (p. ej., si hay 200 ml de compuesto acuoso, añada 300 ml de H₂O destilada).
 - (8) Coloque la solución en el autoclave y esterilice durante 15 minutos. Para acidificar el medio, añada 20 gotas de ácido láctico al 50 por ciento para obtener un pH de 4.7.
 - b. Aísle los hongos externos de la semilla, muestra de 25 semillas.
 - (1) Coloque todas las semillas en el PDA acidificado (pH 4.7).
 - (2) Incube 14 días a 20 °C.
 - (3) De ser posible, observe el crecimiento de hongos diariamente e identifíquelos.
 - c. Aísle los hongos internos de la semilla, muestra de 25 semillas.
 - (1) Esterilice la superficie de semillas enteras en etanol al 70 por ciento durante 10 minutos. Mezcle las semillas cada 2 minutos.
 - (2) Bajo condiciones estériles, corte y abra cada semilla y elimine la mitad del material del centro.
 - (3) Coloque la mitad (material del centro) en el PDA acidificado (pH 4.7) usando la técnica estéril.
 - (4) Incube 14 días a 20 °C.
 - (5) De ser posible, observe el crecimiento de hongos diariamente e identifíquelos.

- Anon. 1983. Seed list of the Latin American Forest Tree Seed Bank, Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 10 p.
- Anon. 1985. Seed catalogue January, 1985. Humlebaek, Denmark: DANIDA Forest Seed Centre (appendix 5). [Not paged].
- Anderson, Robert L. 1986a. Checklist of microorganisms associated with tree seeds in the world, 1985. Gen. Tech. Rep. SE-39. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 34 p.
- Anderson, R.L. 1986b. New method for assessing contamination of slash and loblolly pine seeds by *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*. Plant Disease. 70: 452-453.
- Association of Official Seed Analysts. 1983. Seed vigor testing handbook. Contribution No. 32. Handb. on Seed Testing. Association of Official Seed Analysts. 93 p.
- Association of Official Seed Analysts. 1988. Rules for testing seeds. Journal of Seed Technology. 12(3): 1-109.
- Barner, H.; Olesen, Kirsten. 1984. Seed-crop evaluation. Tech. Note 19. Humlebaek, Denmark: DANIDA Forest Seed Centre. 20 p.
- Barnett, James P. 1976. Cone and seed maturation of southern pines. Res. Pap. SO-122. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 11 p.
- Barnett, James P. 1979. An easy way to measure cone specific gravity. In: Karrfalt, R.P., comp. Proceedings of the seed collection workshop; 1979 May 16-18; Macon, GA. SA-TP-8. Atlanta, GA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, State and Private Forestry: 21-23.
- Bewley, J.D.; Black, M. 1982. Physiology and biochemistry of seeds. Berlin: Springer-Verlag. 681 p. 2 vols.
- Blanche, C.A.; Elam, W.W.; Hodges, J.D. [and others]. 1988. Accelerated aging of selected tree seeds. In: Physiology and genetics of reforestation: Proceedings of the 10th North American forest biology workshop; 1988 July 20-22; Vancouver, BC. Vancouver, BC: University of British Columbia: 327-334.
- Bonner, F.T. 1972. Maturation of sweetgum and American sycamore seeds. Forest Science. 18: 223-231.
- Bonner, F.T. 1974. Fraxinus L. ash. In: Schopmeyer, C.S., tech. coord. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handb. 450. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture: 411-416.
- Bonner, F.T. 1976. Maturation of Shumard and white oak acorns. Forest Science. 22: 149-154.
- Bonner, F.T. 1981a. Collection, conditioning and certification of forest tree seed. In: Khosla, P.K., ed. Advances in forest genetics. New Delhi: Ambika Publications: 60-78.
- Bonner, F.T. 1981b. Measurement and management of tree seed moisture. Res. Pap. SO-177. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 11 p.
- Bonner, F.T. 1984a. Glossary of seed germination terms for tree seed workers. Gen. Tech. Rep. SO-49. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 4 p.
- Bonner, F.T. 1984b. Testing for seed quality in southern oaks. Res. Note SO-306. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 6 p.
- Bonner, F.T. 1986a. Cone storage and seed quality in eastern white pine (*Pinus strobus* L.). Tree Planters' Notes. 37 (4): 3-6.
- Bonner, F.T. 1986b. Measurement of seed vigor for loblolly and slash pines. Forest Science. 32:170-178.
- Bonner, F.T. 1987a. Effects of storage of loblolly and slash pine cones on seed quality. Southern Journal of Applied Forestry. 11: 59-65.
- Bonner, F.T. 1987b. Importance of seed size in germination and seedling growth. In: Kamra, S.K.; Ayling, R.D., comp., eds. IUFRO international symposium on forest seed problems in Africa; 1987 August 23-September 2; Harare, Zimbabwe. Rep. 7. Umea, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences: 53-61.
- Bonner, F.T. 1990. Storage of seeds: potential and limitations for germplasm conservation. Forest Ecology and Management. 35: 35-43.
- Bonner, F.T. 1991a. Estimating seed quality of southern pines by leachate conductivity. Res. Pap. SO-263. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 4 p.
- Bonner, F.T. 1991b. Seed management. In: Duryea, M.L.; Dougherty, P.M., eds. Forest regeneration manual. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers: 51-73.
- Bonner, F.T.; Vozzo, J.A. 1990. Storing recalcitrant tropical forest tree seeds. In: Triviño, D.T.; Jara N., L.F., eds. Memorias del seminario – taller sobre investigaciones en semillas forestales tropicales; 1988 October 26-28; Bogotá, Colombia. CONIF Serie Doc. 18. Bogotá: Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal: 139-142.
- Bramlett, D.L.; Belcher, E.W., Jr.; DeBarr, G.D. [and others]. 1977. Cone analysis of southern pines: a guidebook. Gen. Tech. Rep. SE-13. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service,

- Southeastern Forest Experiment Station. 28 p.
- Burley, J.; Styles, B.T., eds. 1976. Tropical trees -variation, breeding, and conservation. Linnean Society of London symposium; series 2. London: Academic Press. 243 p.
- Chin, H.F.; Roberts, E.H. 1980. Recalcitrant cropseeds. Kuala Lumpur, Malaysia: Tropical Press. 152p.
- Cibrian-Tovar, David; Ebel, Bernard H.; Yates, Harry O., III [and others]. 1986. Cone and seed insects of the Mexican conifers. Gen. Tech. Rep. SE-40. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station.110 p.
- Czabator, Felix J. 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. Forest Science. 8: 386-396.
- Daryono. H.; Hamzah, Z.; Trikawan. 1979. Pengaruh berat jenis kerucut *Pinus merkusii* terhadap persennerkecambahan = Influence of the specific gravity of *Pinus merkusii* cones on germination percent. Laporan, Lembago Penelitian Hutan, Indonesia. No 294. 34 p. Forestry Abstracts. 49(11): 70-72. In Malaysian.
- Derr, Harold J.; Mann, William F., Jr. 1971. Direct-seeding pines in the South. Agric. Handb. 391. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.68 p.
- Dogra, P.D. 1983. Reproductive biology of conifers and its application in forestry and forest genetics. Phytomorphology. 33(1-4): 142-156.
- Doran, J.C.; Turnbull, J.W.; Boland, D.J. [and others]. 1983. Handbook on seeds of dry-zone acacias: a guide for collecting, extracting, cleaning, and storing the seed and for treatment to promote germination of dry-zone acacia. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.92 P.
- Edwards, D.G.W. 1987. Methods and procedures for testing tree seeds in Canada. Forestry Tech. Rep. 36.Ottawa: Canadian Forestry Service. 31 p.
- Fenton, R.H.; Sucoff, E.I. 1965. Effects of storage treatments on the ripening and viability of Virginia pine seed. Res. Note NE-31. Upper Darby, PA: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 6 p.
- Franklin, E. Carlyle, ed. 1982. Pollen management handbook. Agric. Handb. 587. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 98 p.
- Gregg, B.R. 1983. Seed marketing in the tropics. Seed Science and Technology. 11: 129-148.
- Hardin, James W. 1960. Workbook for woody plants. Minneapolis: Burgess. 131 p.
- Hartmann, Hudson T.; Kester, Dale E.; Davies, Fred T., Jr. 1983. Plant propagation: principles and practices. 5th ed. Inglewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.727 p.
- Hellum, A.K. [In press]. Tree seed needs in an ASEAN context. In: Proceedings of the IUFRO symposium on seed quality of tropical and sub-tropical species;1984 May 22-26; Bangkok, Thailand. Bangkok: Kasetsart University.
- International Board for Plant Genetic Resources. 1976. Engineering, design, and cost aspects of long-term seed storage facilities. Report of International Board for Plant Genetic Resources working group; 1976;[place of meeting unknown]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 19 p.
- International Seed Testing Association. 1966. Hand-book on seed health testing. Proceedings of the International Seed Testing Association (section 3).30: 1,045-1,115.
- International Seed Testing Association. 1985. International rules for seed testing. Seed Science and Technology. 13: 299-520.
- Janas, P.S. 1984. A list of seed in the Canadian Forestry Service Seed Bank. Info. Rep. PI-X-39 E/F. Ottawa: Canadian Forestry Service, Petawana. National Forestry Institute. 63 p.
- Jian, Chi; Peipei, Sao. 1988. Preliminary study on the development rhythm of cones and seeds of Chinese fir. Forest Research. 1: 445-449. [In Chinese with English summary].
- Johnson, Clarence D. 1983. Handbook on seed insects of *Prosopis* species. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 55 p.
- Justice, Oren L.; Bass, Louis N. 1978. Principles and practices of seed storage. Agric. Handb. 506. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 289 p.
- Khan, A.A., ed. 1984. The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. New York: North-Holland. 447 p.
- Khosla, P.K., ed. 1982. Improvement of forest biomass. Delhi, India: Pragati Press. 472 p.
- Krugman, Stanley L.; Jenkinson, James L. 1974. *Pinus* L. pine. In: Schopmeyer, C.S., tech. coord. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handb.450. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture: 598-638.
- Krugman, Stanley L.; Stein, William I.; Schmitt, Daniel M. 1974. Seed biology. In: Schopmeyer, C.S., tech. coord. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handb. 450. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture: 5-40.
- Lantz, Clark W., ed. 1985. Southern pine nursery handbook. Atlanta, GA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Region. [Not paged, looseleaf].
- Leadem, C.L. 1984. Quick tests for tree seed viability. Land Mgmt. Rep. 18. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forests. 45 p.
- Liegel, Leon H.; Venator, Charles R. 1987. A technical

- guide for forest nursery management in the Caribbean and Latin America. Gen. Tech. Rep. SO-67. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 156 p.
- Mayer, A.M.; Poljakoff-Mayber, A. 1975. The germination of seeds. 2d ed. London: Pergamon Press. 192 p.
- Murray, David R., ed. 1984a. Seed physiology: development. New York: Academic Press. 279 p. Vol. 1.
- Murray, David R., ed. 1984b. Seed physiology: germination and reserve mobilization. New York: Academic Press. 295 p. Vol. 2.
- Napier, Ian; Robbins, Marcus. 1989. Forest seed and nursery practice in Nepal. Nepal-United Kingdom Forestry Research Project. Katmandu, Nepal: Sahayogi Press. 139 p.
- Nautiyal, A.R.; Purohit, A.N. 1985. Seed viability in sal. 1: Physiological and biochemical aspects of seed development in *Shorea robusta*. Seed Science and Technology. 13: 59-68.
- Neergard, Paul. 1977. Seed pathology. New York: John Wiley and Sons. 1,187 p. 2 vols.
- Nienstadt, Hans; Snyder, E. Bayne. 1974. Principles of genetic improvement of seed. In: Schopmeyer, C.S., tech. coord. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handb. 450. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture: 42-52.
- Nikolaeva, M.G. 1967. Physiology of deep dormancy in seeds. Washington, DC: National Science Foundation. 220 p. [English translation.]
- Olson, David F., Jr. 1974. Quercus L. oak. In: Schopmeyer, C.S., tech. coord. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handb. 450. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture: 692-703.
- Ontario Ministry of Natural Resources. 1983. Guidelines for tree seed crop forecasting. Toronto: Ontario Ministry of Natural Resources. 141 p.
- Organization for Economic Cooperation and Development. 1974. OECD scheme for the control of forest reproductive material moving in international trade. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development, Directorate for Agriculture and Food. 24 p.
- Owens, J.N.; Blake, M.D. 1985. Forest tree seed production. Canadian Forestry Service Info. Rep. Pl-X-53. Ottawa: Petawawa National Forestry Institute. 161 p.
- Perry, D.A., ed. 1981. Handbook of vigour test methods. Zurich: International Seed Testing Association. 72 p.
- Pfister, Robert D. 1967. Maturity indices for grand fir cones. Res. Note INT-58. Odgen, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 7 p.
- Rediske, J.H. 1961. Maturation of Douglas-fir seed – a biochemical study. Forest Science. 7: 204-213.
- Robbins, A.M.J.; Shrestha, K.B. [In press]. Tree seed quality in Nepal: problems and solutions. In: Proceedings of the IUFRO symposium on seed quality of tropical and sub-tropical species; 1984 May 22-26; Bangkok, Thailand. Bangkok: Kasetsart University.
- Roberts, E.H. 1973. Predicting the storage life of seeds. Seed Science and Technology. 1: 499-514.
- Rudolf, Paul O. 1974. Tree-seed marketing controls. In: Schopmeyer, C.S., tech. coord. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handb. 450. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture: 153-166.
- Rudolf, Paul O.; Dorman, Keith W.; Hitt, Robert G. [and others]. 1974. Production of genetically improved seed. In: Schopmeyer, C.S., tech. coord. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handb. 450. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture: 53-74.
- Schopmeyer, C.S., tech. coord. 1974. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handb. 450. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 883 p.
- Southgate, B.J. 1983. Handbook on seed insects of *Acacia* species. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 30 p.
- Stanwood, Phillip C.; McDonald, Miller B., eds. 1989. Seed moisture. Spec. Publ. 14. Madison, WI: Crop Science Society of America. 115 p.
- Sutherland, Jack R.; Miller, Thomas; Quinard, Rodolfo Salinas, eds. 1987. Cone and seed diseases of North American conifers. North American Forestry Commission Publ. 1. Victoria, BC: North American Forestry Commission. 77 p.
- Tang, H.T.; Tamari, C. 1973. Seed description and storage tests of some dipterocarps. Malaysian Forester. 36(2): 38-53.
- Triviño, D. Trino; De Acosta, Rosalba; Castillo, Amparo. 1990. Técnicas de manejo de semillas para algunas especies forestales neotropicales en Colombia. Serie de Doc. 19. Bogotá: Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal, INDERENA, CIID. 91 p.
- Turnbull, J.W.; Doran, J.O. [In press]. Role of the CSIRO Tree Seed Centre in collection, distribution, and improved use of genetic resources of Australian trees. In: Proceedings of the IUFRO symposium on seed quality of tropical and subtropical species; 1984 May 22-26; Bangkok, Thailand. Bangkok: Kasetsart University.
- von Carlowitz, Peter G. 1986. Multipurpose tree and shrub seed directory. Nairobi, Kenya: International Council for Research in Agroforestry. 265 p.

- Vozzo, J.A. 1978. Radiographic terminology for biological research. Gen. Tech. Rep. SO-18. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 45 p.
- Vozzo, J.A. 1988. Seed radiography. *Materials Evaluation*. 46: 1,450-1,455.
- Whitehead, Donald R. 1983. Wind pollination: some ecological and evolutionary perspectives. In: Real, L., ed. *Pollination biology*. New York: Academic Press:97-108.
- Whitesell, C.D. 1974. *Leucaena leucocephala* (Lam.) deWit. leadtree. In: Schopmeyer, C.S., tech. coord. *Seeds of woody plants in the United States*. Agric. Handb. 450. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture: 491-493.
- Willan, R.L., comp. 1985. A guide to forest seed handling, with special reference to the Tropics. Forestry Paper 20/2. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 379 p.
- Wright, Jonathan W. 1976. *Introduction to forest genetics*. New York: Academic Press. 463 p.
- Zobel, Bruce; Talbert, John. 1984. *Applied forest tree improvement*. New York: John Wiley and Sons. 505p.
- Zobel, Bruce J.; van Wyk, Gerrit; Stahl, Per. 1987. *Growing exotic forests*. New York: John Wiley and Sons. 508 p.

Bonner, F. T.; Vozzo, J. A.; Elam, W. W.; Land, S. B., Jr. 1994. Curso de capacitación sobre tecnología de semillas de árboles. Manual del estudiante. Gen. Tech. Rep. SO-107. Nueva Orleans, LA: Departamento de Agricultura de EEUU, Servicio Forestal, Estación Experimental Bosque Sur. 00 p.

Manual de capacitación que cubre todos los aspectos de tecnología de semillas de árboles desde la recolección hasta la siembra.

Esta publicación reporta investigación que incluye a los pesticidas. No contiene recomendaciones para su uso, tampoco implica que los usos aquí presentados se hayan registrado. Todo uso de pesticidas debe registrarse en las dependencias estatales y federales correspondientes antes de poderlos recomendar.

Cuidado: Los pesticidas son perjudiciales para los humanos, los animales domésticos, las plantas deseables y la pesca y demás vida silvestre — cuando no se manejan o utilizan adecuadamente. Utilice los pesticidas de manera selectiva y cuidadosa. Siga las prácticas recomendadas para disponer del excedente y los contenedores.

El uso de los nombres de marcas y firmas en esta publicación es para información del lector y no implica un respaldo de cualquier producto o servicio por parte del Departamento de Agricultura de EEUU.

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) prohíbe la discriminación en sus programas en base a raza, color, origen nacional, sexo, religión, edad, discapacidad, convicciones políticas y estado marital o familiar. (No todas las bases de prohibición se aplican a todos los programas). Las personas con discapacidad que requieran medios alternos para la comunicación de información de programas (braille, letra grande, audiocassette, etc.) deben comunicarse con la Oficina de Comunicaciones del USDA al (202) 720-5881 (voz) ó (202) 720-7808 (TDD).

Para presentar una queja, escriba al Secretario de Agricultura, Departamento de Agricultura de los EEUU, Washington, DC 20250, o llame al (202) 720-7327 (voz) ó (202) 720-1127 (TDD). El USDA brinda igualdad de oportunidades laborales.