

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 seróticos 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.

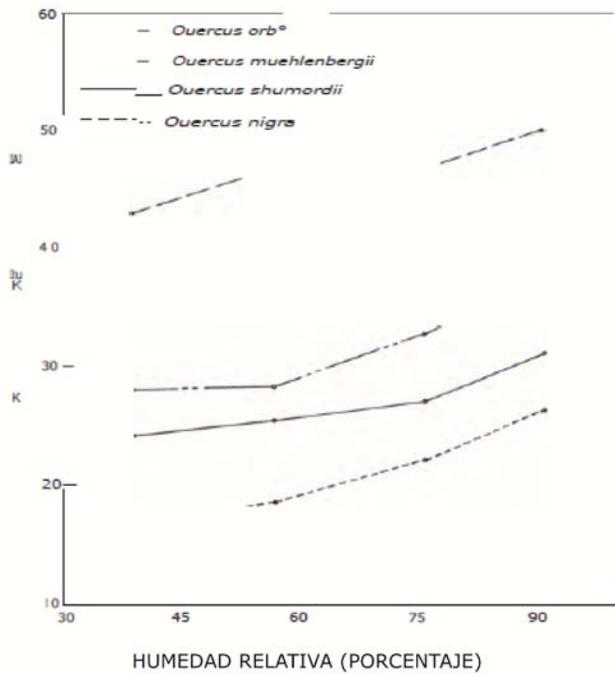


Figura 9. — Contenido de humedad en equilibrio a 25 °C para cuatro especies recalcitrantes *Quercus* (adaptada de Willan 1985).

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 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 (*Pithecolobium* 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
<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.