

**MANUAL DE VIVEROS PARA LA
PRODUCCIÓN DE ESPECIES
FORESTALES EN CONTENEDOR**

VOLUMEN 6

**Propagación de Plantas
Capítulo 2**

Propagación por Semilla

Contenido

6.2.1 Introducción.....	44
6.2.1.1 Biología básica de las semillas.....	44
6.2.1.2 Importancia de la fuente de semillas.....	47
6.2.1.3 Semillas genéticamente mejoradas.....	51
6.2.2 Obtención de semillas de alta calidad.....	52
6.2.2.1 Recolección y procesamiento de semillas.....	52
6.2.2.2 Consideraciones cuando se compran semillas.....	54
6.2.2.3 Mejoramiento de la calidad de las semillas.....	54
Limpieza.....	55
Tamaño.....	55
6.2.3 Pruebas a la semillas.....	57
6.2.3.1 Muestreo.....	58
6.2.3.2 Medición de atributos físicos.....	60
Contenido de humedad.....	60
Pureza.....	61
Peso.....	62
6.2.3.3 Pruebas de germinación y viabilidad de la semilla.....	62
Pruebas de corte.....	63
Pruebas de tetrazolio.....	63
Análisis de rayos X.....	65
Pruebas de germinación.....	65
Nuevas pruebas.....	67
6.2.3.4 Interpretación de las pruebas de germinación.....	67
6.2.3.5 Cálculo de semilla pura viva.....	69
6.2.4 Almacenamiento de semilla.....	70
6.2.4.1 Clases de semillas almacenables.....	70
6.2.4.2 Condiciones críticas de almacenamiento: contenido de humedad y temperatura.....	70
6.2.4.3 Contenedores de almacenamiento.....	71
6.2.4.4 Longevidad de la semilla en almacenamiento.....	71
6.2.5 Tratamientos de pre-siembra para romper la dormancia de semillas.....	74
6.2.5.1 Tipos de dormancia.....	74
6.2.5.2 Semillas sin dormancia.....	74
6.2.5.3 Dormancia de la cubierta de la semilla.....	74
Remojos en agua caliente.....	75
Fuego o humo.....	76
Escarificación.....	76
6.2.5.4 Dormancia morfológica o del embrión.....	79
Estratificación con frío húmedo.....	79
Estratificación antes del almacenamiento.....	80
6.2.5.5 Dormancia doble o combinada.....	83
Estratificación con calor húmedo.....	83
Tratamientos combinados.....	84
Especies desafiantes.....	84
6.2.5.6 Nuevos tratamientos a la semilla.....	85
Remojos químicos.....	85
Cebado.....	85

6.2.6 Tratamientos previos a la siembra para facilitar el manejo de semillas.....	87
6.2.6.1 Revestimiento.....	87
6.2.6.2 Peletizado.....	87
6.2.7 Limpieza y desinfección de semillas.....	89
6.2.7.1 Enjuague con agua aireada.....	90
6.2.7.2 Esterilizantes químicos.....	90
6.2.7.3 Agua caliente.....	92
6.2.7.4 Plaguicidas.....	92
6.2.8 Siembra.....	93
6.2.8.1 Siembra directa.....	93
Determinación de la tasa de siembra por contenedor.....	93
Siembra manual.....	96
Equipos de siembra.....	96
6.2.8.2 Plantación de germinantes de la estratificación.....	98
6.2.8.3 Trasplante de emergentes de las charolas de siembra o "repique".....	99
6.2.8.4 Nuevas técnicas de siembra.....	101
Trasplante de minicepellones.....	101
Perforación fluida.....	103
Siembra de una sola semilla.....	103
6.2.9 Tapado de semillas.....	105
6.2.9.1 Tipos de coberturas.....	105
Textura.....	105
Acumulación de calor.....	105
Esterilidad.....	105
pH.....	105
Peso.....	105
6.2.9.2 Profundidad adecuada y uniforme.....	106
6.2.10 Resumen.....	108
6.2.11 Referencias bibliográficas.....	109
6.2.11.1 Literatura citada.....	109
6.2.11.2 Referencias generales para la propagación de semillas.....	115

6.2.1 Introducción

Por mucho, la mayoría de las especies forestales y de conservación son propagadas por semilla. Con base en el número de plantas, el 95% sería una estimación conservadora debido a la preponderancia de cultivar los árboles forestales comerciales a partir de semillas. Sin embargo, sobre la base del número de especies el porcentaje es menor debido a que muchas especies nativas sólo pueden reproducirse vegetativamente.

Existen razones biológicas y económicas por la popularidad de la reproducción por semilla. La primera y la más importante es conservar la amplia adaptación genética la cual es crítica para el establecimiento y crecimiento exitoso de las plantas, en un ambiente natural. La mayoría de los recursos naturales de la reforestación tienen el objetivo de conservar la variación natural de las especies plantadas, haciendo de la propagación por semilla la opción lógica. Adicionalmente, la propagación por semilla es casi siempre el método de propagación menos costoso; los costos comunes de siembras para especies forestales y de conservación variaron entre 0.25 centavos a 35 dólares por cada mil semillas en 1995 (Cuadro 6.2.1). Además, las semillas son fáciles de transportar y no están limitadas a restricciones fitosanitarias del material de propagación vegetativo (MacDonald, 1986). Por último, la propagación por semillas es ventajosa ya que las semillas de la mayoría de las especies pueden ser almacenadas por varios años.

El objetivo principal de la propagación por semilla es promover una germinación rápida y establecerse para su crecimiento en el contenedor. Para que esta actividad sea exitosa y consistente, los productores deben tener un conocimiento básico sobre la biología de las semillas.

6.2.1.1 Biología básica de las semillas

Los viveristas novatos deben entender las bases del desarrollo de frutos y semillas para asegurar que las semillas que se recolecten o

comprendan sean de alta calidad. Primeramente algunas definiciones (Bonner *et al.*, 1994):

Fruto: un ovario maduro que se desarrolla y envuelve la semilla después de la fertilización. Aunque este término es más comúnmente asociado con las angiospermas, la palabra fruto puede referirse a cualquier estructura que contiene semillas, incluidos los conos.

Semilla: un óvulo maduro que consiste de un embrión, su almacenamiento de nutrientes y una cubierta protectora.

Las plantas producidas en los viveros forestales y de conservación tienen muchos y diferentes tipos de frutos y semillas (Figuras 6.2.1 a 6.2.6), por lo cual, los viveristas deben estar familiarizados con las características de ambos. Cuando se les requirió propagar una planta desconocida, los productores sin experiencia deben consultar alguna de las referencias básicas indicadas en la sección 6.2.11. En particular, las referencias siguientes ofrecen una excelente cobertura de los principios básicos de la biología de las semillas: *Seeds of Woody Plants in the United States* (Semillas de Plantas Leñosas en los Estados Unidos) (Schopmeyer, 1974; Bonner en prensa), *Tree Seed Technology Training Course Manuals* (Manuales del Curso de Capacitación sobre la Tecnología de Semillas de Árboles) (Bonner *et al.*, 1994), *A Guide to the Biology and Use of Forest Tree Seeds* (Una Guía de la Biología y Uso de las Semillas de Árboles Forestales) (Leadem, 1996) y *Anatomy and Morphology of Conifer Tree Seed* (Anatomía y Morfología de Semillas de Coníferas) (Kolotelo, 1997).

La naturaleza ha diseñado frutos y semillas para asegurar su amplia diseminación y el éxito del establecimiento de las plantas, aunque muchas de estas adaptaciones ecológicamente útiles son en realidad un obstáculo para la fácil propagación de las semillas. De hecho, con fines de propagación, los frutos no tienen un uso y algunos tienen la función ecológicamente útil de retrasar la germinación de las semillas, pero frustrantes desde el punto de vista hortícola (Cuadro 6.2.2). Por ejemplo, la planta del

Chamisso (*Carex pachystachya*) aparentemente tiene un inhibidor químico de la germinación en la cáscara papirácea que envuelve las semillas, y con su simple eliminación en algunos lotes, la germinación se ha incrementado hasta un 70% (Trindle, 1995).

Los viveristas que recolectan sus propias semillas tendrán que separar de sus frutos aquellas viables y limpiarlas. Antes de comprar a un distribuidor de semillas o aceptar semillas de un cliente potencial, se debe hacer una inspección cuidadosa para asegurarse que han sido identificadas y limpiadas correctamente. En las coníferas esta inspección es relativamente fácil pero se vuelve más crítica cuando se trata de semillas de otras plantas forestales y de conservación que se cultivan con menos frecuencia. Sería frustrante descubrir justo antes de la siembra que un nuevo cliente ha recolectado la parte equivocada de la flor o el fruto, que todavía tienen que ser procesados. Por ejemplo, en un vivero al que se le solicitó producir algunas

plantas de Aliso (*Alnus* spp.) con semillas suministradas por el cliente, se descubrió que se habían recolectado los amentos masculinos en lugar de los conos femeninos.

Los frutos típicos de las plantas forestales y de conservación son de tres clases generales, y cada una requiere diferentes procedimientos de recolección y proceso de producción (Krugman *et al.*, 1974):

1. Frutos secos de semillas múltiples (“conos”) que liberan sus semillas en la madurez, por ejemplo, el abeto douglas (*Pseudotsuga menziesii*) (Figura 6.2.1A).
2. Frutos secos de una sola semilla que se separan de la planta madre en la madurez, por ejemplo *Carya* spp. (Figura 6.2.2A).
3. Frutos carnosos que se separan de la planta madre en la madurez con sus semillas encerradas, por ejemplo *Prunus* spp. (Figura 6.2.3A).

Cuadro 6.2.1 Los costos de las semillas de especies forestales y de conservación mostrados en las Figuras 6.2.1 a 6.2.6 son relativamente baratos, aunque varían considerablemente debido a la dificultad de su recolección, procesamiento y peso de la semilla.

Especie	Costo (\$)		Número de semillas		Costo (\$)/1000 semillas
	Por kg	Por lb	Por kg	Por lb	
<i>Pseudotsuga menziesii</i> . Montañas rocosas	66	30	70,500	32,000	0.94
<i>Pseudotsuga menziesii</i> . Costa	132	60	88,200	40,000	1.50
<i>Prunus americana</i>	22	10	1,920	8,701	11.48
<i>Carya ovata</i>	7	3.5	220	100	35.0
<i>Acer circinatum</i>	33	15	10,190	4,620	3.25
<i>Populus tremuloides</i> *	1,433	650	7,938,000	3,600,000	0.18
<i>Purshia tridentata</i>	55	25	34,000	15,400	1.62

Fuente: Costos de 1995 del vivero Lawyer; información de las semillas de Schopmeyer (1974).

* Sólo para colecciones especiales

Cuadro 6.2.2 La presencia del fruto de *Magnolia grandiflora* reduce tanto el porcentaje como la tasa de germinación de las semillas.

Condición de la semilla	Tratamiento de la semilla	Germinación (%)	Tasa de germinación (días)
Semilla con fruto	Ninguno	29	125
Semilla con fruto	Remojo en agua por 24 hr	21	125
Semillas sin fruto	Ninguno	73	125
Semillas sin fruto	Remojo en agua por 24 hr	76	125
Semillas sin fruto	Estratificación con frío húmedo por 3 meses	~100	35

Fuente: Modificado de Dirr and Heuser (1987)

Las semillas de diferentes especies de plantas varían considerablemente en tamaño, apariencia y anatomía interna, aunque cada una se compone de tres partes básicas: embrión, tejidos de almacenamiento de alimentos, y la testa. El embrión es la nueva planta en miniatura que eventualmente se convertirá en la planta. Las semillas de algunas especies tienen embriones no desarrollados, mientras que las semillas de otras especies, como el *Pseudotsuga menziesii*, cuentan con embriones que parecen plantas en miniatura con hojas en la semilla (**cotiledones**), y un eje tallo-raíz indiferenciado que consiste en el **hipocótilo** y la **radícula** (Figura 6.2.1C). El tejido de almacenamiento de alimentos proporciona una fuente de nutrientes para la germinación de la semilla y el establecimiento de la planta. El cubierta de la semilla (testa) proporciona protección mecánica al embrión y evita la desecación.

Los viveristas deben familiarizarse con la anatomía de las semillas de las plantas que desean propagar, por varias razones:

1. Deben ser capaces de determinar si las semillas están maduras y viables cuando se recolectan los frutos o se compran semillas limpias.
2. El tipo de cubierta de la semilla y la condición del embrión pueden indicar si se necesita un tratamiento previo a la siembra.
3. La estructura de la semilla proporciona una idea sobre el tipo de cuidado requerido después de la germinación.

Por ejemplo, una semilla madura del *Pseudotsuga menziesii* tiene un embrión que es

por lo menos tres cuartas partes de la longitud de la cavidad de la semilla, y está envuelto por un megagametofito firme de color blanco ("endospermo") (Figura 6.2.1C). Las semillas con un embrión corto o con un megagametofito suave y lechoso, indica que los conos recolectados eran inmaduros. Por el contrario, una semilla madura de *Prunus* spp. (Figura 6.2.3B) tiene un embrión pequeño con enormes cotiledones, sin endospermo y una cubierta gruesa de la semilla que requiere de un tratamiento mecánico o químico, previo a la siembra. La semilla del álamo no tiene órganos importantes de reservas alimenticias, además de una testa delgada (Figura 6.2.5B), lo que implica que los germinantes resultantes serán relativamente débiles, requiriendo cuidadosas prácticas culturales. Una buena discusión sobre la anatomía y morfología de las semillas de coníferas comerciales puede encontrarse en Kolotelo (1997), incluyendo excelentes ilustraciones a color.

La genética de una semilla típica de conífera contiene una mezcla de tres distintos genomas. El embrión contiene una mezcla de genes masculinos y femeninos, aunque el megagametofito como la testa de la semilla son estrictamente femeninos. Esto tiene una importancia operativa debido a que la testa puede ser la causa de la dormancia de la semilla, si ésta inhibe la penetración del agua y el oxígeno, retrasando con ello la germinación. El megagametofito derivado de los genes femeninos también tiene una fuerte influencia sobre la germinación de la semilla y el establecimiento de la planta (El-Kassaby *et al.*, 1993a).

6.2.1.2 Importancia de la fuente de semillas.

Los conceptos de **fuentes de semillas** o de **procedencia** son de primordial importancia cuando se propagan plantas de especies forestales y de conservación a partir de semillas, y se refieren a la zona geográfica (zona semillera) en la que se recolectó la semilla. Las zonas semilleras de algunas especies son demasiado grandes mientras que las de otras especies pueden ser muy pequeñas. En las regiones montañosas la fuente de semillas puede también ser identificada por los rangos altitudinales, que pueden ser tan estrechos como de 152 m (500 pies) (Ver Figura 1.14A en el volumen 1 de esta serie).

La fuente de semillas afecta el desempeño de la planta en dos formas: la tasa de crecimiento y la tolerancia al frío. En general, las plantas producidas a partir de semillas recolectadas a mayores latitudes o altas elevaciones crecerán más lento, pero tienden a ser más resistentes al frío durante el invierno, que aquellas cultivadas a partir de semillas de elevaciones más bajas y de latitudes más meridionales. Por ejemplo, plantas de fresno producidas a partir de semillas recolectadas en el norte de Michigan, se volvieron más resistentes al frío a principios del año, y se endurecieron a una media de -38°C (-36°F), en comparación con las semillas recolectadas al sur de Mississippi, las cuales endurecieron más lento, y sólo alcanzando su máximo endurecimiento a -27°C (-16°F) (Alexander *et al.*, 1984). **Así que, a menos que las investigaciones muestren lo contrario, las semillas deben ser siempre recolectadas en la misma zona semillera en la cual las plantas deben ser establecidas.**

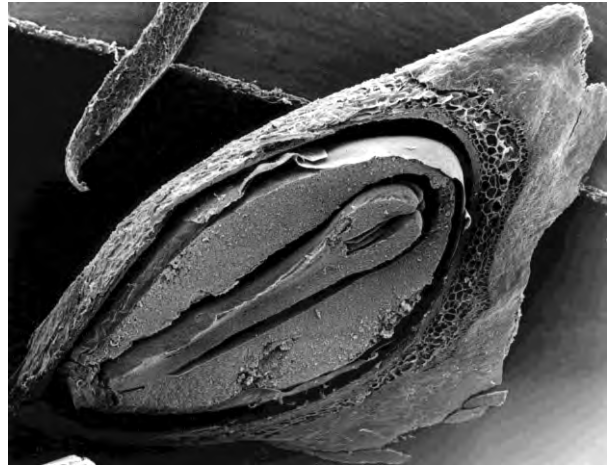
La investigación sobre la capacidad de adaptación genética puede probar que una fuente de semillas es superior para una región geográfica en particular. Por ejemplo, la fuente Río Niobrara en Nebraska (EUA) del pino ponderosa (*Pinus ponderosa* var. *ponderosa*) fueron sometidas a pruebas en diferentes localidades de las Grandes Planicies y se encontró que presentan significativamente mejor supervivencia, crecimiento y resistencia a la polilla del brote (Read, 1983). Del mismo modo, la investigación genética ha demostrado que las semillas de *Pinus taeda* de la región Livingston Parish en Louisiana, crecen más rápido y tienen mayor resistencia a las enfermedades, cuando son plantadas en todo el sur (Wells y Wakeley, 1966). Una investigación más intensiva puede identificar árboles específicos “plus” o “elite” que tienen una superioridad genética probada, y eventualmente desarrollar huertos semilleros de selección repetida y pruebas en campo. Sin embargo, para la mayoría de las especies forestales y de conservación, el rango y grado de adaptación es desconocido, por lo que las plantas deben siempre ser establecidas en su misma zona semillera de origen. Rudolf (1974) ha integrado la información disponible de las zonas recomendadas de recolección de semillas para un número importante de especies de coníferas del norte y oeste. Organismos forestales gubernamentales también han publicado guías para la transferencia de semillas (ver la sección 1.1.1.1 para mayor discusión sobre la importancia de las zonas de semillas en las prácticas culturales del vivero).



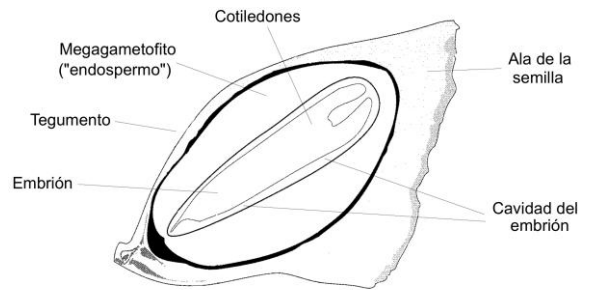
A



B



C

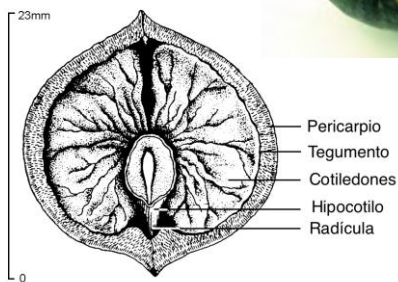


D

Figura 6.2.1 Ejemplos de frutos y semillas típicas de plantas de especies forestales y de conservación (*Pseudotsuga menziesii*): **A**=cono, **B**=semilla, **C** y **D**=sección transversal de una semilla (C, cortesía de L.E. Manning, Servicio Forestal Canadiense).



2A



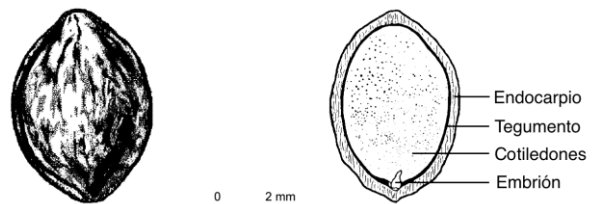
2B

2C

Figura 6.2.2 Ejemplos de frutos y semillas típicos de plantas de especies forestales y de conservación (*Carya ovata*): **A**=fruto, **B**=semilla en su cáscara, **C**=semilla, sección transversal (A y B cortesía de Jim Rathert, Departamento de Conservación de Missouri; C, modificado de Bonner and Maisenhelder, 1974).



3A

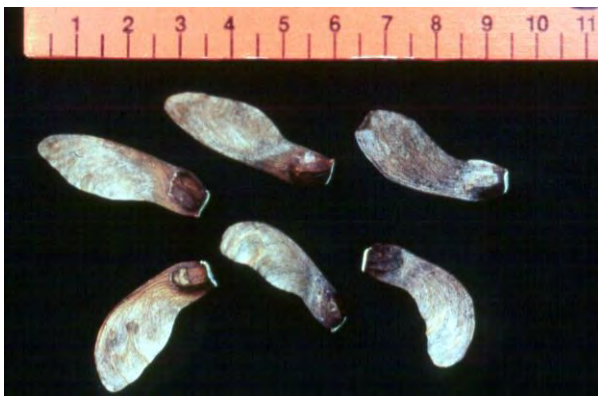


3B

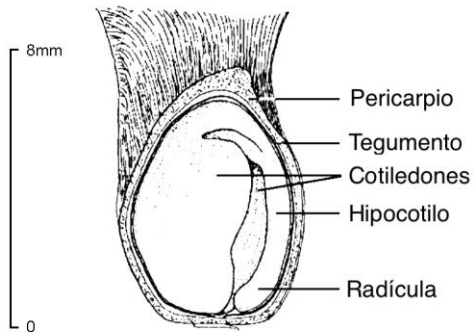
Figura 6.2.3 Ejemplos de frutos y semillas típicos de plantas de especies forestales y de conservación (*Prunus americana*): **A**=fruto, **B**=semilla y sección transversal (A, cortesía de Randy Moench, Servicio Forestal del Estado de Colorado; B, de USDA, 1984).



A



B

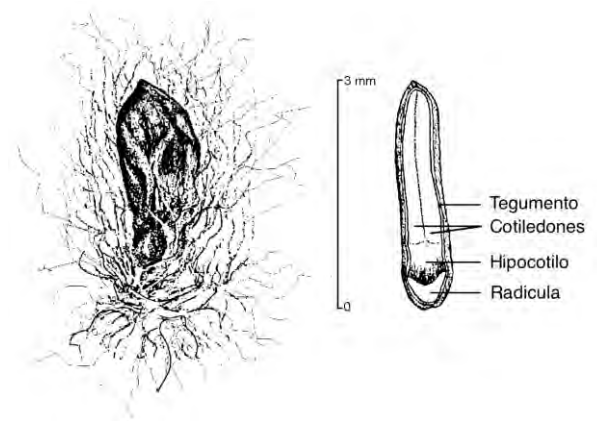


C

Figura 6.2.4 Ejemplos de frutos y semillas típicos de plantas de especies forestales y de conservación (*Acer circinatum*): **A**=fruto, **B**=semilla, **C**=sección transversal de la semilla (C, de Olson and Gabriel, 1974).



A



B

Figura 6.2.5 Ejemplos de frutos y semillas típicos de plantas de especies forestales y de conservación (*Populus tremuloides*): **A**=fruto, **B**=semilla y sección transversal (B, de USDA, 1948).



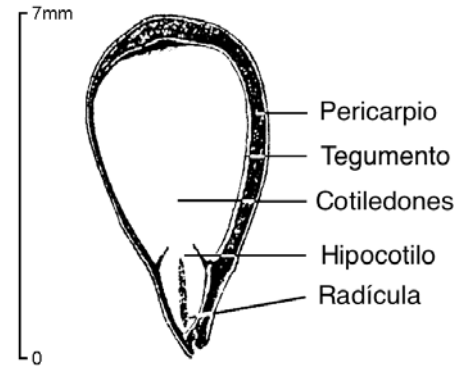
A



B



C



D

Figura 6.2.6 Ejemplos de frutos y semillas típicos de plantas de especies forestales y de conservación (*Purshia tridentata*) **A, B** = fruto, **C**=semilla, **D**=sección transversal de la semilla (B y C, cortesía de Nancy Shaw, USDA Forest Service; D, de Deitschman *et al.*, 1974).

6.2.1.3 Semillas genéticamente mejoradas

Los clientes pueden especificar que sus plantas se cultiven a partir de semillas especialmente seleccionadas para contar con tasas de rápido crecimiento, resistencia a enfermedades u otros factores controlados genéticamente. Esta semilla especial puede ser considerablemente más cara así que se puede solicitar que la siembra se haga con una sola semilla. Las bases de la producción de semillas genéticamente mejoradas y el manejo de huertos semilleros se explica a detalle en Rudolf *et al.* (1974).

6.2.2 Obtención de semillas de alta calidad

La clave para la producción constante de plantas de alta calidad es la germinación rápida y uniforme de la semilla, y el crecimiento inicial vigoroso de la planta, por lo cual, no se debe soslayar la importancia de insistir en la calidad de las semillas. **Incluso las mejores prácticas en el vivero no podrán superar los problemas culturales resultantes de semillas de mala calidad.** De hecho, el continuo desarrollo de los viveros que producen en contenedor ha puesto de relieve la importancia de la calidad de la semilla. En los viveros comunes de producción a raíz desnuda, la germinación de la semilla se oculta a la vista, por lo que no resulta evidente el alto número de semillas que se pierden por organismos patógenos o por problemas con el clima. Por el contrario, las semillas sembradas en contenedores con sustratos estériles y germinadas bajo condiciones ideales, se pueden observar fácilmente, por lo que la baja calidad de la semilla es mucho más evidente (Figura 6.2.7). Los viveristas que siembran semillas baratas de calidad desconocida pagarán por su falsa economía. El costo de las semillas representa sólo 1% de la producción de plantas. Por lo tanto, el costo de comprar semillas de alta calidad puede ser fácilmente justificada cuando se compara con los costos del mantenimiento de un lote de semillas con muchas celdas vacías, y plantas débiles durante el resto de la temporada de crecimiento (ejemplos de costos de producción son proporcionados en el capítulo del Manejo del Vivero en el volumen 1 de esta serie).

El término **lote de semilla** debe ser abordado en este momento. Un lote de semillas es generalmente se define como la cantidad de semillas de la misma especie que fue recolectada de una fuente o zona de semillas, y que es de una calidad razonablemente uniforme. El término lote de semilla se lleva en todas las prácticas culturales del vivero, lo que significa que un lote de plantas son producidas a partir de ese particular lote de semillas.

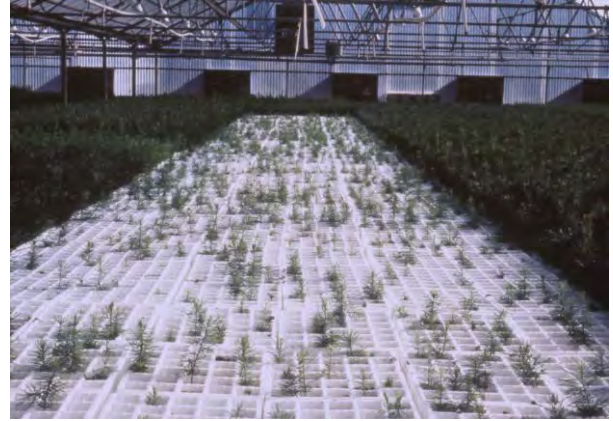


Figura 6.2.7 Semillas de mala calidad puede ser un desastre en un vivero de contenedores, debido a que se desperdicia un valioso espacio de la mesa de producción, durante la estación total de crecimiento.

6.2.2.1 Recolección y procesamiento de semillas

Algunos viveristas que producen planta de especies forestales y de conservación prefieren recolectar sus propias semillas ya que tienen un completo control del origen de la fuente y calidad de la semillas. También puede ser más económico recolectar y procesar si dicha recolección coincide con los tiempos en que el personal del vivero demanda trabajo adicional. Para algunas especies de conservación con un amplio rango de adaptación, las zonas de producción de semillas (Figura 6.2.8A) se pueden establecer justo en el mismo vivero, y en algunos casos, pueden establecerse barreras rompevientos con especies de la fuente de semilla deseada. Otros viveristas tienen la posibilidad de acudir a huertos semilleros (Figura 6.2.8B). Sin embargo, para la mayoría de las especies las semillas deben ser recolectadas cerca del sitio de plantación.



A



B

Figura 6.2.8 Las semillas de especies forestales y de conservación pueden ser adquiridas de distribuidores comerciales o recolectadas por cuenta propia. Algunos viveros establecen áreas productoras de semillas (A) o tienen acceso a huertos semilleros (B).

La recolección y procesamiento de las semillas requiere conocimientos técnicos y equipos especializados, por no hablar de un compromiso de tiempo considerable. Muchas especies forestales y de conservación no producen semillas cada año, y los cultivos de especies que crecen de la misma comunidad vegetal, no necesariamente producen cosechas en el mismo año (Figura 6.2.9). Incluso si lo hacen, los cultivos pueden estar muy dispersos y no producirse en la zona de semillas deseada. Además, la calidad de la semilla puede variar considerablemente entre años. Aunque algunas semillas de *Pseudotsuga menziesii* son producidas cada año, la producción abundante de conos se presenta desde cada dos hasta cada diez años. Otros árboles como arces y fresnos,

producen al menos pocas semillas cada año. Las semillas de determinadas especies siempre son difíciles de encontrar. Por ejemplo, semillas de *Larix occidentalis* siempre son escasas, aún y cuando se presenta una buena producción de conos, los problemas con la polinización y la depredación por insectos provocan que la recolección de semillas sea casi imposible (Danielson and Riley, 1995). En buenos años semilleros, la recolección y procesamiento de las semillas puede tardar varias semanas o meses para concluirse, y posteriormente deberán ser almacenadas de manera apropiada hasta que vayan a sembrarse.

Las semillas de algunas especies son almacenadas tan mal que los viveros necesitarán recolectar semillas nuevas para cada cultivo. Por ejemplo, las bellotas de *Quercus douglasii* deben ser cosechadas frescas – directamente de las ramas – debido a que las que se encuentran en el suelo se han desecado, lo cual reduce en gran medida la calidad de la semilla. Sin embargo, esta especie tienen una ventana de recolección inusualmente amplia de dos meses. Cuando las bellotas fueron recolectadas de manera apropiada sin permitir que se sequen, el porcentaje de germinación fue consistentemente superior al 90% durante todo el periodo (McCreary and Koukora, 1990). Todo ello enfatiza la importancia de conocer la biología básica de las especies antes de intentar propagarlas.

Los viveros de los gobiernos federal y estatal comúnmente realizan su propia recolección de semillas, procesamiento y almacenamiento, por lo cual son excelentes fuentes de información para los viveristas inexpertos. (El tema de la recolección de semilla y su procesamiento es demasiado complicado para cubrirlo aquí con mayor detalle, por lo cual el lector deberá referirse a las fuentes bibliográficas en la sección 6.2.11).

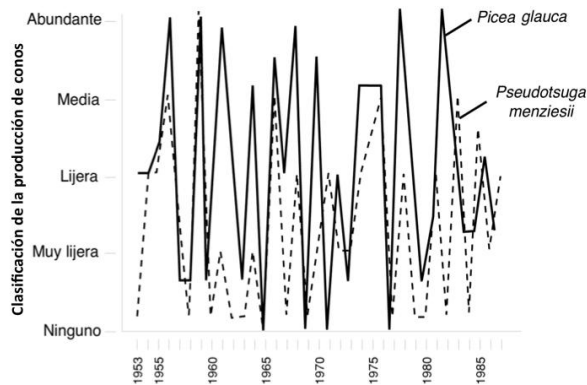


Figura 6.2.9 La mayoría de las especies forestales y de conservación no producen una buena cosecha de semillas todos los años, tal como se ilustra por los patrones de producción de conos de estas coníferas comerciales (modificado de Eremko *et al.*, 1989)

6.2.2.2 Consideraciones cuando se compran semillas

Muchos viveristas producen plantas con semillas que han adquirido de distribuidores comerciales, o de las semillas suministradas a menudo por el cliente. Como se mencionó con anterioridad, es imprescindible insistir en la fuente apropiada cuando se compran semillas, y por tanto, **es una buena idea preguntar a los distribuidores cuáles fuentes de semillas de una especie en particular tienen en su inventario**, en lugar de especificar la fuente que desea comprar. Algunos comerciantes sin escrúpulos siempre pretenderán ser capaces de llegar a cualquier fuente de semilla requerida, si se quiere realizar una venta dolosa. Si se es un productor inexperto será una buena idea el llamar a los viveristas locales para averiguar los nombres de los distribuidores de semillas de buena reputación. El laboratorio nacional de semillas del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos ha publicado una referencia práctica denominada “Proveedores comerciales de semillas de árboles y arbustos en los Estados Unidos” (USDA Forest Service, 1995). Esta publicación está disponible en versión impresa o puede ser obtenida de internet en la página de Plantas, Viveros y Mejoramiento de Árboles en la siguiente dirección:

> willow.ncfes.umn.edu/snti/snti.htm <

Posteriormente, se debe tener siempre la certeza de que las semillas han sido probadas en cuanto a **calidad**. En particular, se necesitan pruebas de germinación, porcentaje de pureza, y peso de las semillas, para calcular correctamente la tasa de siembra. Si los datos de las pruebas no están disponibles para la fuente requerida, el costo de las semillas deberá ser menor, debiendo ajustar la fecha de siembra hasta que las pruebas se hayan realizado. Las pruebas de tetrazolio a menudo son realizadas a las especies forestales y de conservación, aunque son menos precisas que las pruebas de germinación estándar. Si bien es posible tener una conjetura de la viabilidad de las semillas con las pruebas de corte y sobresembrar lo suficiente como para compensar la variación estimada, esto nunca se recomienda. El espacio de producción en los viveros de contenedor es demasiado valioso como para jugar con semillas de calidad desconocida. Aunque no existen gangas en semillas de alta calidad, siempre valdrá la pena el precio y el esfuerzo por localizarlas (Las pruebas a las semillas se analizan con detalle en la sección 6.2.3).

La cantidad de semillas requeridas para producir un determinado número de plantas dependerá de la información de las pruebas a las semillas (ver la sección 6.2.8.1 para cálculos de siembra).

6.2.2.3 Mejoramiento de la calidad de las semillas

Los viveristas que compran semillas deben esperar semillas limpias y puras de alta calidad, pero aquellos que recolectan y procesan sus propias semillas requerirán mejorar ciertos lotes. Aunque no es posible mejorar directamente la calidad de las semillas de forma individual, el mejoramiento aumenta el rendimiento potencial del lote de semillas, mediante la eliminación de semillas inmaduras, vacías, dañadas y débiles.

La limpieza y el mejoramiento de las semillas es un arte de alta especialización que no puede ser analizado con adecuado detalle en esta publicación. La información más exhaustiva sobre la recolección de semillas de plantas leñosas y su procesamiento, se encuentra en *Semillas de Plantas Leñosas en los Estados Unidos (Seeds of Woody Plants in The United States)* (Schopmeyer, 1974; Bonner, en prensa), y en *Métodos y Procedimientos para Pruebas de Semillas de Árboles en Canadá (Methods and Procedures For Testing Tree Seeds in Canada)* (Edwards, 1987). Para una discusión de los conceptos básicos y los equipos disponibles para el procesamiento de semillas de coníferas, el lector deberá referirse al *Catálogo de Equipos para Viveros a Raíz Desnuda (Bareroot Nursery Equipment Catalog)* (Lowman et al., 1992), o al *Curso de Entrenamiento sobre Tecnología de Semillas de Árboles: Manual del Instructor (Tree Seed Technology Training Course: Instructor's Manual)* (Bonner et al., 1994). Mayor información sobre la recolección y procesamiento de semillas de especies latifoliadas y arbustos se incluye en la *Guía de Viveros de Especies Leñosas (Hardwoods Nursery Guide)* (William and Hanks, 1994), así como en *Recolección, Procesamiento y Germinación de Semillas de Plantas Forestales Occidentales (Collecting, Processing, and Germinating Seeds of Western Wildland Plants)* (USDA Agricultural Research Service, 1981), que cubre otras plantas nativas.

Si entre viveros se proporcionan semillas que requieren recibir un proceso de mejora antes de ser sembradas, las siguientes técnicas son útiles.

Limpieza. Los viveros pueden tener que re-limpiar algunos lotes de semillas antes de que sean sembrados, especialmente si se utilizan sembradoras de precisión. Aunque la mayoría de los viveros no suelen tener toda la gama de equipos para la limpieza de semillas, hay algunos procedimientos sencillos para mejorar los lotes. La máquina básica para la limpieza de las semillas es la criba (o tamiz) de flujo de aire, la cual utiliza una combinación de cribas y un flujo de aire que remueve los residuos. Una pequeña “versión de oficina” es ideal para

trabajos pequeños de mejoramiento. Estas limpiadoras son relativamente baratas y pueden ser usadas para limpiar pequeños lotes, por tres propiedades físicas: tamaño, forma y densidad (Bonner et al., 1994). Otra forma rápida y simple de remover semillas vacías de algunas especies es por flotación – el principio es que las semillas pesadas y llenas se hunden en el agua, y aquellas livianas, vacías o dañadas, flotarán. Sin embargo, este procedimiento necesita ser verificado cuidadosamente con una prueba de corte, ya que algunas semillas llenas flotarán si las burbujas de agua son atrapadas en la cubierta, y las semillas vacías podrán sumergirse si están sucias.

Una nueva técnica prometedora para el mejoramiento de lotes de semillas de pino y picea es el método ISS (Incubación – Secado – Separación), el cual separa semillas llenas inviables de aquellas llenas viables (Simak, 1984). Las semillas se remojan en agua a 15°C (59°F) para obtener imbibición completa, y luego se secan a 25°C (77°F) para crear diferencias en el contenido de humedad de la semilla. Durante el secado, las semillas viables retendrán mayor humedad que las no viables, por lo que esta diferencia de peso puede ser utilizada para separar las dos fracciones por flotación en agua (Figura 6.2.10). El método ISS está siendo evaluado y desarrollado, y tiene potencial como una técnica simple para mejorar la calidad de los lotes de semillas (Bergsten, 1993). El trabajo operacional ha demostrado que un lote de semilla de *Pinus contorta* podría ser mejorado de un 85% de capacidad de germinación a 90%, usando esta técnica. Algunas veces, entre más pobre es el lote de semillas, mayor será la ganancia mediante el uso de la técnica del ISS: un lote de semillas de *Pseudotsuga menziesii* que había sido dañado durante su procesamiento se elevó en su capacidad de germinación de un 17% a 96% (Edwards, 1993).

Tamaño. Algunas especies y lotes de semillas muestran una variación considerable en el tamaño de semilla, por lo cual podría generar varias ventajas al separar las semillas antes de la siembra, ya sea mediante el uso de cribas o por gravedad. Los beneficios potenciales al

vivero por la separación de las semillas son: (1) facilidad de siembra con equipos mecánicos, (2) una completa y más rápida germinación y (3) mayor uniformidad en la densidad de las plántulas, lo cual se traduce en una mayor eficiencia del uso de la semilla (Belcher *et al.*, 1984). En una revisión de la literatura se encontró que el tamaño de la semilla tuvo una correlación significativa con la tasa de germinación en un 50% de las veces, y con el tamaño de las plantas en un 84% (Bonner, 1987). Algunos viveros del sur que producen en contenedor rutinariamente miden sus semillas de pino y han encontrado que las semillas de tamaño medio a medio-grande producen las mejores plantas (Barnett and McLemore, 1984). Sin embargo, en ensayos con otras especies de árboles no han mostrado que la separación sea operacionalmente útil. También se encontró que el tamaño de la semilla no tuvo un efecto significativo en los atributos de plantas de *Pseudotsuga menziesii* (El-Kassaby *et al.*, 1992) o de *Picea sitchensis* (Chaisurisri *et al.*, 1994). Dumroese and Wenny

(1987) encontraron que aunque las semillas grandes de *Pinus strobus* germinaron más rápida y completamente, la altura final y el diámetro del tallo resultaron ser no significativamente diferentes que las plantas producidas con semillas a granel (Cuadro 6.2.3). Por lo tanto, para la mayoría de las especies forestales y de conservación, la separación de semilla como un proceso independiente probablemente no valga la pena.

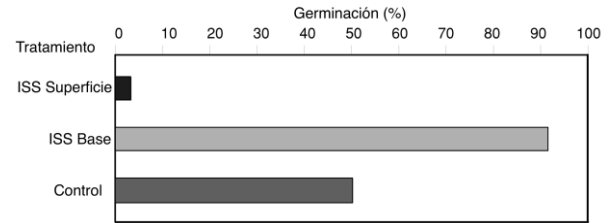


Figura 6.2.10 En el procedimiento de Incubación–Secado–Separación (ISS) las semillas buenas son más pesadas y se sumergen hacia la base durante la flotación; esta técnica fue utilizada para mejorar significativamente la calidad de este lote de semillas de *Pinus sylvestris* (modificado de Bergsten, 1993).

Cuadro 6.2.3 La separación de semillas de *Pinus sylvestris* mejoraron la germinación, comparado con las semillas a granel, aunque no mejoraron el tamaño final de las plantas producidas en contenedor.

Clase de tamaño de las semillas	Semillas/kg	Germinación total(%)	Tasa de germinación (días)	Altura de las plantas (cm)	Diámetro del tallo (mm)
Pequeña	60,990 c	50 c	23 c	10.5 a	2.8 a
Mediana	49,260 b	61 b	22 b	10.4 a	2.7 a
Grande	39,073 a	71 a	19 a	11.9 a	3.0 a
Semillas a granel	48,422 b	61 b	22 b	11.3 a	2.8 a

Fuente: Modificado de Dumroese and Wenny (1987).

Las diferentes letras en las columnas indican diferencias estadísticamente significativas con un margen de error de < 0.05

6.2.3 Pruebas a la semillas

Semillas de alta calidad son esenciales para producir de manera constante cultivos de plantas superiores, y la única forma de determinar la calidad de las semillas es mediante pruebas. Aunque grandes viveros de contenedores pueden realizar algunas pruebas en sus propias instalaciones, la mayoría de los viveros utilizan los servicios de laboratorios comerciales de semillas. Comúnmente, las compañías tendrán sus semillas analizadas antes de ofertarlas para su venta, aunque en otros casos, los viveristas deberán realizar las pruebas a las semillas por cuenta propia. Para asegurar que los resultados sean comparables, las pruebas realizadas por los laboratorios alrededor del mundo siguen los estándares internacionales de los procedimientos de la Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (ISTA, 1985). Estas reglas deben ser seguidas sin importar si las semillas son intercambiadas o compradas, debido a que la venta de semillas forestales está regulada por ley en algunos estados y en muchos países (Hartmann *et al.*, 1997). Sin embargo, los viveristas deben observar que estos procedimientos de pruebas a las semillas altamente regulados pueden no ser aplicables bajo condiciones operacionales en el vivero, y deben estar preparados para modificarlos cuando resulte apropiado. Por ejemplo, la prueba de germinación estándar se realiza bajo condiciones ideales en una cámara de germinación. Esto puede dar un buen indicador del desempeño de la semilla bajo medios de producción totalmente controlados, pero puede ser pobremente correlacionado con el desempeño, en una estructura de producción a cielo abierto.

Los análisis de las semillas toman tiempo, comúnmente de 4 a 6 semanas. Por ello, los viveristas deberán preguntar a sus clientes si sus semillas han sido analizadas, o deben considerar un tiempo para que las pruebas se realicen antes de que éstas sean preparadas para su siembra. Aún si los viveros compran todas sus semillas, los productores deberán tener un conocimiento básico de las diversas

etapas de las pruebas a las semillas, y comprender la terminología técnica que les permitan comunicarse fácilmente con los proveedores de semillas y el personal de los laboratorios. Se debe tener certeza de que los laboratorios son miembros de la Asociación de Analistas Oficiales de Semillas (AAOS) para asegurarse de que sus procedimientos de análisis cumplen con las directrices establecidas. El Laboratorio Nacional de Semillas de Árboles puede realizar todo tipo de pruebas de semillas o recomendar otro laboratorio confiable:

USDA Forest Service National Tree
Seed Laboratory 5156 Riggins Mill
Road Dry Branch, GA 31020-9696
Tel: 912/751-3552 Fax: 912/751-3554
E-Mail: seedlab@ix.netcom.com
Website:
http://willow.ncfes.umn.edu/seed_lab/n_tsl_01.htm

Los procesos de análisis de semillas pueden ser divididos en tres operaciones secuenciales:

1. El lote de semillas debe ser muestreado en una forma estadísticamente válida de forma que las pruebas reflejen la naturaleza real de la totalidad del lote.
2. Pruebas de las propiedades físicas (contenido de humedad, peso de 1000 semillas y pureza) deben concluirse antes de que las semillas sean almacenadas, lo cual también es necesario para calcular las tasas de siembra.
3. Las semillas deben ser analizadas en cuanto a viabilidad para dar una estimación de qué tan rápida y completamente germinarán, y qué tan bien crecerán después de que sean sembradas.

Las pruebas actuales pueden ser divididas en físicas y de viabilidad. Las pruebas físicas de las semillas son comúnmente realizadas sólo una vez, cuando el lote de semillas es recolectado y procesado, debido a que los resultados normalmente no cambian con el tiempo. Las pruebas de viabilidad deben también ser realizadas después de que las semillas son

recolectadas, aunque, debido a que la calidad de las semillas cambiarán durante el almacenamiento, la viabilidad de los lotes de semilla almacenados deben ser obtenidos en intervalos de 2 a 3 años, para asegurar que la calidad no ha disminuido significativamente. Las semillas de algunas especies pueden ser almacenadas de manera exitosa por muchos años, mientras que otras deben sembrarse en forma inmediata (el almacenamiento de semillas es discutido a detalle en la sección 6.2.4 de este volumen). Cualquier análisis de semilla es sólo tan bueno como la técnica de muestreo que fue usada para seleccionar la muestra de prueba, por lo tanto el lote de semilla, deberá ser apropiadamente muestreado.

6.2.3.1 Muestreo

La recolección de las muestras de semillas es extremadamente importante por dos razones. Primero, la muestra debe ser representativa de la totalidad del lote de semillas, y segundo, los laboratorios de análisis requieren una cierta cantidad de semillas para realizar cada tipo de prueba. La mejor prueba de calidad a la semilla sólo puede ser aplicada a la muestra obtenida para su análisis y por lo tanto, si la muestra no refleja verdaderamente las características de la totalidad del lote, los resultados serán inútiles. Un lote de semillas es definido como la cantidad total de semillas de una especie y ecotipo, de una localidad en particular en una fecha única de recolección. Aún dentro de la misma zona de semillas, la calidad cambia entre diferentes localidades y la madurez se modifica con el tiempo, incluso de semana a semana (ver la sección 6.2.2 para discusiones adicionales de estos términos).

La definición del lote de semillas también dependerá de sus objetivos, así como del tipo de prueba que se esté haciendo. Durante el procesamiento inicial de las semillas, el lote consistirá de todos los contenedores obtenidos de esa recolección y por ello, cada contenedor debe ser muestreado. Sin embargo, después de que las semillas han sido almacenadas, la población de muestreo puede consistir de solo una parte de la totalidad del lote, dependiendo de los objetivos de la prueba. La mayoría de las

pruebas de atributos físicos, como la pureza y peso, no cambiarán con el tiempo, por lo tanto, la población de muestreo será siempre la totalidad del lote. Sin embargo, como se mencionó en la sección previa, la viabilidad de las semillas cambiará con el tiempo, por lo cual la población de muestreo deberá cambiar en cada situación. En el caso de que se cuente con un lote particular de gran tamaño en almacenamiento, se deberá obtener sólo la prueba de germinación de la cantidad de semilla que se estará sembrando para el cultivo en curso. Por ejemplo, si se cuenta con 25 kg (55 lb) de semilla de *Pinus ponderosa* en almacenamiento, y se requiere sembrar sólo 5 kg (11 lb) en ese año, se deberá tratar esa cantidad como un lote de semillas y analizarlo en forma separada. Los restantes 20 kg (44 lb) de la semilla almacenada constituirá a partir de ese momento, un lote separado y deberá ser analizada su viabilidad nuevamente la próxima vez que vaya a usarse. El contenido de humedad también cambia cuando un lote de semillas es retirado del almacenamiento refrigerado, en cualquier lapso de tiempo. Sin embargo, tanto la pureza como el peso de las semillas seguirá siendo el mismo en ambos lotes.

Una vez que el lote de semillas ha sido definido, éste debe ser muestreado de forma sistemática con las técnicas y herramientas apropiadas. Las herramientas adecuadas de muestreo y los procedimientos dependen del tipo de semillas y tamaño del lote. Las semillas de libre-flujo, como los pinos (*Pinus spp.*) y el capulín (*Prunus americana*) generalmente son muestreados con una sonda hueca particionada denominada "muestreador" (Figura 6.2.11). El muestreador cerrado se inserta en el contenedor de semillas en un plano diagonal y después abrirlo para capturar semillas simultáneamente, de diferentes niveles. Las semillas con formas irregulares y aquellas con alas, las cuales incluyen muchos arbustos nativos, son comúnmente muestreados en forma manual. La mano se inserta con la palma extendida y posteriormente los dedos estirados se juntan y se saca una cantidad igual de semillas de diferentes ubicaciones en el contenedor (Stein

et al., 1986). Especies con semillas grandes como los encinos y los nogales son particularmente difíciles de muestrear por lo que puede ser necesario extraerlas de sus contenedores de almacenamiento para obtener una muestra representativa. Si el lote de semillas es almacenado en diferentes contenedores, las muestras deben ser extraídas de cada contenedor, al menos de cinco diferentes posiciones en ambos planos, horizontal y vertical (Gordon, 1992).

Los analistas de semillas usan una terminología estándar para las etapas de los procesos de muestreo y análisis, por lo cual los viveristas deben estar familiarizados con estos términos (Booner *et al.*, 1994). Las “muestras primarias” son recolectadas del lote de semillas completo, y después mezcladas para formar una “muestra compuesta” de la cual la “muestra de análisis” será enviada al laboratorio de pruebas (Figura 6.2.12). La cantidad de semillas requeridas para realizar un amplio rango de pruebas, varía de 2,500 a 5,000 semillas, excepto para las especies de semillas grandes para las cuales 500 semillas es suficiente. Con base en el peso, la muestra de análisis variará de 25 a 240 g (0.9 a 8.5 oz), para la mayoría de las coníferas, aunque puede alcanzar un máximo de hasta 1 kg (2.2. lb) para especies de semillas grandes (Cordon, 1992). La cantidad de semillas a ser analizadas dependerá también de su tamaño y de la densidad. Algunas muestras de semillas a analizar para una variedad de especies forestales y de conservación, se incluyen en la Cuadro 6.2.4. Sin embargo, los requerimientos pueden variar entre laboratorios, por lo cual siempre será una buena idea contactarlos previo a obtener la muestra a fin de tener certeza de ello.

Todas las muestras de semillas deben ser empaçadas en contenedores rígidos para su protección durante el envío y enviarlas al laboratorio por la vía más rápida posible. Si se prevé obtener el contenido de humedad, entonces las semillas deberán ser colocadas en una bolsa plástica para retardar la pérdida de humedad. Sin embargo, las especies con alto contenido de humedad pueden calentarse o formar moho durante su envío, por lo que las

muestras deberán mantenerse fuera del alcance de la luz directa del sol y enviarse a la brevedad (Gordon, 1992).

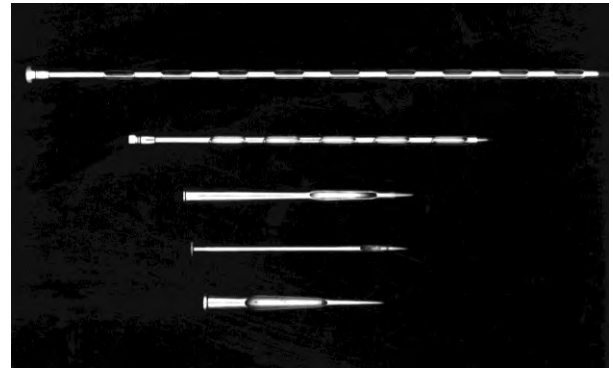


Figura 6.2.11 El muestreador de semillas es utilizado para recolectar una muestra representativa de semillas de coníferas de diferentes niveles en contenedores de gran tamaño (Stein *et al.*, 1986).

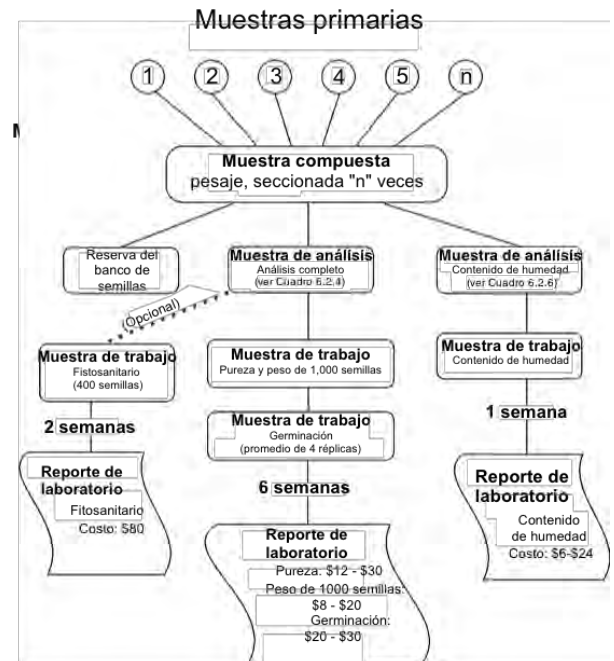


Figura 6.2.12 Las semillas pueden ser analizadas para diferentes atributos de calidad mediante la recolección de “muestras primarias” del lote completo para conformar una “muestra compuesta”, la cual posteriormente es dividida para formar las “muestras de análisis”, las cuales son enviadas al laboratorio de pruebas (modificado de Edwards and Wang, 1995).

Cuadro 6.2.4 Tamaños recomendados de la muestra para un análisis “completo” de la semilla en cuanto a pureza, germinación y peso de 1000 semillas.

Especies	Número de semillas promedio		Tamaño de muestra de análisis	
	Por kg	Por lb	g	oz
<i>Alnus rubra</i>	1,470,000	666,000	15	0.5
<i>Eucalyptus grandis</i>	705,600	320,000	60	2.1
<i>Juglans nigra</i>	88	40	500 semillas	---
<i>Liquidambar styraciflua</i>	180,800	82,000	30	1.0
<i>Pinus taeda</i>	40,130	18,200	140	4.9
<i>Populus tremuloides</i>	7,940,000	3,600,000	5	0.2
<i>Quercus rubra</i>	275	125	500 semillas	---
<i>Robinia pseudoacacia</i>	52,920	24,000	100	3.5

Fuente: Modificado de ISTA (1985)

Cada muestra debe ser acompañada con la siguiente información:

- Nombre completo, dirección, número de teléfono y fax del remitente
- Fecha de muestreo y de la recolección original
- Especies, fuente de semillas y cualquier otra información de identificación específica
- Cantidad de semillas remitidas y del total del lote
- Tipo y temperatura de almacenamiento
- Tiempo disponible para el análisis

Si hay poco tiempo antes de la siembra, entonces el laboratorio puede recomendar una estimación rápida de viabilidad en lugar de las pruebas estándar de germinación, la cual tomará al menos de 4 a 6 semanas. Con especies como el pino blanco del oeste (*Pinus monticola*) que requiere largos periodos de estratificación, las pruebas pueden tomar de 4 a 6 meses.

Una vez que llega al laboratorio, la “muestra de análisis” es dividida en una “muestra de trabajo” la cual es usada para las diversas pruebas de las características físicas y de calidad (Figura 6.2.12).

6.2.3.2 Medición de atributos físicos

Las primeras mediciones tomadas cuando el laboratorio recibe las semillas son el contenido de humedad, pureza y peso. Debido a que el contenido de humedad puede cambiar rápidamente, éste es medido inmediatamente.

Contenido de humedad. El contenido de humedad de la semilla proporciona al viverista diferentes tipos de información valiosa. Éste puede indicar la madurez de la semilla, determinar si el lote debe de ser tratado antes del almacenamiento, o indicar el tipo de tratamientos previos a la siembra para asegurar una rápida y completa germinación (Bonner *et al.*, 1994). En particular, los viveros deben conocer el contenido de humedad de las semillas que van a almacenar, debido a que la calidad puede perderse rápidamente si el contenido de humedad está fuera del estrecho rango del 5 al 8% (Cuadro 6.2.5).

Cuadro 6.2.5 Umbral del contenido de humedad de la semilla y sus efectos potenciales durante el almacenamiento.

Contenido de humedad	Efectos potenciales
> 30	Puede iniciar la germinación
18 – 20	La respiración provoca sobre calentamiento
10 – 18	Los hongos se vuelven activos
> 9	Los insectos se vuelven activos
5 – 8	Mejor rango para un almacenamiento sellado
< 5	Posible desecación

Fuente: Modificado de Bonner *et al.* (1994)

La prueba estándar de laboratorio para obtener el contenido de humedad de las semillas implica el secado de la muestra en un horno, y después calcular el peso del agua perdida. Sin embargo, los viveros comúnmente requieren obtener una rápida estimación del contenido de humedad y por ello, para estas pruebas operacionales, los medidores de humedad electrónicos (Figura 6.2.13) son usados para semillas pequeñas de la mayoría de las especies comerciales de árboles. Varias marcas de medidores de granos de semillas pueden estimar el contenido de humedad de las semillas de árboles, con un error del 1% si están calibrados contra un horno de secado estándar. Una lista de proveedores de medidores de humedad puede encontrarse en Lowman *et al.* (1992), en tanto que el Laboratorio Nacional de Semillas de Árboles puede proporcionar gráficos de humedad de las principales marcas (ver dirección en la sección 6.2.3).

Un horno de microondas puede usarse para secar semillas más grandes si el procedimiento se realiza apropiadamente (Cuadro 6.2.6). Si no, puede matar a las semillas. Es necesario cubrir las muestras de semillas durante todo el procedimiento para asegurarse de que las semillas no ganan o pierden humedad a la atmósfera. El contenido de humedad (%) se calcula con la siguiente fórmula (Edwards and Wang, 1995):

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{(M_2)(M_3)}{M_2 - M_1} \times 100$$

Donde:

- M_1 = peso del contenedor vacío y cubierta
- M_2 = peso del contenedor, cubierta, y semillas antes del secado
- M_3 = peso del contenedor, cubierta, y semillas después del secado

Se debe tener en cuenta que el contenido de humedad de la semilla se expresa como el porcentaje de la pérdida de agua en comparación con el peso fresco original, más que el peso del secado al horno, el cual es un estándar cuando se calcula el contenido de humedad de los suelos (Stein *et al.*, 1986).



Figura 6.2.13 Medidores electrónicos de humedad pueden proporcionar una medición rápida del contenido de humedad de las semillas si éstos han sido apropiadamente calibrados para las especies (cortesía de R. Karrfalt, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos).

La siguiente fase del procedimiento de análisis considera a las semillas que son enviadas al laboratorio para un “análisis completo” donde la muestra se somete a pruebas de pureza, peso de mil semillas y germinación (Figura 6.2.12).

Pureza. La prueba de pureza determina qué proporción por peso de la muestra es semilla pura de las especies designadas, y que cantidad es de impurezas. La prueba se realiza pesando suficientes semillas para hacer una muestra de trabajo de aproximadamente 2,500 semillas en la mayoría de las especies, o 500 semillas de las especies de semillas grandes (Gordon, 1992). Las semillas se inspeccionan visualmente y las puras se separan en tres clases de impurezas: semillas de otras especies, semillas de malezas y materia inerte. Algunas semillas de especies forestales y de conservación mantienen la

totalidad o parte del ala o tegumento después del procesamiento, y estas requerirán atención especial. Por ejemplo, las alas de las semillas de *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus ponderosa* deben ser removidas durante el procesamiento normal, mientras que aquellas del arce y la caoba no lo harán. Los viveristas deberán considerar que el componente de semillas puras puede contener aún semillas dañadas, siempre y cuando el tamaño de éstas sean más grandes que la mitad del tamaño de la semilla completa (Bonner *et al.*, 1994). Por lo tanto, la semilla pura no necesariamente significa que el lote sea también de alta calidad.

Las semillas puras y cada categoría de impurezas es pesada y expresada como un porcentaje en peso de la muestra total de trabajo. Un buen procesamiento de semillas debe siempre producir un 95% de pureza para la mayoría de las semillas comerciales de coníferas, y una alta pureza (>99%) debe ser obligatorio para las semillas cultivadas en viveros de contenedores, especialmente para aquellos que usan sembradoras de precisión. La pureza es mucho más difícil para muchas semillas de plantas nativas debido a sus formas irregulares, tamaño y apéndices.

Peso. El peso de las semillas tradicionalmente es determinado mediante el pesaje de 1,000 semillas del lote. Una muestra de trabajo para el análisis del **peso de 1,000 semillas** es tomado de la misma muestra de trabajo con la que se hizo la prueba de pureza (Figura 6.2.12). La mayoría de los laboratorios tienen máquinas de conteo de semillas, que pueden contar y pesar de manera automática 1,000 semillas. El análisis puede también hacerse manualmente: varias repeticiones de 100 semillas cada una se cuentan, se pesan y el promedio se usa para calcular el peso de las mil semillas.

El peso de la semilla está en función del tamaño, del contenido de humedad y la proporción de semillas llenas en un lote determinado, lo cual también proporciona una idea de la calidad de la semilla. El peso de mil semillas es requerido para el cálculo de las tasas de siembra en los viveros a raíz desnuda, aunque es menos importante en las instalaciones que producen en contenedor,

debido a que la siembra se realiza con una base numérica de una o más semillas por contenedor. El peso de mil semillas se puede convertir fácilmente a **semillas por kilogramo (o semillas por libra)**, el cual tradicionalmente se utiliza para describir los lotes de semillas (Cuadro 6.2.4).

6.2.3.3 Pruebas de germinación y viabilidad de la semilla.

Aunque los dos términos a menudo se utilizan indistintamente, los viveristas deben entender la diferencia entre las pruebas de **viabilidad**, que *estima* el potencial para germinar y crecer, y las de **germinación**, que **miden** su logro real. La viabilidad puede estimarse de varias formas, incluyendo la prueba estándar de corte, la prueba de tetrazolio y el procedimiento de la escisión del embrión. Todas excepto la última son rutinariamente utilizadas para propósitos de pruebas en los viveros. Sin embargo, las pruebas de germinación son la medida estándar de calidad de las semillas en los viveros forestales y de conservación.

Todas las pruebas siguientes asumen que los requerimientos de dormancia de la semilla se han cumplido, aunque esto no suele ser en la práctica. Por ello, los viveristas deben estar familiarizados con las características de la dormancia de las especies que desean propagar, y, o bien exigir que el distribuidor de semillas realice los tratamientos previos necesarios o que haya tiempo para hacerlos ellos mismos (los tratamientos de pre-siembra de la semilla son discutidos a detalle en la sección 6.2.5 de este volumen).

Cuadro 6.2.6 El mejor método para obtener una estimación rápida del contenido de humedad depende del tamaño de la semilla y de su composición.

Tamaño de semilla/clase	Género común	Método recomendado	Tamaño de muestra requerido
Pequeño/bajo contenido de aceite	<i>Platanus, Robinia</i>	Medidor de humedad eléctrico	80-200 g
Pequeño/alto contenido de aceite	<i>Abies, Pinus, Tsuga</i>	Medidor de humedad eléctrico	80-200 g
Grande/bajo contenido de aceite	<i>Nyssa, Aesculus, Quercus</i>	Horno de microondas	4-5 g ó al menos 5 semillas
Grande/alto contenido de aceite	<i>Carya, Fagus, Juglans</i>	Horno de microondas	Al menos 5 semillas

Fuente: Modificado de Bonner (1981).

Pruebas de corte. Esta prueba tradicional no debe soslayarse, ya que es una forma rápida y simple de estimar la viabilidad del lote de semillas. Con el uso de una navaja filosa o una navaja para rasurar, la muestra de semillas es cortada a la mitad y el contenido se analiza con una lupa. Estas pruebas revelan qué semillas están vacías, dañadas o afectadas por insectos, y también revelan una morfología anormal. Las estructuras inmaduras de las semillas comúnmente identifican las que han sido recolectadas antes de tiempo. En este sentido, la estructura normal de las semillas de las especies cultivadas debe ser reconocida mediante comparación (Figuras 6.2.1 a 6.2.6). Sin embargo, como en todas las pruebas de viabilidad una prueba de corte no mostrará si el lote germinará debido a que las semillas en dormancia tienen una morfología normal. El proceso de usar las pruebas de corte para evaluar la calidad de semillas de coníferas comerciales, está bien descrito en Anatomía y Morfología de las Semillas de Coníferas (Anatomy and Morphology of Conifer Tree Seed) (Kolotelo, 1997). Esta publicación también incluye fotografías a color de problemas comunes en las semillas y una clave para clasificarlas durante las pruebas de corte.

Las pruebas de corte también pueden ser usadas durante y después de los tratamientos a las semillas previos a la siembra para determinar su efectividad. Por ejemplo, las pruebas de corte pueden ser usadas para determinar el momento de realizar la estratificación en frío. Cuando los cotiledones

de las semillas de coníferas se agrandan y cambian a tono verde claro, las semillas están próximas a la germinación, debiendo reducir su humedad y almacenarlas en refrigeración hasta el momento de la siembra (Benerjee, 1994).

Pruebas de tetrazolio. La prueba de tetrazolio (TZ) es la prueba de viabilidad de la semilla más popular y puede tardar sólo algunas horas para realizarse. El principio químico que respalda la prueba es que el tejido vivo de la semilla se manchará de un color rojo brillante cuando se trata con la solución incolora trifenil cloruro de tetrazolio (Figura 6.2.14). La solución TZ reacciona con las enzimas deshidrogenasas que están presentes en todos los tejidos vivos, formando un compuesto rojizo insoluble denominado formazán.

El procedimiento de esta prueba es fácil de realizar - las semillas de una muestra son cortadas por la mitad de manera longitudinal, la solución TZ es aplicada y las semillas son examinadas con una lupa. Dado que la reacción de manchado es afectada por el pH, la temperatura, tiempo y concentración de la solución TZ, las condiciones estándar del laboratorio deben mantenerse durante la prueba. Las semillas con dormancia profunda requieren de largos periodos para la tinción, una mayor concentración de soluciones TZ y tratamientos de pre-acondicionamiento especiales (AOSA, 1995).

Aunque el procedimiento de tinción TZ es relativamente fácil de realizar, las semillas teñidas requieren de experiencia para una

adecuada interpretación. Los analistas de semillas consideran varios factores cuando se evalúa la prueba TZ (Vankus, 1997):

1. Cantidad de área que es teñida
2. Intensidad de la tinción
3. Patrón de tinción
4. Turgencia de los tejidos
5. Presencia y condición de los componentes esenciales de las semillas

La experiencia ha mostrado que, con la mayoría de las semillas, los resultados del tetrazolio comúnmente sobreestimarán el porcentaje de germinación actual. Sin embargo, también hay diferencias entre especies. Las bellotas del roble contienen químicos que inhiben la reacción del tetrazolio, por lo que estas pruebas tienden a subestimar el porcentaje de germinación (Gordon, 1992). Otros estudios han reportado una excelente correlación entre TZ y las pruebas de germinación estándar por lo que para algunas especies, incluidos *Acer* spp. y *Purshia* spp., las pruebas TZ es el mejor reflejo del desempeño de la planta en el vivero (Hardin, 1981).

Desde el punto de vista de los productores, las pruebas de tetrazolio son comúnmente utilizadas cuando ellos requieren sembrar un lote de semillas antes de que la prueba de germinación estándar pueda ser finalizada. La prueba TZ es especialmente útil para determinar la viabilidad de semillas muy dormantes que de otra forma, requerirán de largos pre-tratamientos antes de que las pruebas de germinación puedan ser realizadas (Stein *et al.*, 1986). Las pruebas de TZ también son usadas para determinar la viabilidad de las semillas que no germinaron al finalizar las pruebas de germinación (Vankus, 1997).

Ya sea para realizar pruebas de TZ en el vivero o para enviar las semillas a un laboratorio de pruebas, depende de diferentes factores. La verificación minuciosa de las estructuras de las semillas y el entendimiento sobre las semillas de diferentes especies sería muy valiosa para cualquier viverista. Vankus (1997) provee un listado completo de equipamiento y suministros necesarios para realizar pruebas de TZ y adicionalmente ofrece direcciones para

obtener capacitación del procedimiento. Sin embargo, el procedimiento preciso para conducir pruebas de TZ varía por familia o planta (AOSA, 1995), y la interpretación de los resultados demanda experiencia. Por ello, a menos que se requiera analizar una gran cantidad de muestras, por lo general, es más rentable trabajar con los laboratorios de pruebas.



A



B

Figura 6.2.14 Las pruebas de tetrazolio (TZ) tiñen de rojo el tejido de las semillas vivas y pueden ser usadas para dar una rápida estimación de la viabilidad de las semillas: de derecha a izquierda, buena semilla, embrión saludable, embrión dañado y embrión muerto (A=*Abies procera*; B=*Purshia* sp. (Stein *et al.*, 1986).

Análisis de rayos X. Muchos laboratorios de análisis de semillas y más recientemente algunos viveros utilizan radiografías de rayos-x de manera rutinaria, y curiosamente esta es una de las pocas tecnologías que se originaron con las semillas de los árboles (Bonner *et al.*, 1994). El procedimiento consiste en colocar una muestra de semillas puras en una bandeja y exponerlas en la máquina de rayos X, los cuales pasan a través de las semillas, golpean una película fotográfica y producen una fotografía en blanco y negro llamada radiografía (Figura 6.2.15). Muchos aspectos de la calidad de la semilla se pueden determinar a partir del análisis de éstas radiografías, incluyendo la estructura de las semillas, la madurez de embriones, semillas vacías, afectación por insectos, y daños a la cubierta de la semilla que son invisibles a simple vista. (Stein *et al.*, 1986). Aunque no se puede medir la viabilidad, el procedimiento de rayos X es un complemento valioso a las pruebas de germinación.

Pruebas de germinación. En la mayoría de los viveros forestales y de conservación, la prueba de germinación es la mejor prueba de desempeño de un lote de semillas y por ello, se usa como la prueba operacional de la viabilidad de la semilla. En una prueba de germinación estándar, cuatro repeticiones de 100 semillas cada una se colocan sobre un sustrato que retenga humedad, en condiciones ambientales óptimas de luz y temperatura. Los laboratorios de análisis de semillas realizan las pruebas bajo condiciones estériles en cámaras especiales de germinación (Figura 6.2.16 A y B), y cuentan el número de semillas que han germinado en una base semanal, durante 4 semanas (Cuadro 6.2.7). Debido a las diferencias en la dormancia, no todas las semillas de especies forestales y de conservación se pueden analizar de la misma manera, y algunas requieren tratamientos previos. Una lista de los procedimientos recomendados para semillas de árboles y arbustos se pueden localizar en las Normas Internacionales para el Ensayo de Semillas (ISTA, 1985). Por ejemplo, los embriones de las semillas del arce deben extirparse, mientras que las de la acacia deben escarificarse antes de

la prueba. Para las especies con requerimientos complejos de dormancia, como la rosa, la prueba de tetrazolio se prescribe en lugar de la prueba de germinación (ver la sección 6.2.5 para una discusión completa de los tratamientos a las semillas).

El procedimiento de evaluación de las pruebas de germinación también es estandarizado. Para ser contadas, las semillas deben germinar de manera normal y superar alguna etapa de crecimiento estándar como “tener una radícula cuatro veces más larga que la cubierta de la semilla”. El número promedio de semillas de las cuatro repeticiones que germinan normalmente se expresa como el porcentaje de germinación o capacidad de germinación. A las semillas que no germinan comúnmente se les aplica la prueba de corte para tener la certeza de que están llenas y sanas. Los datos de la prueba de corte son reportadas en forma complementaria al porcentaje de germinación (Cuadro 6.2.7), lo que le da al viverista un indicio de lo bien que se procesó el lote y el grado de dormancia de las semillas (Gordon, 1992).

La velocidad de germinación es otro resultado importante de la prueba de germinación, por lo que muchos laboratorios de análisis reportan los resultados de la germinación por semana. Con la representación gráfica del porcentaje de germinación en el tiempo, los viveristas pueden considerar la tasa de germinación como un buen indicador del vigor. Las especies o lotes que muestran variación significativa en la tasa de germinación pueden requerir diferentes tratamientos previos a la siembra. Por ejemplo, el tratamiento estándar de 3 semanas de estratificación con frío húmedo resultó ser inadecuado para una mezcla de lotes de semilla de *Pseudotsuga menziesii* (Edwards and El-Kassaby, 1995).

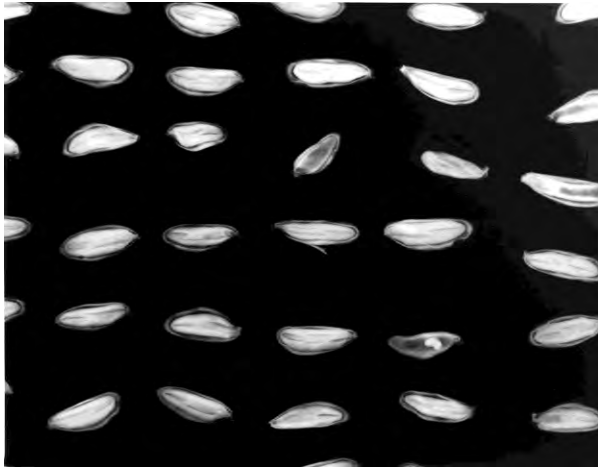


Figura 6.2.15 Las radiografías de rayos X proporcionan mediciones rápidas y no destructivas de la calidad de la semillas, mostrando semillas vacías y aquellas afectadas por insectos (de Stein *et al.*, 1986).



A



B

Figura 6.2.16 La mejor estimación de la viabilidad de las semillas es la prueba de germinación, la cual consiste en colocar semillas en un ambiente estándar como una cámara de crecimiento (A). Después del periodo prescrito, el número de semillas que completaron su germinación son contadas y promediadas para dar un valor del “porcentaje de germinación” de un lote completo de semillas (B).

Cuadro 6.2.7 Los datos de las pruebas actuales de germinación han demostrado que una interpretación adecuada requiere de la combinación del conocimiento de la fisiología de las semillas y la experiencia práctica: las semillas de *Pinus contorta* requieren un preenfriamiento (estratificación con frío húmedo) para una germinación óptima, aunque este tratamiento disminuye drásticamente la viabilidad de *Picea glauca*.

Especie/estado de pre-enfriamiento	Días	Germinación (%)	Semilla firme (prueba de corte)
<i>Pinus contorta</i>			
No	7	43	
	14	81	
	21	83	
	28	84	7
Si	7	85	
	14	97	
	21	97	
	28	97	0
<i>Picea glauca</i>			
No	7	0	
	14	74	
	21	83	
	28	84	4
Si	7	1	
	14	32	
	21	32	
	28	32	0

Han sido desarrollados muchos índices de germinación y algunos tienen aplicaciones prácticas en los viveros de contenedores (Bonner *et al.*, 1994):

Germinación máxima = el tiempo específico al cual la germinación es máxima.

Energía de germinación = la proporción de la germinación que se ha producido hasta el momento de la máxima germinación.

Otros términos como valor de germinación y valor máximo (Czabator, 1962) son expresiones matemáticas que son reportadas en informes de investigación, pero que no se utilizan normalmente en las prácticas operativas del vivero. Una discusión completa de los términos usados por los laboratorios de análisis de semillas y buenas imágenes de germinaciones normales y anormales para muchas semillas de árboles, pueden encontrarse en Edwards and Wang (1995) y Kolotelo (1997).

La mayoría de los viveros producen una variedad de especies y lotes de semillas, por lo que la ejecución de una batería completa de pruebas de germinación de forma anual puede resultar relativamente caro (Figura 6.2.12). Los viveristas sin experiencia o los productores que han esperado hasta el último minuto, comúnmente tienen la tentación de saltarse las pruebas de germinación y en su lugar realizar sobre-siembras, aunque esto no es una buena idea. Hay demasiada variación en el desempeño de las semillas de las especies forestales y de conservación y el desperdicio de semillas, el alto costo de mano de obra para el deshije, y la pérdida de crecimiento por la sobrepoblación de las plántulas, superarán con mucho cualquier ahorro de los costos percibidos (Figura 6.2.17). Se recomienda que los productores insistan siempre en las actuales pruebas de germinación cuando han sido contactados para producir un cultivo, y se requieren de éstas en las especificaciones del contrato. Permitir suficiente tiempo en la programación del cultivo para el análisis y pre-tratamientos a las semillas es el distintivo de un experimentado gerente de viveros.



Figura 6.2.17 La carencia de una buena información de germinación del lote de semillas puede provocar una sobre-siembra, con lo cual no sólo se desperdicia semilla, sino también incrementa los costos por deshije.

Nuevas pruebas. Probablemente la prueba no destructiva más prometedora es la denominada conductividad de lixiviados. Las semillas se remojan en agua por 24 horas a temperatura ambiente y posteriormente se mide la conductividad eléctrica del lixiviado, y se relaciona con la calidad de la semilla (Barnett 1985a; Bonner and Vozo, 1983). El incremento en la conductividad del lixiviado resulta de la fuga de las sustancias celulares producto del daño o deterioro de las paredes celulares. En la actualidad está disponible equipo comercial para acelerar y estandarizar la prueba, y las evaluaciones preliminares muestran un potencial considerable con las semillas del pino del sur (Bonner and Vozo, 1986). Las ventajas son la velocidad, facilidad de operación y el objetivo de la evaluación, aunque el equipo es caro y aún existen factores desconocidos que afectan las mediciones. Es requerida una mayor investigación para aclarar estos problemas.

6.2.3.4 Interpretación de las pruebas de germinación.

Las pruebas de germinación estándar en laboratorio deben ser interpretadas de forma apropiada antes de que pueda ser aplicada en el vivero. Muchas especies forestales y de conservación tienen semillas dormantes, las cuales deben ser tratadas previo a la prueba, además de que la prueba de germinación puede no revelar el verdadero potencial del lote de semillas. El grado de dormancia puede variar

considerablemente entre especies; por ejemplo, en los pinos, la duración del tratamiento de la estratificación en frío es distinta entre variedades, ecotipos o aún entre lotes de semillas. Algunos laboratorios realizan pruebas de germinación en pares, tanto de semillas normales como de estratificación en frío (pre-enfriamiento)(Cuadro 6.2.7). Para aquellos lotes que tienen inusualmente bajos porcentajes de germinación, los viveristas deben solicitar pruebas de tetrazolio o análisis de rayos-X para tratar y determinar la causa de los bajos resultados (ver la sección 6.2.5 para una discusión completa de la dormancia).

Es necesario recordar que la prueba de germinación es un promedio del potencial de viabilidad de la semilla, y su desempeño en vivero puede variar considerablemente. Esto ha sido bien ilustrado en ensayos de investigación, aunque también es evidente para los viveristas en las actividades de siembra, algunas veces trágicamente (Figura 6.2.17). Aunque los tratamientos de pre-siembra pueden reducir esto, alguna variación inherente en la germinación siempre estará presente en los lotes de especies forestales y de conservación (Figura 6.2.18), lo cual de hecho es deseable desde un punto de vista genético (Campbell and Sorensen, 1984). Los viveristas deberán darse cuenta que mantener o incluso incrementar la biodiversidad es un objetivo primario de muchos proyectos de plantaciones forestales y de conservación, y por lo tanto ellos deben esperar alguna variación en los resultados de la germinación. Esto es un marcado contraste para la mayoría de las semillas hortícolas, las cuales son híbridos que han sido creados para germinar rápida y uniformemente (Hartmann *et al.*, 1997).

Las condiciones de germinación en el vivero pueden ser considerablemente diferentes de las pruebas de laboratorio (Cuadro 6.2.8). Lo anterior es especialmente cierto en un medio de propagación mínimamente controlados, como las instalaciones a cielo abierto. Bajo estas situaciones, se debe poner más atención a la tasa de germinación. Frecuentemente, incluso si los análisis revelan que la germinación total de las semillas es excelente,

la tasa de germinación relativamente baja indica que puede haber un problema con el funcionamiento del vivero. Para muchas especies dormantes, es recomendado un tratamiento de 30 días con frío húmedo, aunque periodos de tratamiento más largos pueden incrementar la velocidad y uniformidad de la germinación, bajo condiciones menores a las ideales. (Dunlap and Barnett, 1982). Los viveristas deberán usar también la experiencia de los analistas de semillas y de los laboratorios de análisis, para responder preguntas acerca de los resultados de las pruebas, ya que tales esfuerzos serán recompensados con evidentes mejoras en el establecimiento y crecimiento de las plantas.

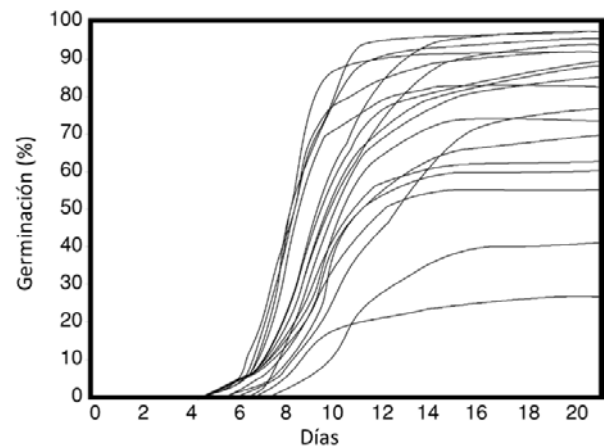


Figura 6.2.18 La calidad de las semillas puede variar considerablemente entre lotes de semillas recolectados el mismo año, como es evidenciado por estas pruebas de germinación de diferentes familias de *Pseudotsuga menziesii* (modificado de El-Kassaby *et al.*, 1992).

Cuadro 6.2.8 Pruebas de germinación en laboratorio son una forma razonablemente precisa de predecir la germinación de semillas en el vivero, para la mayoría de especies de árboles comerciales.

Especie de árbol	Porcentaje de germinación		
	Prueba estándar	Pre-siembra	Actual en el Vivero
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	92	94	90
<i>Picea glauca</i>	85	88	86
<i>Pinus contorta</i>	93	94	93
<i>P. ponderosa</i>	84	80	84
<i>Abies lasiocarpa</i>	62	58	51
<i>Pinus monticola</i>	80	60	68

Fuente: Modificado de Kolotelo (1994)

6.2.3.5 Cálculo de semilla pura viva

El índice de calidad de semillas denominado **semilla pura viva** (PLS por sus siglas en inglés) es calculado comúnmente después del análisis de semillas, especialmente cuando éstas serán vendidas. El PLS es una base comúnmente aceptada para comparar y costear los lotes de semillas que difieren en pureza y viabilidad (Stein *et al.*, 1986):

$$\text{Semilla pura viva (\%)} = \frac{\% \text{germinación(viabilidad)} \times \% \text{pureza}}{100}$$

Los viveristas deberán siempre insistir en la semilla de la más alta calidad. Aunque los distribuidores de semillas pueden ofrecer lotes con valores bajos de PLS a precios de ganga, ésta es una falsa economía que se reflejará en problemas operacionales en el vivero. Si las semillas de baja calidad pertenecen al vivero, entonces deben ser sembradas en forma inmediata o destruidas, ya que estos lotes se deterioran con el tiempo y tienen poco potencial para ser almacenadas aún bajo las mejores condiciones. Contrariamente, lotes de alta calidad se desempeñarán bien sobre un amplio rango de condiciones ambientales y muchos pueden ser almacenados para producciones futuras de plantas (Edwards and Wang, 1995).

6.2.4 Almacenamiento de semilla

La mayoría de los viveros que producen en contenedor sólo necesitan almacenar semillas para periodos cortos de tiempo, como desde el momento de la recolección o compra, hasta la siembra. Sin embargo, algunas veces son recolectadas más semillas que pueden ser usadas inmediatamente, o puede ser más económico comprar grandes cantidades de un lote popular de semillas y almacenarlas de un año a otro. Un almacenamiento exitoso requiere un conocimiento de las características de las semillas de diferentes especies, una alta calidad inicial de las semillas y un contenido apropiado de humedad de la semilla. La temperatura de almacenamiento, contenedores y método también son importantes. El tema del almacenamiento de semillas es discutido a detalle en Gordon (1992) y Bonner (1990).

6.2.4.1 Clases de semillas almacenables

La longevidad de las semillas es una característica de las especies de plantas y existen cuatro clases de semillas basadas en su genética y composición (Bonner *et al.*, 1994):

1. **Ortodoxas** – semillas que toleran la desecación y por lo tanto se almacenan fácilmente por periodos de tiempo relativamente largos.
2. **Subortodoxas** – semillas que requieren las mismas condiciones de almacenamiento que las ortodoxas, pero tienen limitaciones debido a la composición de la semilla y su origen genético.
3. **Recalcitrantes templadas** – semillas que son intolerantes a la desecación por lo que deben ser almacenadas a temperaturas por arriba del punto de congelación, y no deben ser almacenadas en recipientes herméticos.
4. **Recalcitrantes tropicales** – semillas que tienen los mismos requerimientos de humedad e intercambio de gases que las especies recalcitrantes templadas pero además, son muy sensibles a bajas temperaturas.

Otras características de las semillas también afectan su almacenabilidad. El grosor o dureza de las cubiertas de las semillas restringen la pérdida de humedad y las semillas que contienen aceites tienden a ser más difíciles de almacenar que aquellas que contienen más almidón. Las semillas recolectadas antes de que maduren o aquellas que estuvieron bajo condiciones de estrés ambiental durante la maduración, tienen baja almacenabilidad.

El manejo de las semillas antes de su almacenamiento también afecta el potencial de almacenabilidad. La exposición directa de las semillas al sol o a altas temperaturas, especialmente cuando el contenido de humedad de las semillas es alto, es dañino. El cuidado con el cual los frutos y semillas son manejados y almacenados durante su recolección, envío y procesamiento es importante. Un procesamiento sin cuidado puede provocar grietas en la cubierta de las semillas o incluso, sensibilidad de los tejidos de las células a las contusiones. Una cubierta agrietada permite que la humedad escape y proporcione una entrada a hongos patógenos.

6.2.4.2 Condiciones críticas de almacenamiento: contenido de humedad y temperatura

De todos los factores que influyen en el almacenamiento de semillas, el contenido de humedad es por mucho el más importante. Los contenidos de humedad recomendados de las semillas para el almacenamiento de especies ortodoxas y subortodoxas es del 6 al 10% (Cuadro 6.2.9). Sin embargo, para las especies recalcitrantes, el contenido de humedad debe mantenerse en un rango de 30 a 45% para periodos de almacenamiento de incluso, algunos años. El contenido de humedad de la semilla también puede afectar la cantidad de dormancia secundaria indeseable que se desarrolla durante su almacenamiento. Estudios han indicado que el contenido de humedad de 10 a 18% (con base en el peso seco) durante el primer año del periodo de almacenamiento, incrementa el grado de

dormancia comparado con aquellas semillas con un contenido de humedad por debajo de 10% o por arriba de 18% (McLemore and Barnett, 1968).

La temperatura es la otra consideración importante cuando se almacenan semillas. En general, a menor temperatura menor será la tasa de deterioro de las semillas, aunque el rango recomendado es considerablemente diferente entre las especies ortodoxas /subortodoxas y las recalcitrantes. La mayoría de las semillas se pueden almacenar a temperaturas iguales o ligeramente por debajo del punto de congelación por cortos periodos de tiempo, excepto para aquellas en la categoría de tropicales recalcitrantes. Estas semillas son muy sensibles al daño por frío, el cual ocurre a temperaturas relativamente frías de 12 a 20°C (54 a 68°F)(Bonner *et al.*, 1994).

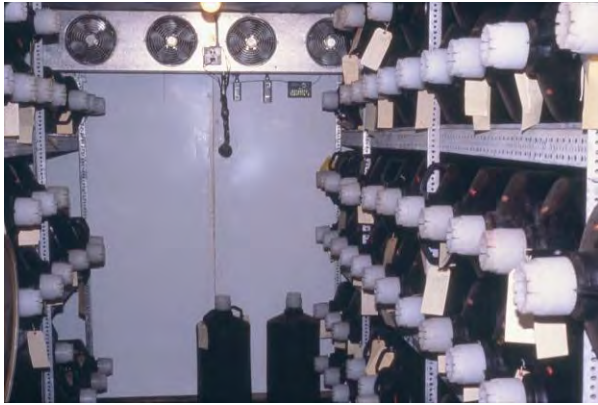
El almacenamiento refrigerado es recomendado para las semillas de todas las especies, pero en las tropicales recalcitrantes, esto puede hacerse sólo si es justificado económicamente y se cuenta con una fuente de energía confiable. Existen en el mercado unidades comerciales prefabricadas de refrigeración en forma modular, y pueden crearse estructuras ideales para el almacenamiento de semillas. Pueden ser independientes o instalarse dentro de construcciones existentes. El control de humedad no es necesario para las semillas ortodoxas y subortodoxas, pero es deseable para especies recalcitrantes. Debido a que las unidades de refrigeración sin escarcha constantemente remueven la humedad del ambiente de almacenamiento, todos los tipos de semillas deben ser empacados apropiadamente para mantener un contenido de humedad adecuado. (ver el apartado de estructuras de almacenamiento refrigerado en la sección 1.3.5.4 en el volumen 1 de esta serie).

6.2.4.3 Contenedores de almacenamiento

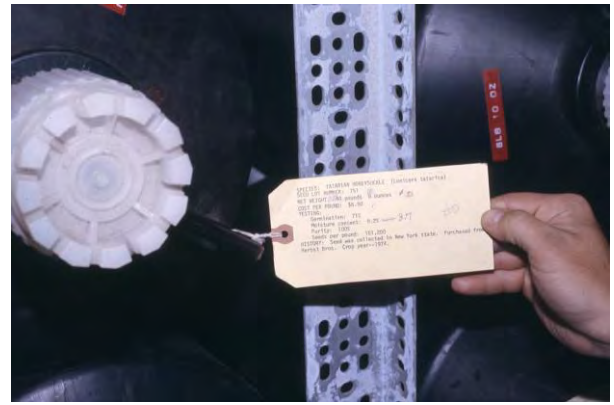
Los contenedores para el almacenamiento de semillas deben ser lo suficientemente rígidos para proporcionar protección física durante el almacenamiento y manejo. Los contenedores que retardan la pérdida de humedad deben ser usados para el almacenamiento de semillas ortodoxas y subortodoxas, para prevenir la desecación. Se han usado botellas de plástico con tapaderas de rosca (Figura 6.2.19) y cilindros de fibra comprimida o cajas de cartón, cubiertas con bolsas de plástico. Aunque los contenedores rectangulares son más eficientes en espacio, los redondos aseguran necesariamente espacios de aire. Los contenedores de cartón o de fibra comprimida deben ser cubiertos con bolsas plásticas. Bolsas de 0.102 a 0.152 mm (4 a 6 μ) de grosor son suficientes, excepto en ambientes húmedos donde se usan con mayor grosor para mantener el contenido de humedad deseado de las semillas. Sin embargo, las especies recalcitrantes deben tener un intercambio constante de gas, por lo que se deben almacenar en contenedores cubiertos con una bolsa de plástico sin sellar de 0.102 mm (4 μ)(Cuadro 6.2.9).

6.2.4.4 Longevidad de la semilla en almacenamiento

Bajo condiciones naturales la mayoría de las semillas de las coníferas y de maderas duras tienen una vida útil menor a los 3 años. Sin embargo, cuando las condiciones son cuidadosamente reguladas en almacenamiento refrigerado, la viabilidad de las especies ortodoxas y subortodoxas, puede mantenerse a altos niveles por un periodo más largo (Cuadro 6.2.10). Operativamente, las semillas de coníferas comerciales son almacenadas de 10 a 20 años con una pequeña pérdida apreciable en viabilidad. La longevidad potencial de las semillas de pino bajo condiciones óptimas de humedad y temperatura, es desconocida, pero podría acercarse a los 100 años (Bonner, 1989).



A



B

Figura 6.2.19 Los contenedores para el almacenamiento de semillas deben proporcionar protección física, así como mantener un apropiado contenido de humedad (A). Las etiquetas de almacenamiento deben ser legibles, permanentes y contener toda la información necesaria para la identificación del lote de semillas (B).

Cuadro 6.2.9 Condiciones recomendadas de almacenamiento para las cuatro clases de semillas de árboles.

Clase de semilla	Periodo de almacenamiento (años)	Humedad de la semilla (%)	Temperatura		Tipo de contenedor	Ejemplo de géneros típicos
			°C	°F		
Ortodoxa	< 5	6 – 10	0 – 5	32 – 38	Hermético	<i>Pinus, Picea, Betula y Prunus</i>
	> 5	6 – 10	- 18	0	Hermético	<i>Eucalyptus, Acacia y Casuarina</i>
Subortodoxa	< 5	6 – 10	0 – 5	32 – 38	Hermético	Semillas con alto contenido de lípidos (<i>Juglans</i> y <i>Carya</i>); semillas con cubiertas delgadas (<i>Populus</i> y <i>Salix</i>); semillas que deben secarse lentamente (<i>Fagus</i> y <i>Citrus</i>)
	> 5	6 – 10	- 18	0	Hermético	
Templada-recalcitrante	< 3	30 – 45	- 1 a - 3	26 – 30	Bolsa plástica sin sellar	Semillas con alto contenido de lípidos (<i>Quercus</i>); semillas con alto contenido de carbohidratos (<i>Aesculus</i>)
Tropical-recalcitrante	< 1	30 – 45	12 – 20	54 – 68	Bolsa plástica sin sellar	<i>Chorea, Hopea y Dipterocarpus</i>

Fuente: modificado de Bonner *et al.* (1994)

Las especies recalcitrantes deben ser almacenadas por un periodo de tiempo mucho más corto, desde algunos meses a un par de años (Cuadro 6.2.10). Sin embargo, el tiempo actual de almacenamiento puede variar dentro de un género y los encinos son un ejemplo interesante. Cuando son recolectadas algunas bellotas de roble blanco, las radículas se encuentran emergiendo mientras que en algunas bellotas del roble rojo, se pueden

mantener durante un máximo de cinco años cuando se manejan y almacenan apropiadamente. Algunos tratamientos culturales pueden extender el almacenamiento de las bellotas, como el remojo en agua por 48 horas a 2°C (36°F) antes de guardarlas en bolsas de plástico atadas ligeramente (Gosling, 1988).

Cuadro 6.2.10 Periodos comunes de almacenamiento de semillas de árboles

Clase de semilla y especies	Temperatura		Contenido de humedad (%)	Tiempo de almacenamiento	Pérdida de viabilidad (%)
	°C	°F			
Ortodoxas					
<i>Acer saccharum</i>	-10	14	10	5.5 años	5
<i>Liquidambar styraciflua</i>	3	37	5-10	9.0 años	3
<i>Pinus ponderosa</i>	0	32	8	7.0 años	0
Subortodoxas					
<i>Fagus sylvatica</i>	-10	14	10	5.0 años	34
<i>Populus deltoides</i>	-20	-4	6-10	6.0 años	21
<i>Salix</i> spp.	-10	14	6-10	1.2 años	0
Templada-recalcitrante					
<i>Acer saccharinum</i>	-3	26	50	18 meses	8
<i>Quercus falcata</i>	3	37	35	30 meses	6
<i>Q. rubra</i>	-2	28	38-45	17 meses	18-46
Tropical-recalcitrante					
<i>Araucaria hunsteinii</i>	19	66	25-30	54 días	30
<i>Shorea robusta</i>	14	57	40-50	30 días	60

Fuente: Modificado de Bonner (1990).

6.2.5 Tratamientos de pre-siembra para romper la dormancia de semillas

A diferencia de las semillas de cultivos hortícolas, que han sido creadas para germinar inmediatamente después de la siembra, las de muchas especies forestales y de conservación se tornan dormantes después de que maduran. La **dormancia de la semilla** se refiere al estado fisiológico en el cual, de otra forma, las semillas viables no germinarán aún y cuando sean colocadas en ambientes que favorezcan su crecimiento (Bonner *et al.*, 1994). La dormancia es una adaptación ecológica que asegura que las semillas sólo germinarán cuando las condiciones climáticas, especialmente la humedad y la temperatura, son favorables para la supervivencia de la planta. El **tipo de dormancia** es controlada genéticamente y por lo tanto, usualmente es el mismo para una determinada especie o incluso géneros. Sin embargo, al igual que con la mayoría de las cosas en la naturaleza, siempre hay excepciones y los robles son un buen ejemplo. La mayoría de las especies del grupo de *Alnus rubra* tienen embriones inmaduros que se benefician de la estratificación, mientras que la mayoría de las especies del grupo de *Quercus alba*, no lo hacen. Dentro de cada grupo, sin embargo, hay especies de roble que son excepciones a la regla (Schopmeyer, 1974). El **grado de dormancia** varía entre ecotipos de una especie, los lotes de semillas recolectadas en diferentes años, o incluso entre las semillas individuales de una determinada planta. Esta variación es una adaptación que asegura que no todas las semillas germinarán al mismo tiempo, pero algunas germinarán cada año durante un período prolongado.

6.2.5.1 Tipos de dormancia

La dormancia de las semillas puede ser provocada por una diversidad de diferentes factores, y no existe un acuerdo universal sobre la mejor terminología para los tipos de dormancia. A fin de que sea relevante para los viveristas, el sistema de clasificación para la dormancia debe ser útil tanto lógica, como operacionalmente (Cuadro 6.2.11). Los principales tipos de dormancia pueden

superarse con los siguientes tratamientos a las semillas. En el caso de una dormancia secundaria, la mejor solución es prevenir dicha condición como primera opción, mediante un adecuado manejo y almacenamiento de las semillas.

6.2.5.2 Semillas sin dormancia

No todas las semillas de especies forestales y de conservación son dormantes, sin embargo, aún las semillas sin dormancia requieren algún tratamiento antes de que puedan ser sembradas. Las semillas que acaban justamente de ser procesadas o que han estado en almacenamiento, tienen bajos contenidos de humedad, que el ideal para la germinación (Cuadro 6.2.5). La **imbibición** es el proceso fisiológico mediante el cual las semillas absorben el agua necesaria para iniciar las reacciones metabólicas que conducen a la germinación. En las actividades prácticas del vivero, esto se obtiene mediante el remojo de las semillas en agua, por 24 a 48 horas. Es recomendado un chorro de agua corriente para mantener alto el contenido de oxígeno disuelto del agua, y evitar las condiciones de estancamiento. Algunos viveros incluso usan un burbujeador en el tanque de remojo. Además de lograr la imbibición, este tratamiento también suaviza la cubierta de las semillas y la limpia, removiendo posibles inhibidores químicos o patógenos (la limpieza de las semillas y su desinfección son discutidos en la sección 6.2.7).

6.2.5.3 Dormancia de la cubierta de la semilla

Esta condición es comúnmente denominada **dormancia externa**, debido a que el factor limitante es el tejido que rodea al embrión (Cuadro 6.2.11). El grado de dureza de la cubierta varía entre especies, aunque también depende del ecotipo y de las condiciones climáticas durante el proceso de maduración de la semilla (Macdonald, 1986). Para suavizar la cubierta de las semillas, pueden ser usados varios tratamientos, aunque la mejor selección

dependerá del costo y disponibilidad de materiales y mano de obra. Al trabajar con semillas de *Gleditsia triacanthos* y *Robinia pseudoacacia*, se encontró que el mejor tratamiento de escarificación dependía de su tamaño y de los recursos económicos del vivero (Singh *et al.*, 1991). El objetivo es incrementar la permeabilidad de la cubierta de las semillas al agua y los gases. Los tratamientos excesivamente severos pueden dañar el embrión, de forma tal que debe intentarse primeramente con un método delicado y posteriormente aumentar la rudeza del tratamiento hasta lograr que la cubierta de las semillas sea permeable (Bonner, *et al.*, 1994). **Mantener notas precisas y detalladas del método de tratamiento y de su tiempo, permitirá a los viveristas desarrollar una guía de tratamiento de las semillas para cada especie o ecotipo.**

Remojos en agua caliente. Este es un tratamiento tradicional para muchas semillas de leguminosas o para aquellas con una cubierta cerosa. Un volumen de agua de aproximadamente 4 a 6 veces el volumen de las semillas secas debe ser puesto a ebullición. Posteriormente, las semillas se sumergen por

algunos minutos y el contenedor se remueve del calor y se deja enfriar. El embrión de algunas semillas puede ser dañado por las altas temperaturas, por lo que para estas especies, el agua debe calentarse a solo 65-70°C (149-158 °F). Las semillas deben ser extraídas y secadas cuando se hinchan y se vuelven gelatinosas al tacto. Con algunas especies, como *Buxus* spp., las semillas embebidas se hunden hasta el fondo del recipiente, y aquellas que flotan son removidas y se vuelven a tratar. Aunque algunos productores utilizan un tiempo de tratamiento estándar para el remojo en agua caliente, es mejor experimentar con cada especie y lote de semillas, debido a la variación en el espesor de la cubierta de las semillas. Las semillas tratadas están expuestas a la infección por bacterias y hongos, por lo cual deberán ser sembradas de manera inmediata. Un problema con las semillas tratadas con agua caliente es que se pegan entre sí, dificultando su uso con sembradoras mecánicas. Un remedio a esto es colocar las semillas tratadas en turba humedecida por algunos días (Macdonald, 1986).

Cuadro 6.2.11 La dormancia de la semilla puede ser provocada por diferentes factores.

Clase de dormancia	Factores causales	Ejemplos de géneros típicos
Cubierta de la semilla (externa)	1. La semilla es impermeable al agua o al oxígeno. 2. La cubierta físicamente restringe el desarrollo del embrión.	1. Muchas leguminosas: <i>Acacia</i> spp.; <i>Robinia</i> spp. 2. <i>Pinus</i> spp.; <i>Quercus</i> spp.
Embrión (interna)	1. Sustancias inhibitoras dentro del embrión o del tejido envolvente 2. Inmadurez fisiológica	1. <i>Betula</i> spp.; <i>Magnolia</i> spp. (ver Cuadro 6.2.2) 2. <i>Juniperus virginiana</i>
Morfológica	El embrión no está totalmente desarrollado	<i>Fraxinus</i> spp.; <i>Pinus</i> spp.
Doble	Dormancia del embrión tanto en la radícula como en el epicotilo	<i>Prunus</i> spp.; <i>Quercus</i> spp.
Combinada	Resultante de dos o más factores de dormancia primaria	<i>Tilia</i> spp. tiene una cubierta muy dura aunado a dormancia del embrión; <i>Crataegus</i> spp.
Secundaria	Resultante de una deficiente recolección de semilla, manejo y almacenamiento	<i>Pinus taeda</i> después de ser expuesto a altas temperaturas y humedad, durante el almacenamiento.

Fuentes: Modificado de Bonner *et al.* (1994) y Macdonald (1986).

Las semillas remojadas en agua aireada a 16°C (60°F) es un tratamiento simple para superar una dormancia ligera de las semillas de los pinos del sur. Éste es particularmente útil cuando no se cuenta con suficiente tiempo para realizar una estratificación tradicional con frío húmedo (Barnett, 1971).

Fuego o humo. Los tratamientos con calor seco rara vez son recomendados para superar la dormancia debido al peligro de daño al embrión. Sin embargo, el tratamiento con fuego ha sido utilizado en las semillas de algunos arbustos leñosos (por ejemplo, *Arctostaphylos* spp.) de comunidades vegetales dependientes del fuego, como el chaparral del sur de California (Emery, 1988). Obviamente, este tratamiento debe realizarse en exteriores en un área segura. Las semillas de *Eucalyptus* spp. son sembradas en superficies planas, cubiertas con una capa de suelo de 6 mm (0.25 in) y tapadas con una capa de paja, la cual posteriormente es incinerada permitiendo que se quemara completamente, cuyo calor seco rompe la cubierta de las semillas (Macdonald, 1986). Sin embargo, este tratamiento con fuego no es un procedimiento exacto debido a que la cantidad y duración del calor que alcanza a las semillas, no pueden ser controladas con precisión.

El uso del humo para estimular la germinación de las semillas de las plantas nativas adaptadas al fuego, fue descubierto hace menos de 10 años en Australia. Desde entonces, los investigadores han demostrado que el humo procedente de la combustión de materiales vegetales podría tener un efecto positivo en la germinación de 170 diferentes especies, que representan a 37 familias de plantas y 88 géneros (Roche *et al.*, 1997). Tanto la exposición directa al humo como la imbibición en soluciones acuosas diluidas de humo, fueron eficaces, aunque el tiempo de exposición varió considerablemente entre especies. Algunas plantas responden sólo después de los tratamientos tradicionales a la semilla, como la escarificación mecánica o con ácidos, y otros necesarios para tener sus semillas almacenadas en el suelo, previo al tratamiento. Aunque la aplicación práctica de esta tecnología aun requiere desarrollarse para las especies de

América del Norte, el uso del humo como un tratamiento de presiembrado es muy prometedor para plantas de comunidades vegetales adaptadas al fuego, como el chaparral del sur de California.

Escarificación. El proceso de **escarificación involucra** el debilitamiento suficiente de las cubiertas duras de las semillas, para permitir la imbibición, y varias técnicas son efectivas.

Abrasión mecánica. La cubierta de pequeñas cantidades de semillas relativamente grandes pueden ser tratadas manualmente: se realiza un mellado con una lima triangular o con una navaja afilada (Figura 6.2.20), se frota con una lija gruesa o se quema con un soldador eléctrico o con un pirógrafo de madera. Esta última técnica con un “punzón caliente” es particularmente útil, ya que hace una pequeña perforación en la cubierta seminal permitiendo a las semillas tratadas ser enviadas o incluso almacenadas, sin pérdida de viabilidad (Bonner *et al.*, 1994). Los trabajadores deberán siempre usar guantes de protección y pueden sujetar a las semillas pequeñas con pinzas. Las escarificadoras mecánicas pueden ser “hechas en casa” o compradas comercialmente. Para tratar grandes lotes de semillas, se han usado tambores giratorios forrados con papel de lija o mezcladoras de cemento llenadas con grava. Las semillas de *Scirpus* spp. pueden ser escarificadas colocándolas en un tambor rotatorio (pulidor) con arena de grano 120, por 5 a 7 días (Date, 1994). La maceración de bayas en una licuadora doméstica modificada puede ser una técnica de escarificación mecánica efectiva. Se debe eliminar el filo de las cuchillas con una lima y mezclar el fruto en un volumen de agua de 2 a 5 veces del volumen del fruto. Este tratamiento mella ligeramente la cubierta de las semillas, mejorando la imbibición y la germinación (Trindle, 1995). Sin importar la técnica utilizada, es importante comprobar regularmente la cubierta de las semillas para asegurarse que el tratamiento no ha ido demasiado lejos.

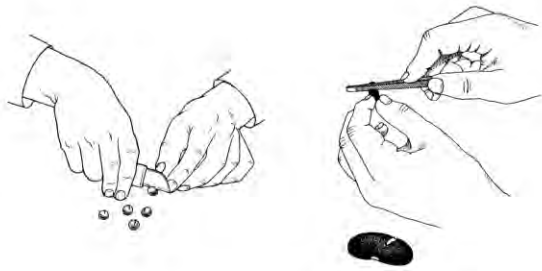


Figura 6.2.20 Escarificación mecánica. Semillas grandes con cubiertas seminales duras pueden ser escarificadas manualmente con una navaja filosa o una lima triangular (modificado de Bir, 1992).

Remojos en ácido. Otro método de escarificación es remojar las semillas en una solución de ácido fuerte. El ácido sulfúrico concentrado (densidad relativa de 1.84) es preferido, aunque los productores deben estar consientes de que éste es un material extremadamente cáustico y que la seguridad del trabajador siempre debe ser la consideración más importante (Cuadro 6.2.12). Cuando se realiza apropiadamente, la escarificación con ácido es una forma muy efectiva de eliminar cubiertas duras de la semilla, y estimular una rápida germinación (Figura 6.2.21).

Las semillas deben estar limpias y secas. Éstas no deben ser usadas cuando son extraídas directamente del almacenamiento en frío, ya que pueden estar cubiertas con la humedad condensada. Después de colocar las semillas en el contenedor para el tratamiento, el ácido se vierte lentamente sobre ellas, dejándolas en remojo por un lapso de 15 a 120 minutos. Dado que el tiempo del tratamiento variará considerablemente entre especies y lotes de semilla, es una buena idea realizar primero algunos ensayos a pequeña escala, removiendo algunas semillas en intervalos regulares de tiempo, realizando cortes en ellas para evaluar el grosor de la cubierta de las semillas. Otro procedimiento de la prueba es dividir la muestra en varios lotes más pequeños y posteriormente tratar cada uno incrementando la cantidad de tiempo. Las semillas escarificadas son remojadas en agua por varios

días y examinadas. El lote de prueba con la mayor proporción de semillas hinchadas en buen estado indican el tiempo óptimo de tratamiento para ese lote de semillas y especies (Schopmeyer, 1974). Con semillas de *Arctostaphylos nevadensis*, Trindle (1996) encontró que el espesor de la cubierta de la semilla no fue una guía confiable para determinar el momento óptimo de la escarificación con ácido, recomendando verificar la apariencia del propio endospermo. Un aspecto vítreo, empapado de agua indica que el tratamiento ha llegado demasiado lejos.

Cuadro 6.2.12 Cuidado y precauciones ambientales cuando se manejan ácidos.

1. La capacitación apropiada es fundamental. Todos los nuevos empleados deben ser capacitados en campo; trabajadores experimentados deben recibir una "actualización" de capacitación cada vez que vayan a trabajar con ácidos.
2. Se debe vestir con ropa de protección total para resguardar ojos y piel – guantes de hule y delantal resistentes al ácido, gafas de protección y botas de hule.
3. Deben usarse contenedores de vidrio resistentes al ácido, debiendo ser siempre mucho más grandes que el volumen de semilla a ser tratado.
4. **El agua no debe ser adicionada al ácido – ello podría provocar que hierva y salpicar sobre el trabajador. En cambio, el ácido debe ser cuidadosamente vertido en un gran volumen de agua.**
5. Después del tratamiento, la solución de ácido debe ser diluida en concentraciones seguras, vertiéndolo lentamente en un gran volumen de agua limpia.

Fuente: Modificado de Macdonald (1986).

Macdonald (1986) presenta un buen procedimiento operacional para la escarificación con ácido:

1. Colocar un volumen de semillas en un contenedor limpio y seco, y adicionando cuidadosamente el doble del volumen de ácido. Algunos productores colocan el recipiente del tratamiento en otro contenedor de agua fría para reducir la acumulación de calor resultante.

2. Revolver las semillas en intervalos regulares para prevenir que se peguen entre sí y mejorar la acumulación de calor en un lugar determinado.
3. Mientras las semillas estén en remojo, llenar otro contenedor de igual volumen con una solución de bicarbonato de sodio al 5%, para ser usado como un baño neutralizador del ácido.
4. Cuando se ha completado el tiempo de tratamiento, se debe vertir el ácido cuidadosamente y mover las semillas al baño de neutralización y revolver.
5. Remover las semillas del neutralizador y enjuagarlas completamente con agua limpia y fría.

Aunque las semillas escarificadas con ácido pueden ser almacenadas por algunos días, es mejor si son sembradas de forma inmediata. La escarificación de algunas especies puede concretarse tanto con un tratamiento con agua caliente como con ácido (Cuadro 6.2.13). El mejor tratamiento de escarificación dependerá de los requerimientos de las especies y de las habilidades y experiencia del productor.



Figura 6.2.21 Escarificación con ácido. Semillas con cubiertas seminales duras, como las del *Rhus trilobata* son tratadas con ácido, el cual disuelve la cubierta de la semilla permitiendo al agua penetrar e iniciar la germinación (cortesía de N. Shaw, USDA Forest Service).

Cuadro 6.2.13 Tratamientos a la semilla para superar la dormancia de algunas especies forestales y de conservación.

Especies	Escarificación		Estratificación (días)		
	Agua caliente	Ácido	Templado húmedo	Frio húmedo	
				Fresco	Almacenado
<i>Acer circinatum</i>	No	No	30-60	---	90-180
<i>A. rubrum</i>	No	No	No	No	No
<i>A. saccharum</i>	No	No	No	---	40-90
<i>Ceanothus velutinus</i>	Si	No	No	---	90
<i>Cersis canadensis</i>	Si*	Si*	No	---	30-60
<i>Gleditsia triacanthos</i>	Si*	Si*	No	No	No
<i>Juniperus scopulorum</i>	No	No	120	---	120
<i>Pinus ponderosa</i> var. <i>arizonica</i>	No	No	No	No	No
<i>P. ponderosa</i> var. <i>ponderosa</i>	No	No	No	No	30-60
<i>P. taeda</i>	No	No	No	30-60	30-60
<i>Populus tremuloides</i>	No	No	No	No	No

Fuente: Schopmeyer (1974)

* Cualquier tratamiento funcionará

6.2.5.4 Dormancia morfológica o del embrión

Estos tipos “internos” de dormancia pueden tener dos causas diferentes (Cuadro 6.2.11), pero en ambos, el tratamiento cultural debe superar una condición fisiológica o morfológica dentro de la propia semilla. Como en el caso con la dormancia de la cubierta de la semilla, el grado de dormancia puede variar considerablemente entre especies y ecotipos, por lo que una vez más, no debe subestimarse la necesidad de intentar diferentes tratamientos y mantener registros precisos y detallados.

Estratificación con frío húmedo. Para la mayoría de especies forestales comerciales, el tratamiento más común de estratificación para superar la dormancia de la semilla es la estratificación bajo condiciones de frío y humedad. Esta estratificación que tiene sus orígenes en la práctica histórica de colocar capas de semillas entre capas alternantes (“estratos”) de turba húmeda o arena. El procedimiento actual de colocar semillas embebidas en bolsas de plástico bajo refrigeración se puede describir con mayor precisión como estratificación en frío húmedo o estratificación desnuda. Aunque el pre-enfriamiento es el término preferido por los científicos de semillas, la **estratificación** se usará en este documento debido a que es simple, definitiva y profundamente arraigada en el lenguaje vernáculo de las operaciones del vivero.

La estratificación con frío húmedo satisface diversas funciones fisiológicas importantes, incluidas la activación de los sistemas enzimáticos y en la conversión de los almidones en azúcares, para acelerar el metabolismo. Aunque el mecanismo exacto es desconocido, la estratificación también cambia el balance entre los inhibidores y promotores químicos, y por lo tanto, actúa como un “interruptor” para estimular la germinación químicamente. Aún en especies que no exhiben cierta dormancia, la estratificación en frío húmedo produce una rápida y más completa germinación (Moreno, 1985). Ésta estratificación también beneficia la

biodiversidad debido a que permite que más semillas germinen en forma individual al mismo tiempo. Por ejemplo, una mezcla de semillas de *Pseudotsuga menziesii* sin estratificar mostró una variación altamente significativa al momento de la germinación, comparada con aquellas que fueron sometidas a una estratificación con frío húmedo (Figura 6.2.22A). Las semillas de algunos pinos germinarán sin estratificación cuando fueron recolectadas frescas, pero la dormancia se desarrolló después de que fueron almacenadas (Krugman and Jenkinson, 1974). Otro beneficio cultural no ampliamente apreciado de la estratificación con frío húmedo, es que la germinación inicial se vuelve más lenta, creando una germinación homogénea, cuando los contenedores sembrados son colocados en un medio de propagación cálido (Bonner *et al.*, 1994).

La práctica tradicional de mezclar semillas con un sustrato húmedo sigue usándose en algunos viveros que producen especies forestales y de conservación. Algunos viveros mezclan semillas con turba (*Sphagnum*) húmeda en una bolsa de plástico y la colocan en el refrigerador (Figura 6.2.22B/C). La condición de las semillas es verificada semanalmente y son sembradas después del periodo de estratificación prescrito o plantadas como germinantes (ver sección 6.2.8). La estratificación desnuda considera el remojo de las semillas en agua para obtener una imbibición total, drenando el exceso de agua y colocado posterior de las semillas en bolsas de polietileno en un almacén refrigerado, donde se mantiene la temperatura ligeramente por encima del punto de congelación. Es preferido el chorro de agua corriente para mantener remojadas las semillas porque el burbujeo del agua mantiene altos los niveles de oxígeno disueltos y también limpia las cubiertas de las semillas de los organismos patogénicos. En un estudio con *Pseudotsuga menziesii* (Axelrod *et al.*, 1995), el porcentaje de semillas contaminadas con el hongo *Fusarium* se incrementó durante la estratificación después del remojo en agua estancada; los lotes de semillas tratadas con la imbibición con agua corriente disminuyeron

significativamente los niveles de contaminación post-estratificación.

La estratificación exitosa requiere conocer cuatro condiciones:

Humedad y aireación. Operacionalmente éstos dos factores deben ser considerados juntos ya que pueden ser inversamente relacionados en el ambiente de estratificación. La estratificación efectiva requiere que las semillas se encuentren completamente embebidas y no permitir que se sequen durante el periodo completo del tratamiento. Los contenidos de humedad en los cuales se presenta una imbibición total, varía entre las especies de coníferas, aunque comúnmente es adecuado el remojo de las semillas en agua corriente a temperatura ambiente por 24 a 48 horas (Barnett, 1981). Si las semillas no están completamente embebidas, la estratificación será menos efectiva lo cual se verá reflejado en una germinación lenta o irregular. Sin embargo, las semillas de algunas especies son dañadas por un remojo demasiado prolongado. Por ejemplo, la viabilidad de las semillas *Pinus palustris* se reduce si se remoja por más de 8 horas (Barnett and Pesacreta, 1993). Después de la imbibición, las semillas se drenan y se colocan en bolsas de polietileno. El volumen de semillas por bolsa de estratificación debe ser relativamente pequeño para asegurar una buena aireación a lo largo de ella y las bolsas de plástico que se usan no deberán tener un grosor superior de 0.102 mm (4 μ). Este grosor de plástico permite poco intercambio de oxígeno y de bióxido de carbono – **se debe recordar que las semillas están vivas y “respirando”**. En algunos viveros se inserta un tubo hueco o paja, en la parte superior de la bolsa para incrementar la aireación (Figura 6.2.22D). La colocación de las bolsas en bastidores de malla de alambre asegura el intercambio de aire debajo de la bolsa y en algunos viveros se cuelgan las bolsas de estratificación en ganchos. También es una buena práctica disponer de una persona que mueva y practique masajes a las bolsas semanalmente para mover las semillas del interior al exterior, y asegurar que no existen condiciones anaeróbicas. También es una

buena idea verificar en este momento la existencia de hongos.

Temperatura. La temperatura ideal para la estratificación con frío húmedo dependerá de las especies y de los ecotipos, aunque la mayoría de los árboles y arbustos de climas fríos requerirán una temperatura ligeramente superior a la de congelación. El rango óptimo de temperatura para la mayoría de las especies de zonas templadas es de 1 a 5 °C (34 a 41 °F). Los productores deberán tener certeza de que sus unidades de refrigeración están funcionando de forma apropiada y que el equipo de monitoreo de la temperatura es preciso, dado que la congelación deseca las semillas y detiene el proceso de estratificación (Macdonald, 1986).

Duración del tratamiento. La duración del tratamiento prescrito de estratificación con frío húmedo puede variar de 4 a 20 semanas, dependiendo de la especie, variedad y ecotipo (Cuadro 6.2.13). Periodos de estratificación mayor eliminan las diferencias inherentes dentro de un lote de semillas, mejorando con ello la velocidad y uniformidad de la germinación, generando con ello un cultivo de plantas más uniforme (Barnett, 1986). Esto es especialmente importante cuando las condiciones de germinación no son las óptimas (Tanaka *et al.*, 1986). Sin embargo, las especies con menor dormancia pueden ser adversamente afectadas por largos periodos de estratificación (Boyer *et al.*, 1985). Por lo tanto, el periodo de la estratificación con frío húmedo debe basarse en pruebas de germinación por pares o en ensayos de germinación realizados en el vivero, siempre que sea posible.

Estratificación antes del almacenamiento. En años recientes, han ido surgiendo nuevas ideas con respecto a la estratificación con frío húmedo, primeramente en términos del contenido de humedad de las semillas y el tiempo del tratamiento. La mayoría de los trabajos previos basados en esta técnica de “**estratificación con resecado**” fue realizada en coníferas del oeste (Edwards, 1986), y en los pinos del sur (Barnett, 1985c), y recientemente ha sido usada en especies de madera dura. Danielson and Tanaka (1978) encontraron que

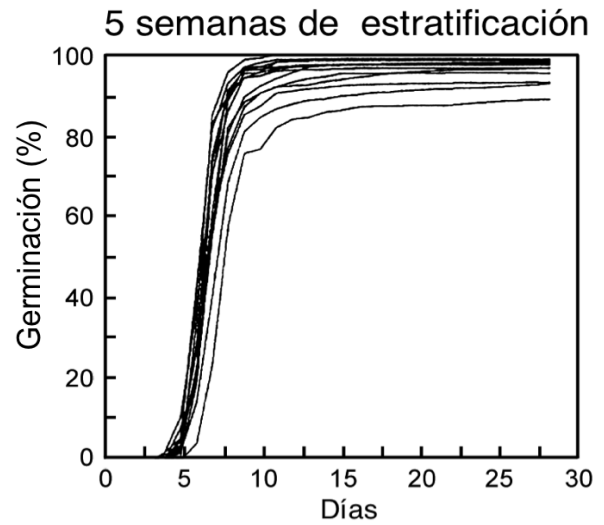
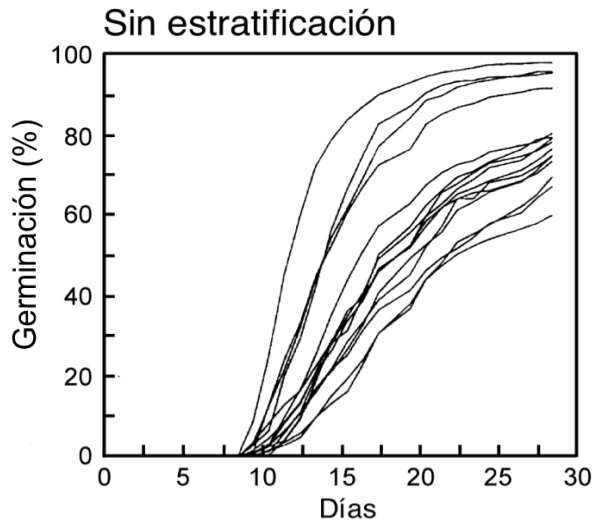
después de un corto periodo de secado con aire, las semillas de *Pinus ponderosa* y de *Pseudotsuga menziesii* estratificadas con frío húmedo, pueden ser almacenadas por varios meses a 2°C (34°F) sin pérdida, tanto de viabilidad o de los beneficios de la estratificación. Por su parte, McLemore and Barnett (1968) encontraron una disminución no significativa de la germinabilidad usando semillas de *Pinus taeda* que fueron tratadas y después almacenadas por un año a diferentes contenidos de humedad y temperaturas. Las semillas almacenadas con una temperatura justo por encima del punto de congelación y un contenido de humedad mayor al 25%, pero por debajo de la imbibición total, continuó incrementando su capacidad de germinación. Edwards (1981) reportó la misma respuesta con semillas de *Abies*.

El concepto clave de la técnica de estratificación con resecado, es que las semillas se estratifican bajo condiciones comunes de frío y humedad y luego se vuelven a secar a un contenido de humedad menor y son devueltas al almacenamiento frío (Figura 6.2.23). Los beneficios son que la germinación prematura durante la estratificación es grandemente prevenida y las tasas de germinación se mejoran al punto de que la germinación total puede incluso ser mayor que con los tratamientos tradicionales de pre-siembra (Cuadro 6.2.14).

Una investigación reciente en Europa con semillas de especies de madera dura, mostró que si durante la estratificación fue determinado y controlado un adecuado contenido de humedad, la total imbibición y el secado posterior fueron innecesarios (Muller and Bonnet-Masimbert, 1989). Las semillas deben ser estratificadas con el contenido de humedad que permita superar la dormancia y a su vez prevenga la germinación, para posteriormente ser almacenadas en frío hasta por 5 años sin pérdida de viabilidad. De interés fundamental para los propagadores, las semillas deben ser extraídas del almacenamiento y ser sembradas en cualquier momento sin tratamiento adicional. La eficiencia del uso de estas semillas son tan

impresionantes como la técnica de estratificación con resecado con la cual se logró producir 2,500 plantas/kg de *Fagus* spp., lo cual representó un aumento de 2.5 veces mayor a las producciones previas (Muller, 1993).

La técnica de estratificación con resecado incluso puede ser aplicada a semillas estratificadas no utilizadas que quedan después de la siembra. Sin embargo, cuando las semillas han sido estratificadas, se secan a un contenido de humedad de cerca de 10% (base de secado en horno) y son almacenadas, se pierden muchos de los beneficios de la estratificación (Barnett, 1972; Danielson and Tanaka 1978). Pruebas recientes han demostrado que este tipo de semillas pueden ser re-tratadas de nueva cuenta en lo que se conoce como "doble pre-enfriamiento". Boyer *et al.* (1985) encontraron que un tratamiento de 30 días, seguido de secado, almacenamiento y un tratamiento de 30 días adicionales un año después, incrementó la velocidad de la germinación sobre la estratificación convencional con frío húmedo.



A



Figura 6.2.22 La estratificación con frío húmedo no sólo rompe la dormancia de la semilla, sino que mejora la velocidad y uniformidad de la germinación (A). En el método tradicional, las semillas son mezcladas entre sí con un sustrato húmedo como la turba (*Sphagnum*) en una bolsa de plástico y almacenadas bajo refrigeración hasta que inicia la germinación (B). Las semillas germinadas son entonces separadas del sustrato y plantadas en los contenedores para su crecimiento (C). Con la “estratificación desnuda”, las semillas completamente embebidas se colocan en bolsas de plástico y se almacenan bajo refrigeración por un periodo de tiempo prescrito. Algunos viveros insertan un tubo en la parte superior de la bolsa para incrementar el intercambio de aire (D).

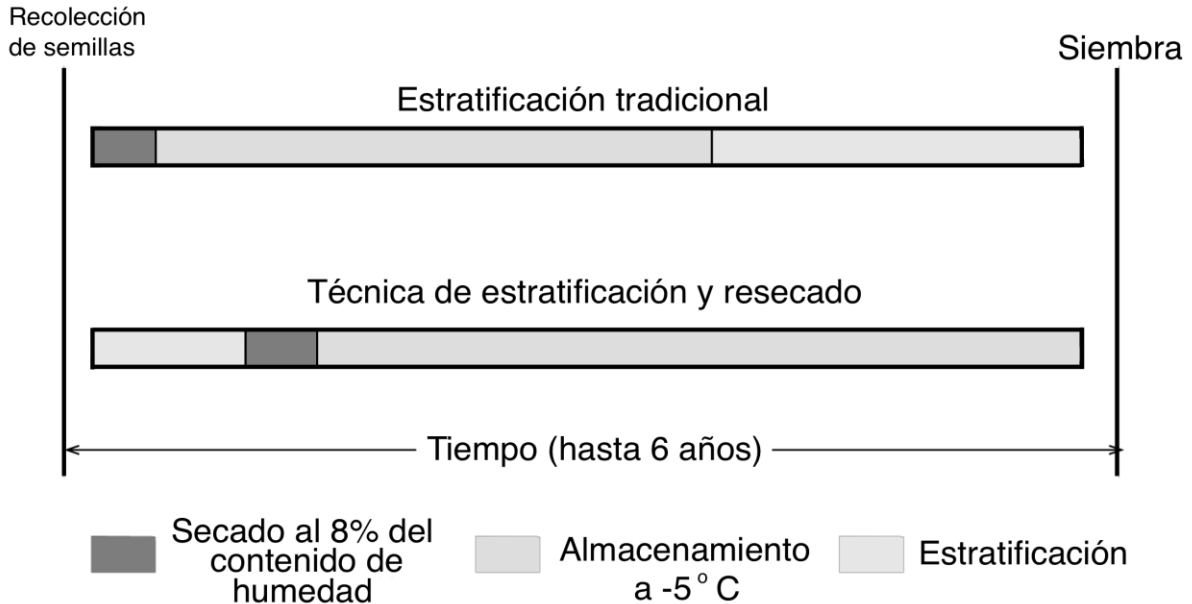


Figura 6.2.23 La técnica de “estratificación y resecado” es una modificación de la estratificación tradicional con frío húmedo en la cual, las semillas tratadas pueden ser almacenadas antes de la siembra (modificado de Muller, 1993).

Cuadro 6.2.14 La técnica de “estratificación y resecado” es un nuevo tratamiento prometedor para superar la dormancia, ya que permite a las semillas recibir los beneficios de la estratificación con frío húmedo antes del almacenamiento, por lo que éstas están listas para sembrarse, sin importar que sea requerido

Número de lote de semilla (<i>Fagus sylvatica</i>)	Duración del almacenamiento (meses)	Germinación de las semillas estratificadas (%)	
		Antes del almacenamiento	Después del almacenamiento
A	72	61	71
B	42	72	72
C	30	87	70
D	6	88	78
E	6	87	89
F	6	92	90
Promedio	n/a	81	78

Fuente: Muller (1993)

6.2.5.5 Dormancia doble o combinada

Las semillas de algunas especies forestales y de conservación son particularmente difíciles de propagar, debido a que el nivel de dormancia varía en el embrión o es debido a la combinación de factores (Cuadro 6.2.11).

Estratificación con calor húmedo. Existen dos objetivos culturales de este tratamiento de dormancia: para suavizar una cubierta dura de la semilla y para fomentar el crecimiento del embrión poco desarrollado. El primero se acelera por el aumento de la descomposición

microbiana de la cubierta de la semilla y las temperaturas cálidas simulan el periodo de verano que se presenta en la naturaleza (Macdonald, 1986). Con algunas especies, como *Quercus alba*, el epicotilo entra en dormancia mientras que la radícula no, y por ello el tratamiento de estratificación con calor húmedo permite completar la germinación cuando las semillas son sembradas. Las semillas de algunas otras especies germinan mejor cuando se les aplica un periodo con calor húmedo, justo antes de la estratificación con frío húmedo (Cuadro 6.2.13).

Los requerimientos y procedimientos para el tratamiento de estratificación con calor húmedo es básicamente el mismo que con la estratificación con frío húmedo, excepto que las temperaturas son incrementadas a 18 – 29°C (65-85°F). Las semillas deben ser embebidas completamente para beneficiarse de la estratificación con calor húmedo, y deben ser empacadas y removidas regularmente para promover una buena aireación. La estratificación con calor húmedo comúnmente toma entre 4 y 12 semanas aunque varía considerablemente entre especies. En algunos viveros se empapan las semillas y se colocan en bolsas de plástico, justo como se hizo anteriormente con la estratificación con frío húmedo, y posteriormente se cuelgan en el interior de un invernadero cálido, o se colocan en el piso calentado o mesa al interior de la estructura de propagación (Figura 6.2.24). Si se requiere procesar un volumen mayor de semillas, en algunos viveros se ha construido un cuarto aislado para la estratificación, usando lámparas de calor para mantener la temperatura de 24 a 27°C (75 a 80°F) (Macdonald, 1986).

Tratamientos combinados. Algunas semillas tienen una dormancia combinada consistente en una cubierta dura, aunada a una dormancia del embrión (Cuadro 6.2.13), y desarrollar tratamientos a las semillas de estas especies es especialmente retardador. Por ejemplo, es posible superar la dureza de la cubierta de *Cercis canadensis* con agua caliente o remojo en ácido, aunque las semillas no germinarán debido a su dormancia interna. Una combinación de escarificación con ácido o mecánica, seguida de un periodo de estratificación relativamente corto con frío húmedo, resultó ser efectivo (Figura 6.2.25).

Especies desafiantes. En caso de que el productor novato tenga la impresión de que superar la dormancia es un procedimiento cultural rutinario, algunas especies siguen causando problemas, incluyendo al *Pinus monticola* y al *Juniperus scopulorum* (Figura 6.2.26A). Aunque mucha investigación se ha dedicado a lograr una germinación rápida y uniforme en el vivero para estas especies

problemáticas, aún hay mucho trabajo por hacer. Parte de la respuesta puede ser que el grado de dormancia varía año con año, o que se encuentra presente algún inhibidor químico desconocido de la germinación.



Figura 6.2.24 Estratificación con calor húmedo. La técnica considera colocar semillas completamente empapadas en un invernadero calentado, donde el contenido de humedad es alto por la cubierta con una arpillera húmeda.

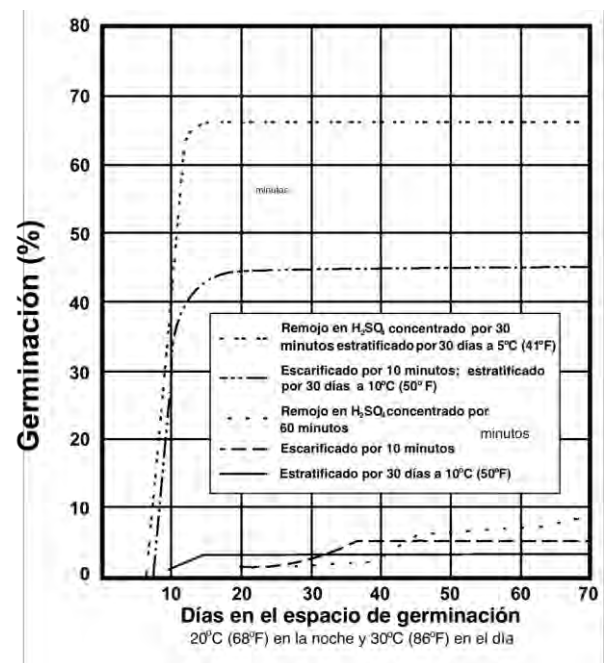


Figura 6.2.25 La doble dormancia de las semillas de *Cercis canadensis* requiere tanto escarificación con ácido como estratificación con frío húmedo (Bonner et al., 1974).

En algunos casos, la respuesta podría ser tratar de imitar a la naturaleza. Por ejemplo, la semilla del *Juniperus scopolorum* normalmente requiere una estratificación cálida húmeda seguida por un período con temperaturas frías (Cuadro 6.2.13), y un vivero de Colorado ha desarrollado la técnica de "volver a la naturaleza" para satisfacer estos requisitos. A mediados del verano, una bolsa de malla llena de semillas de junípero es enterrada en el suelo a una profundidad de 10 cm (4 in) e irrigadas, permitiendo una estratificación natural hasta finales de invierno. La bolsa se desentierra en febrero del año siguiente, cuando las semillas muestran signos de germinación (Figura 6.2.26 B/C). Estas son después sembradas manualmente en contenedores y cultivadas con prácticas culturales normales (Moench, 1995). La germinación de semillas de diferentes especies como el *Acer* spp., *Crataegus* spp. y *Tilia* spp. fueron mejoradas mediante un pretratamiento, con un activador de composta que suaviza químicamente la cubierta de las semillas, y por lo tanto, imita las condiciones de estratificación natural invernal (Cullum and Gordon, 1994).

La naturaleza ha ideado algunos complicados trucos para asegurar la supervivencia de las especies, haciendo que ciertas semillas germinen en un periodo de tiempo. La superación de la compleja dormancia de la semilla es uno de esos factores que hacen el trabajo en el vivero muy interesante, ya que es tanto un arte como una ciencia.

6.2.5.6 Nuevos tratamientos a la semilla

Remojos químicos. La dormancia de las semillas de algunas especies forestales puede superarse con tratamientos químicos, incluida la tiourea, etileno, peróxido de hidrógeno, hipoclorito de sodio y ácido cítrico (Bonner *et al.*, 1994). Stein (1994) reportó en un ensayo de campo que con remojo por 48 horas en peróxido de hidrógeno al 1%, se aceleró la germinación del *Pseudotsuga menziesii*. Sin embargo, el mismo tratamiento tuvo un mínimo efecto positivo en la germinación de *Pinus lambertiana* y *P. ponderosa*. La combinación de remojo en ácido cítrico seguido de estratificación incrementó la germinación

del *Taxodium distichum* en vivero (Jones, 1962). El tratamiento de semillas con hormonas como el ácido giberélico (AG) ha mostrado ser prometedor con algunas especies. Un remojo con AG de 12 a 24 horas se ha reportado como un remplazo parcial del periodo de estratificación con frío húmedo en *Myrica pensylvanica*, y un tratamiento con AG a 100 ppm, seguido de una estratificación con frío por 7 días, ha mostrado resultados prometedores para *Liquidambar styraciflua* (Macdonald, 1986). El tratamiento con hormonas vegetales es una estrategia lógica y sólo se puede esperar tener en breve una mayor investigación.

Cebado. El cebado de las semillas u osmoacondicionamiento describe un proceso de hidratación previo a la siembra, en el que se incuban las semillas a temperaturas óptimas, pero impiden la germinación hasta que llegue el momento de la siembra. Las semillas cebadas se usan comúnmente para la producción de cultivos agrícolas, y las semillas tratadas se pueden incluso almacenar por varias semanas (Kren, 1994). El cebado líquido utiliza soluciones osmóticas, particularmente el polietilenglicol (PEG), mientras que el cebado de matriz sólida considera una suspensión de agua y arcilla calcinada. Los principales beneficios del cebado es una germinación y emergencia de las plantas más rápida y uniforme. Simak (1976) encontró que un tratamiento previo por 11 días en *Pinus sylvestris* a -800kPa (-8 bares), con una solución de PEG, mejoró la germinación. Sin embargo, Haridi (1985) y Fleming and Lister (1984) en experimentos similares encontraron que los resultados variaron por las especies y las fuentes de semillas. Consecuentemente, el cebado no es considerado como un tratamiento de pre-siembra para especies de árboles forestales. Las semillas proporcionan un conveniente sistema de entrega para los agentes de control biológico, como los hongos benéficos *Trichoderma* spp. y *Gliocladium* spp., o incluso hongos micorrízicos, por lo que estos tratamientos podrían ser una nueva aplicación promisorio para el cebado de las semillas (Taylor and Harman, 1990).



A



B



C

Figura 6.2.26 La propagación de semillas de algunas especies forestales y de conservación como el *Juniperus scopolorum*, continua siendo un reto debido al poco conocimiento de la naturaleza morfológica y fisiológica de su dormancia es poco conocida (A), sin embargo, imitando los procesos naturales mediante el enterrado de bolsas con semillas a finales del verano, y desenterrándolas durante la siguiente primavera (B), se logra superar la compleja dormancia (C).

6.2.6 Tratamientos previos a la siembra para facilitar el manejo de semillas

Muchas semillas de especies forestales y de conservación son pequeñas o de formas irregulares, haciéndolas difícil de manejar durante la siembra. Las semillas de algunas especies hortícolas son tratadas rutinariamente con recubrimientos o son peletizadas para hacer la siembra más fácil y más precisa. El “recubrimiento” se refiere a la aplicación de una substancia a la semilla que no cambia de modo apreciable su tamaño o forma, mientras que la “peletización” o “peletizado” se refiere a la adición de rellenos inertes para incrementar la uniformidad del tamaño y peso de la semilla (Taylor and Harman, 1990).

6.2.6.1 Revestimiento

Las semillas pueden ser revestidas con una fina capa a base de polvo de color, haciéndolas fáciles de manejar mediante el aumento de la uniformidad de la cubierta de la semilla. Esto es particularmente importante durante la siembra mecánica para asegurar el número adecuado de semillas por cavidad del contenedor. El revestimiento puede eliminar la electricidad estática en la cubierta de las semillas pequeñas, la cual provoca que se agrupen y se adhieran a otras superficies. En algunos viveros se usa talco común para recubrir las semillas de color blanco, aunque existen otros colorantes orgánicos. El amarillo es muy popular ya que es fácil de ver en los sustratos de crecimiento de color oscuro (Kren, 1994). Los productores usan revestimientos de diferentes colores para permitir una rápida identificación de las semillas de diferentes ecotipos o especies de tamaño similar. Muchos otros revestimientos de semillas han sido usados en la horticultura, incluidos los bioprotectores, fertilizantes y materiales que ayudan al suministro de oxígeno o retardan la imbibición de agua (Taylor and Harman, 1990).

6.2.6.2 Peletizado

Esta acción implica encerrar semillas pequeñas dentro de un recubrimiento más grueso para que sean más grandes y uniformes en tamaño y peso. Las semillas son colocadas en un tambor con un polvo inerte y un adhesivo hasta que se obtiene el aumento deseado en volumen. Después del tratamiento, las semillas peletizadas se secan y se pueden almacenar (Taylor and Harman, 1990). La peletización hace fácil el manejo de las semillas pequeñas e irregulares, especialmente durante la siembra mecanizada. Semillas peletizadas grandes y pesadas pueden ser recogidas con más facilidad por las sembradoras automáticas, y colocadas con mayor precisión en el centro de la cavidad del contenedor (Kren, 1994). Muchas de las especies forestales comerciales como los pinos, tienen semillas grandes y uniformes por lo que no es común la peletización en la mayoría de los viveros forestales y de conservación. Sin embargo, las semillas de los eucaliptos son muy pequeñas y no pueden ser separadas de sus cascarillas durante el procesamiento. Una empresa forestal sueca ha sido capaz de limpiar las semillas de varios eucaliptos y peletizar semillas individuales en pequeños gránulos esféricos de cerca de 3 mm (0.11 in) de diámetro (Figura 6.2.27A). En Italia, las semillas peletizadas de eucalipto se han sembrado en los contenedores de forma directa por más de 10 años, suprimiendo así la deformación de la raíz asociada con el trasplante (Piotto, 1994). Las semillas de *Thuja plicata* son pequeñas con alas en ambos lados, y por ello son peletizadas de manera rutinaria previo a su siembra en los viveros que producen en contenedor de la Columbia Británica (Figura 6.2.27B). El peletizado de las semillas no se debe permitir que se seque, por lo tanto es fundamental un adecuado riego para asegurar que la cubierta se rompa, y se presente una germinación normal (Kolotelo, 1996). El proceso de peletización puede ser prometedor para otras especies forestales y de conservación que se producen en suficiente

cantidad para hacer más económico el proceso. Ya que la siembra de precisión está siendo más común, la peletización se convertirá en una práctica más aceptada.



A



B

Figura 6.2.27 La peletización puede hacer que las semillas sean fáciles de sembrar: semillas muy pequeñas, como estas semillas de eucalipto (A, **izquierda** = semillas a granel de un distribuidor; **al centro** = semillas con doble limpieza; **derecha** = semillas peletizadas), o semillas con alas, como de *Thuja plicata* (B, **izquierda** = sin tratar; **derecha** = tratadas).

6.2.7 Limpieza y desinfección de semillas

Las semillas de coníferas comerciales están comúnmente contaminadas con hongos y bacterias, aunque la mayoría de los microorganismos se consideran saprófitos, sin efectos adversos en la germinación de las semillas o desarrollo de las plantas (Belcher and Waldrip, 1972). Sin embargo, con el advenimiento de la cultura del contenedor, se hizo evidente que los agentes patógenos transmitidos por las semillas pueden ser una causa importante de enfermedad en el vivero. Diferentes hongos patógenos han sido aislados de las cubiertas de las semillas de coníferas (Figura 6.2.28A), aunque los patógenos pueden también ser acarreados internamente (Littke, 1990). Por ejemplo, de 8 al 20% de las semillas procedentes de 5 lotes de *Pinus palustris* resultaron ser infestados con 5 diferentes especies del hongo *Fusarium*, y todos mostraron ser patógenos (Pawuk, 1978). En un estudio reciente en la Columbia Británica se encontró que la totalidad de los 12 lotes de semillas analizados de *Pseudotsuga menziesii* resultaron infectados, aunque el nivel de infección y la virulencia de las especies de *Fusarium*, variaron fuertemente (Axelrood *et al.*, 1995). Esta variabilidad hace que sea difícil predecir qué especies o lotes de semillas serán afectados.

El síntoma más común de la enfermedad transmitida por semilla es una germinación y emergencia de las plántulas lenta y variable. Lamentablemente, estos síntomas se suelen atribuir a la mala calidad de las semillas. Incluso si las semillas germinan y las plántulas emergen de manera normal, los hongos transmitidos por las semillas pueden producir afectaciones por *damping-off* (marchitamiento) después de la emergencia o tizón de los cotiledones (Figura 6.2.28B). A veces, los síntomas de la enfermedad transmitida por las semillas no se vuelve tan evidente sino hasta que se da la pudrición de la raíz, tiempo después en el periodo de producción (una discusión completa de la identificación de la enfermedad transmitida por la semilla y el

control se puede encontrar en el volumen 5 de esta serie).

Históricamente, los viveristas tratan todas sus semillas con fungicidas antes de la siembra. Sin embargo, el uso de plaguicidas ha sido objeto de un creciente escrutinio debido a la fitotoxicidad de las semillas germinadas, así como las más recientes preocupaciones sobre la seguridad del trabajador y la contaminación ambiental. Se recomiendan las siguientes medidas para el manejo de las enfermedades de las semillas (Campbell and Landis, 1990):

1. Determinar si existe algún problema de la enfermedad transmitida por semillas observando cuidadosamente la germinación y monitoreando la eficiencia del uso de las semillas.
2. Si se sospecha de algún problema, realizar ensayos a las semillas para identificar los agentes patógenos específicos involucrados.
3. Tratar lotes de semilla que muestran estar contaminados.

Una buena idea es seguir adelante y asumir que las semillas son portadores de agentes patógenos, y establecer prácticas culturales que prevengan afectaciones por patógenos potenciales que pasen al ambiente del vivero comúnmente libre de plagas. Sin embargo, si los productores requieren confirmar que tienen algún problema con alguna enfermedad transmitida por las semillas, entonces se debe analizar una muestra para determinar su presencia. Algunos laboratorios de análisis de semillas ofrecen una prueba fitosanitaria (Figura 6.2.12), o en su caso, puede enviarse una muestra al laboratorio de patología de viveros. Se ha desarrollado un ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA) para confirmar el patógeno fúngico *Sirococcus strobilinus* y *Caloscypha fulgens* en la semilla del abeto (Littke, 1990). Una vez que se confirma el hongo específico, entonces uno de los siguientes tratamientos que se enumeran en orden creciente de toxicidad, puede ser establecido.

6.2.7.1 Enjuague con agua aireada

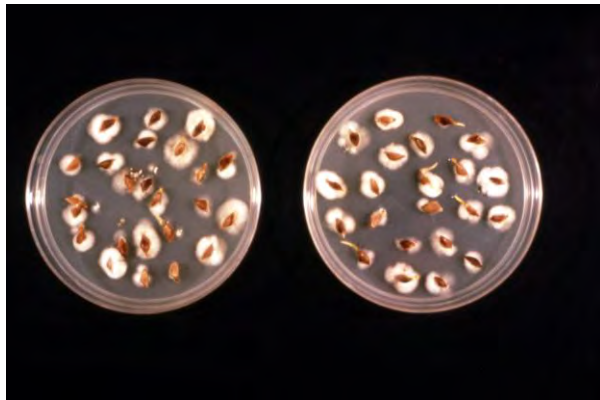
Tal como se discutió en la sección 6.2.5, el remojo de las semillas con un enjuague aireado es un procedimiento estándar para preparar las semillas sin dormancia para la siembra, o como tratamiento previo a la estratificación. También ha demostrado ser una forma eficaz de controlar enfermedades en el vivero y reducir el uso de plaguicidas tóxicos (Dumroese *et al.*, 1990). La limpieza de las semillas de coníferas con agua corriente durante 48 horas resultó ser eficaz en la reducción de los niveles de *Fusarium* y este sencillo tratamiento también lavará otros patógenos en la cubierta seminal. Las semillas se deben colocar en una bolsa de malla plástica con suficiente espacio para permitir que éstas se muevan, y la bolsa se coloca en un tanque de agua. La inserción de una manguera de riego generará suficiente presión de agua para agitar suavemente las semillas y lavar los contaminantes con el correr del agua sobre la parte superior del tanque. En algunos viveros se han utilizado jacuzzis modificados para tratar grandes volúmenes de semilla antes de la estratificación.

6.2.7.2 Esterilizantes químicos.

El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) ha sido utilizado por muchos años para esterilizar semillas, aunque la concentración y el tiempo de tratamiento son críticos (Figura 6.2.28C/D). Un remojo de 40 minutos en H_2O_2 al 30% (grado laboratorio) elimina virtualmente todos los organismos transmitidos por la semilla de *Pseudotsuga menziesii*, siendo también eficaz en los pinos del sur, con tiempos de tratamiento en rangos que van de los 15 minutos a una hora (Barnett, 1976). El grado antiséptico común del H_2O_2 es sólo del 3% y mucho menos cáustico que el producto químico de grado laboratorio. En pruebas operativas recientes se encontró que un tratamiento de 4 horas con H_2O_2 al 3%, fue muy eficaz en la reducción de los niveles de afectación por *Fusarium* transmitido por las semillas de *Pseudotsuga menziesii* de la costa y en *Tsuga heterophylla*. Sin embargo, en *Abies lasiocarpa* fue más sensible, por lo que un tratamiento de 1 hora arrojó el mejor control con el menor riesgo de fitotoxicidad (Neumann *et al.*, 1997).

Además de una efectiva esterilización de la cubierta de las semillas, el H_2O_2 incrementa la germinación de algunas semillas de pino. La germinación de algunos lotes de semilla de *Pinus palustris*, especialmente aquellos con baja viabilidad, se puede incrementar mediante un remojo en H_2O_2 por 30 a 60 minutos (Campbell, 1982). El vivero estatal Claridge de Carolina del Norte realiza de forma operativa, remojos a la semilla de *Pinus palustris* con H_2O_2 al 30% para reducir la contaminación por hongos y mejorar la germinación, encontrando que con este tratamiento se incrementó hasta un 10% la media de plantas, después de 90 días. Lotes de 9 a 11 kg (20 a 25 lb) de semillas son colocados en bolsas de una malla plástica porosa, y remojadas por 55 minutos en una solución de H_2O_2 a 24°C (75°F). Posteriormente las bolsas son drenadas y enjuagadas a fondo en 3 contenedores separados de agua limpia, permitiendo que la superficie se seque (Barnett and McGilvray, 1997).

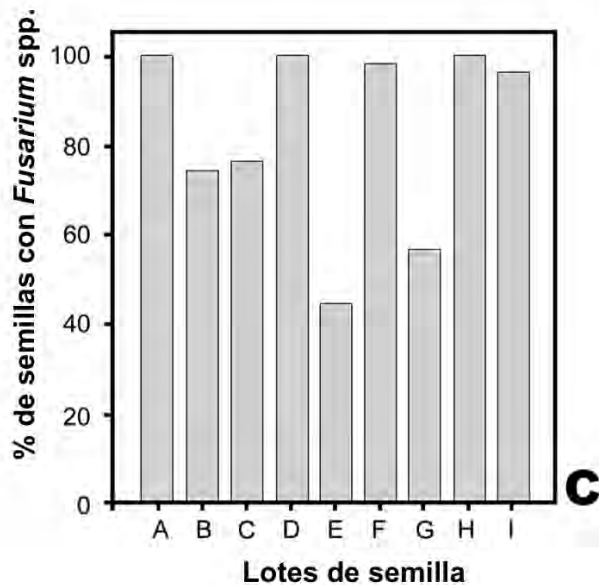
También se ha utilizado en las semillas el blanqueador a base de cloro (hipoclorito de sodio), como un esterilizador de superficies. Los viveros de forma operacional usan una solución de 2 partes de lejía común (hipoclorito de sodio al 5.25%) por 3 partes de agua, indicando que es un tratamiento a las semillas menos confiable que el peróxido de hidrógeno, pero es más seguro de usar (Wenny and Dumroese, 1987). La otra ventaja del blanqueador casero es que es barato y ampliamente disponible.



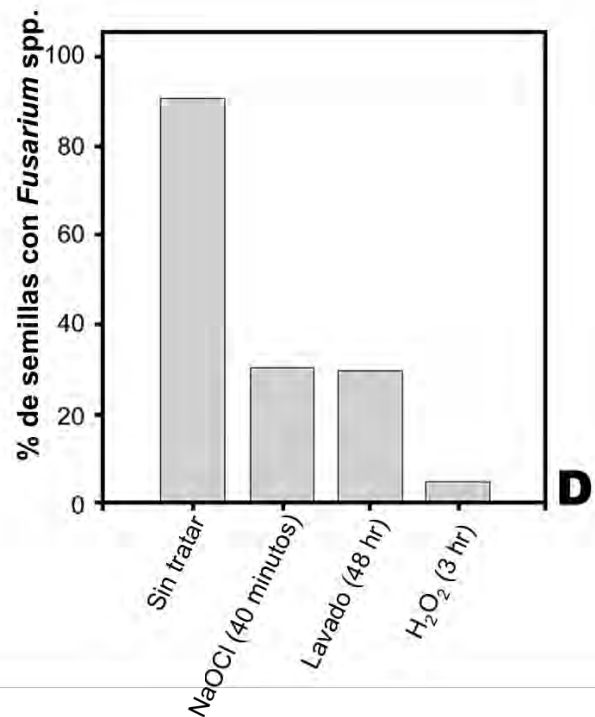
A



B



C



D

Figura 6.2.28 Muchas semillas son contaminadas por hongos y bacterias (A), algunos de las cuales son patógenos y pueden provocar enfermedades, incluyendo al *Damping-off* y el tizón del cotiledón (B). Se encontraron lotes de semillas de *Pinus monticola* altamente infestados por el hongo patógeno *Fusarium* spp. (C, izquierda). Aunque el blanqueador (NaOCl) y el enjuague con agua corriente removieron la mayoría del inóculo, el peróxido de hidrógeno (H₂O₂) fue el más efectivo (D, derecha). (A, cortesía de A. Kanaskie, Departamento Forestal de Oregon; C y D, modificado de Buschena et al., 1995).

6.2.7.3 Agua caliente.

El remojo con agua caliente es una técnica tradicional de esterilización para semillas hortícolas y podría ser eficaz en aquellas especies forestales y de conservación. Las semillas se colocan en bolsas de malla plástica, sumergidas en un tanque de agua caliente – 49 a 57 °C (120 a 135 °F) – por 15 a 30 minutos y después enfriadas con agua corriente de la llave (Handreck and Black, 1994). El vapor aireado es una forma aún más segura para aplicar calor, ya que no lixivia las semillas. Las semillas se extienden sobre una malla, en una cámara aislada conectada a un vapor aireado para que éste este seco cuando llega a la cámara. Las temperaturas alcanzan el mismo rango que en el método de agua caliente, y el tratamiento dura unos 30 minutos, aunque los tratamientos cortos de 10 a 15 minutos también pueden ser eficaces. Al final del tratamiento, las temperaturas deben bajarse rápidamente con un enjuague de agua fría y las semillas se dejan secar (Hartmann *et al.*, 1997).

Aunque el mejor tratamiento en función de temperatura/tiempo depende del patógeno a ser controlado, y tendría que ser determinado para diferentes especies, el agua caliente o vapor de agua es una forma segura, sencilla y ambientalmente amigable para la limpieza de semillas.

6.2.7.4 Plaguicidas.

Históricamente, los plaguicidas se aplican rutinariamente a las semillas para controlar enfermedades, especialmente el *Damping-off*. En 1981, el captan, el thiram y el benomilo fueron catalogados como plaguicidas para el control del hongo *Fusarium* en las semillas (Bloomberg, 1981), sin embargo, el número de plaguicidas registrados para su uso en viveros sigue reduciéndose cada año. En los viveros de contenedores, la posibilidad de fitotoxicidad derivada de los plaguicidas de semillas es más serio, debido a la baja capacidad de amortiguamiento biológico y químico de los sustratos artificiales (Sutherland and Van Eerden, 1980). Por lo tanto, el uso de tratamientos de semillas con plaguicidas debe ser justificado mediante la identificación de

patógenos específicos y ensayos operativos en el vivero, para mostrar que estos tratamientos son realmente eficaces.

El uso de recubrimientos protectores repelentes para limitar la depredación por aves no es necesario en las estructuras de propagación completamente cerradas. Sin embargo, una mayor cantidad de las plantas en contenedor se están produciendo en estructuras a cielo abierto, por lo que es necesario proteger las semillas de las aves. El uso de recubrimientos repelentes incluyendo el thiram o antraquinona, es común en los viveros del sur que producen a raíz desnuda. La antraquinona con un adhesivo a base de látex es más seguro de manejar y tiene menos efecto sobre la germinación, pero su formulación en polvo hace que sea problemático de aplicar. Sólo deben usarse las dosis etiquetadas de antraquinona o thiram, ya que dosis mayores pueden disminuir la germinación (May, 1985). Una vez más, los viveristas deben confirmar que los recubrimientos repelentes de aves son seguros y efectivos antes de iniciar su uso a gran escala.

6.2.8 Siembra

El proceso actual de siembra en contenedores varía con el tipo de semillas y su calidad, tal como se determina con la prueba de viabilidad. Las semillas grandes o de forma irregular deben sembrarse manualmente, mientras que aquellas pequeñas y de forma uniforme pueden sembrarse mecánicamente. Para aquellos lotes de alta calidad, puede ser sembrada una sola semilla por contenedor, tal como aquella procedente de huertos semilleros, aunque deben usarse de 2 a 6 semillas por contenedor para aquellos lotes con menores porcentajes de germinación. **Sin embargo, sólo las semillas de la más alta calidad deben ser usadas en los viveros de contenedor, ya que existen desventajas económicas y culturales con la siembra de semillas múltiples.** Algunos viveros tienen estándares de calidad de semillas y no aceptan lotes de semilla con pruebas de germinación por debajo de un cierto mínimo. Cuando varias plántulas emergen en el mismo contenedor, éstas compiten por luz, agua y nutrientes, lo que resulta en tasas iniciales de crecimiento más bajas hasta que se eliminan plántulas dejando sólo una por contenedor. Los costos de deshije de plántulas son mayores con la siembra múltiple, y siempre existe la posibilidad de dañar el cultivo de plantas cuando se eliminan las demás.

Se han utilizado tres diferentes técnicas de siembra en los viveros forestales y de conservación: siembra directa, plantación de germinantes y trasplante de emergentes (Cuadro 6.2.15).

6.2.8.1 Siembra directa.

La siembra directa se define como la colocación de las semillas directamente en el contenedor de crecimiento cuando están listas para germinar y crecer (Cuadro 6.2.15). Si las semillas están en dormancia, éstas deben ser tratadas antes de la fecha prevista de siembra. La gran mayoría de las semillas de especies comerciales de árboles como los pinos, se siembran en forma directa, pero la situación es diferente para otras especies forestales y de

conservación ya que la mayoría tienen semillas con formas irregulares y requerimientos difíciles de dormancia. En un vivero de plantas nativas de la zona montañosa del oeste, sólo un 10% de las especies fueron sembradas en forma directa (Landis and Simonich, 1984).

La operación con las plantas inicia con el cálculo de la tasa de siembra sobre la base de los resultados de las pruebas de germinación, aunado al cálculo basado en la experiencia del productor.

Determinación de la tasa de siembra por contenedor. Para que los viveros de contenedor alcancen su máxima eficiencia de producción, deben evitarse las cavidades vacías. Por desgracia, las semillas de la mayoría de las especies forestales y de conservación rara vez tienen porcentajes de germinación mayores a 90%. Las semillas de coníferas comerciales procedentes de huertos son la excepción, con el porcentaje de germinación de algunos lotes cercanos a 100% y por lo tanto, en estas semillas de alto valor se siembra sólo una por cavidad. Sin embargo, para la mayoría de las especies los productores siembran varias semillas por cavidad para asegurarse no tener cavidades vacías. Los productores utilizan diferentes estrategias para lograr la máxima ocupación de contenedores con la siembra directa:

- Sembrar una semilla por cavidad, aunque se deben sembrar algunos contenedores adicionales (**sobresiembrar**).
- Siembra sencilla y trasplante de emergentes procedentes de charolas de siembra adicionales.
- Siembra múltiple y deshije para dejar sólo un emergente por cavidad.

La decisión dependerá de la disponibilidad de semillas y el costo, los resultados de las pruebas de germinación, el tipo de envase, los costos de mano de obra y el espacio disponible en crecimiento. Si el productor tiene espacio adicional y utiliza contenedores con cavidades extraíbles que pueden ser consolidadas,

entonces la opción de sobresiembra funcionará bien si la siembra de otras especies se puede retrasar más o menos por un mes. La segunda opción de una sola siembra con el consecuente trasplante de emergentes que son producidos en charolas de siembra separadas es viable, si los costos de mano de obra no son prohibitivos (ver la sección 6.2.8.3 para más información sobre el trasplante de emergentes).

La mayoría de los viveros siembran varias semillas por cavidad de producción y se realiza un deshije para dejar sólo una planta después de que la germinación ha finalizado. La decisión de cuantas semillas sembrar puede calcularse directamente o determinarse a partir de tablas que usan las tasas de siembra y la germinación esperada, para predecir el número de cavidades vacías y ocupadas (Balmer and Space, 1976). Un conjunto completo de tablas de probabilidad de siembra se puede encontrar en Tinus and McDonald (1979).

Sin embargo, los cálculos directos son relativamente simples y la mayoría de los productores deben ser capaces de calcular la densidad de siembra adecuada con mínimo esfuerzo. La técnica se basa en el concepto de probabilidad binomial – una semilla crece o no crece. Si "X" es igual a la probabilidad de germinación de una semilla y "Y" es igual a la probabilidad de que la germinación falle, una expansión binomial puede ser construida, que incluye todas las posibles ocurrencias. El siguiente ejemplo muestra las posibilidades cuando 2 semillas son sembradas por contenedor (Schwartz, 1993):

$$(X + Y)^2 = X^2 + 2XY + Y^2$$

donde: X^2 = la probabilidad de que germinen ambas semillas.

$2XY$ = la probabilidad de que sólo una semilla germine.

Y^2 = la probabilidad de que ninguna de las semillas germine.

En tanto se conocen los datos de las pruebas de germinación, el número adecuado de semillas a sembrar por cavidad puede ser determinado fácilmente, ingresando el cálculo de la "falla de germinación" en una calculadora de mano con

la formula universal de potencia (y^x). El procedimiento consiste en teclear en el equivalente decimal de la falla de germinación, pulsando la tecla de potencia universal, introduciendo el número de semillas que se pueden sembrar, y finalmente pulsando la tecla "igual a". Si la calculadora no tiene la opción de la fórmula universal de potencia, entonces sólo tiene que utilizar repetidas multiplicaciones. Por ejemplo, un lote de semillas con 78% de germinación tiene una puntuación de 22% de falla:

Para 1 semilla por cavidad: $(0.22)^1 = 0.2200 = 22\%$ de celdas vacías

Para 2 semillas por cavidad: $(0.22)^2 = 0.0484 = 4.8\%$ de celdas vacías

Para 3 semillas por cavidad: $(0.22)^3 = 0.0106 = 1.1\%$ de celdas vacías

Para 4 semillas por cavidad: $(0.22)^4 = 0.0023 = 0.2\%$ de celdas vacías

Por lo tanto, el cálculo llega a ser una "ley de rendimientos decrecientes" y el mejor número de semillas a sembrar dependerá de la disponibilidad de semillas, su costo, el costo del deshije y la confiabilidad de la prueba de germinación. En este ejemplo, la mayoría de los viveros estarían satisfechos con la siembra de 3 semillas por cavidad.

Muchos viveros tienen "Formularios para el uso de semillas" que muestran la información necesaria para cada lote de semillas. No sólo son muy valiosas para mantener los registros internos, sino también son una buena forma de mostrar a los clientes cómo es calculado el requerimiento de semillas para cada orden (Cuadro 6.2.16).

Cuadro 6.2.15 Características de los 4 principales métodos de propagación para especies forestales y de conservación.

Método de propagación	Mejor método para:	Ventajas	Desventajas
<p>Siembra directa: Las semillas son sembradas en los contenedores de producción con o sin tratamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Semillas de tamaño medio a grande • Semillas de forma uniforme con cubiertas lisas • Semillas de alta calidad con datos de la prueba de viabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Rápido • Minimiza el manejo de semillas • Posibilidad de siembra mecanizada • Menor requerimiento de mano de obra • La siembra se realiza toda al mismo tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere semillas de alta calidad conocida • Las semillas con dormancia deben ser pretratadas • Requiere deshije y/o consolidación por la dificultad de las semillas para germinar • Uso ineficiente del espacio de producción
<p>Plantación de germinantes: Las semillas pregerminadas son sembradas de las charolas de estratificación o bolsas, a los contenedores de crecimiento (“brotes de la siembra”)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Semillas de forma irregular o muy grandes • Semillas de calidad desconocida o de baja pureza • Lotes de semillas escasos o valiosos • Las semillas requieren de estratificación con frío húmedo o calor húmedo 	<ul style="list-style-type: none"> • Buena utilización del espacio de crecimiento • Uso eficiente de las semillas • Posibilidad de hacer ajustes por la calidad desconocida de las semillas 	<ul style="list-style-type: none"> • Lento y mayor mano de obra intensiva • La siembra puede tomar semanas o meses para completarse • El desarrollo del cultivo no es uniforme debido a la siembra en etapas • La fecha de siembra depende de los requerimientos de estratificación • Posible deformación de la raíz si no se hace correctamente
<p>Trasplante de emergentes: Las semillas son sembradas en charolas de siembra para su germinación; después de algunas semanas, las plantas son trasplantadas en los contenedores de producción (“repique”)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Semillas pequeñas o frágiles • Semillas de calidad desconocida o baja pureza • Lotes de semillas escasos o valiosos 	<ul style="list-style-type: none"> • Buena utilización del espacio de crecimiento • Uso eficiente de las semillas • Posibilidad de hacer ajustes para semillas desconocidas • Desarrollo del cultivo más uniforme 	<ul style="list-style-type: none"> • El trasplante requiere habilidad y es intensivo en mano de obra • Dificultad para controlar la densidad en las charolas de siembra, y el potencial de enfermedades es alto • Probable deformación de raíz si no se hace correctamente
<p>Trasplante de minicépellones: Las semillas se siembran directamente en contenedores pequeños y se trasplantan después a contenedores de mayor tamaño</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Semillas de tamaño pequeño a medio • Semillas de alta calidad con datos de pruebas de viabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Buen uso del espacio de producción con el resultante ahorro en costo • Posibilidad de siembra y trasplante mecanizado • Desarrollo uniforme del cultivo • Sin daños a la raíz por trasplante 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere dos juegos de contenedores • El momento para realizar el trasplante es crítico para evitar ataduras de los minicépellones • Intensiva mano de obra para el trasplante y por lo tanto costosa

Fuente: Modificado de Landis and Simonich (1984).

Siembra manual. Los lotes de semillas pequeños siempre se siembran a mano ya que se requiere una cierta cantidad mínima de semillas para operar una sembradora. En la actualidad, no existen sembradoras que pueden manejar grandes semillas (Figura 6.2.29A), por lo que deben también ser sembradas a mano. Las semillas muy pequeñas también son difíciles de manejar, no sólo debido a su tamaño, sino también porque la electricidad estática provoca que se agrupen. Sin embargo, pueden ser sembradas con un palillo de dientes húmedo o un alfiler (Figura 6.2.29 B-G).

Equipos de siembra. Las semillas de forma uniforme y con una cubierta lisa, como las de los pinos, pueden sembrarse de forma mecánica. La gama de equipos de siembra va desde las sembradoras manuales relativamente baratas como el marco perforado ("shutterbox") y de placa de vacío caseras (Figura 6.2.29H), hasta las sembradoras comerciales de vacío de punta de aguja, que puede depositar una semilla por cavidad con una extremada precisión. En los viveros mecanizados, la sembradora es incluida en una línea de siembra, donde los contenedores son llenados con sustrato, se siembran, y se cubren en una misma operación. Sin embargo, la precisión de muchos sembradoras es tal que los trabajadores tienen aun que llenar las cavidades vacías en forma manual (Figura 6.2.29I) (ver la sección 1.4.5.3 del volumen 1 de esta serie para una discusión completa sobre equipos de siembra).

El éxito de la siembra directa depende de la precisión de los datos obtenidos en la prueba a las semillas, la técnica de siembra, y las condiciones en el ambiente de propagación. Los productores novatos deben darse cuenta que la emergencia real de las plántulas puede ser diferente a los resultados de las pruebas de germinación de laboratorio, las cuales se realizan en condiciones ambientales ideales. Por lo tanto, los viveristas deben ajustar esta discrepancia sobre la base de su propia experiencia práctica.

Una vez más, la importancia de mantener registros precisos y detallados no se debe subestimar.

Cuadro 6.2.16 Formulario típico para calcular los requerimientos de semillas para cultivos de viveros en contenedor.

Nombre del vivero: _____								
Fecha: _____								
Dirección: _____								
Contacto: _____								
Método de envío: _____								
Tratamiento de semilla deseado: Ninguno <input type="checkbox"/> Estratificación con frío húmedo <input type="checkbox"/> Otro (especificar) <input type="checkbox"/> _____								
Lote de semilla: _____								
No. semillas/peso (kg o lb): _____								
Prueba de germinación (%): _____								
No. de cavidades a sembrar*: _____								
No. de semillas por cavidad**: _____								
Peso de semillas requeridas (kg o lb)***: _____								
Fecha en que las semillas serán requeridas: _____								
* Total de cavidades, incluida la sobresiembra: 1. Cavidades a sembrar X No. de semillas/cavidad = total de semillas a sembrar 2. Total de semillas a sembrar ÷ No. de semillas/peso = peso de semillas requeridas								
** Uso de tasas recomendadas de siembra:								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Germinación %</th> <th>Semillas/cavidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>85 – 100</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>75 – 85</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>< 75</td> <td>No recomendado</td> </tr> </tbody> </table>	Germinación %	Semillas/cavidad	85 – 100	2	75 – 85	3	< 75	No recomendado
Germinación %	Semillas/cavidad							
85 – 100	2							
75 – 85	3							
< 75	No recomendado							
*** Redondear al más cercano 0.1 kg o 0.25 lb								

Fuente: Wood (1994)



A



B



C



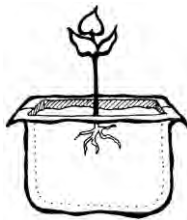
D



E



F



G



H



I

Figura 6.2.29 Para la siembra directa, las semillas grandes como las de este *Juglans californica* deben ser sembradas a mano (A), pero muchas de las semillas muy pequeñas son difíciles de manejar – como estas de *Eucalyptus* spp. – y pueden ser sembradas con un palillo de dientes húmedo o con un alfiler (B). Se humedece la punta del palillo (C), y se sumerge en las semillas secas (D). La semilla se adhiere a la punta (E) y pueden ser sembradas en el contenedor (F) donde los múltiples emergentes son deshijados para dejar sólo una planta (G). Las semillas de la mayoría de especies comerciales de árboles pueden ser sembradas con un equipo casero o comercial (H), aunque muchas sembradoras comúnmente usadas carecen de precisión y deben ser supervisadas por los trabajadores, quienes siembran cualquier cavidad vacía (I). (B-G, modificadas de Weber and Stoney, 1986).

6.2.8.2 Plantación de germinantes de la estratificación

La siembra de germinantes consiste en colocar las semillas pregerminadas en los contenedores de crecimiento, y es particularmente bien adaptado a las semillas grandes (Cuadro 6.2.15). Este procedimiento es referido en algunas ocasiones como plantación de "brotes" (Finnerty and Hutton, 1993), aunque se considera que "germinantes" es un término más preciso y descriptivo. La plantación de germinantes es más comúnmente usado para las semillas que requieren estratificación con frío húmedo, aunque puede ser también utilizado para las semillas que requieren estratificación con calor húmedo. Incluso se puede utilizar para las semillas de *Acer* spp. o *Juniperus* spp. que requieren ambos tratamientos. La siembra de germinantes es particularmente útil para los lotes de semilla de calidad variable o para aquellos para los que no se dispone de datos de las pruebas de germinación. Es comúnmente usado para las coníferas comerciales como *Abies* spp. que suelen tener pruebas con baja germinación y para semillas grandes de especies de madera dura como la de *Quercus* spp. (Figura 6.2.24). En un vivero del oeste intermontano especializado en plantas nativas, la técnica de germinantes se utilizó para cerca del 15% de las especies (Landis and Simonich, 1984). También es popular en los países en desarrollo que no realizan pruebas a la semilla de forma rutinaria, y donde los costos de la mano de obra son bajos. La siembra de germinantes no sólo asegura que una semilla viva se coloca en cada contenedor, sino que las plantas resultantes son más grandes, ya que pueden comenzar a crecer inmediatamente (Cuadro 6.2.17).

El proceso de siembra de germinantes es relativamente simple. Las semillas frescas o procedentes del almacén se sumergen en un tanque de agua aireada, de 24 a 48 horas para lograr una imbibición total y limpieza de sus cubiertas. Posteriormente se colocan ya sea en estratificación en frío húmedo o calor húmedo hasta que comiencen a germinar. Algunos propagadores cubren sus semillas con un plaguicida protector para reducir el desarrollo

de mohos (Finnerty and Hutton, 1993), aunque esto sólo debe hacerse cuando sea absolutamente necesario, debido a la posible fitotoxicidad y preocupación por la salud. Las semillas más grandes son algunas veces colocadas en bolsas de plástico y mezcladas con un sustrato húmedo como el musgo *Sphagnum* o una arpillera húmeda, para mantener una humedad alta (Figura 6.2.30A). Las semillas más pequeñas son estratificadas desnudas en una charola para que las semillas germinadas sean más fáciles de localizar. Se ha utilizado una gran variedad de charolas comunes incluyendo las bandejas de carne de poliestireno expandido, o moldes para pasteles con tapas de plástico transparente. Una innovación consiste en la dispersión de las semillas en una tela de malla plegada, entre capas húmedas de sustrato a base de turba y vermiculita (Figura 6.2.30B). Para la estratificación en frío húmedo, las bolsas o charolas se colocan en condiciones normales de refrigeración, de 1 a 2°C (34 a 36°F), o se dejan bajo una cubierta húmeda en un invernadero para la estratificación con calor húmedo.

Las semillas son verificadas cada ciertos días o semanas para monitorear la germinación, y tan pronto como la radícula comienza a emerger (Figura 6.2.30C), la semilla se siembra en el contenedor de crecimiento. Las semillas grandes pueden ser plantadas con los dedos, aunque las más pequeñas requieren pinzas (Figura 6.2.30D). Algunos productores prefieren podar la radícula de las especies con raíz dominante, como *Quercus* spp. antes de la siembra, para asegurar un sistema radical más fibroso. No más de 1.5 a 3.0 milímetros (0.06 a 0.12 in) se recorta con tijeras o con la uña (Emery, 1988). **La colocación de las semillas germinadas es muy importante.** Las semillas deben ser sembradas ya sea de costado o con la radícula extendida hacia abajo. Las semillas mal colocadas desarrollarán un doblez en sus tallos (Figura 6.2.30E) que los vuelven frágiles y se rompen cuando se hacen más grandes (Figura 6.2.30F). La principal desventaja de la técnica de germinantes es que la siembra se extenderá durante varias semanas o incluso meses, dependiendo del grado de dormancia de la

semilla, y el desarrollo del cultivo resultante será desigual, produciendo plantas con un amplio rango de tamaños y edades (Cuadro 6.2.15).

6.2.8.3 Trasplante de emergentes de las charolas de siembra o "repique"

Debido a que muchas semillas de especies forestales y de conservación son demasiado pequeñas o frágiles para ser sembradas directamente o incluso plantadas como germinantes, otra técnica consiste en la siembra de semillas en charolas poco profundas. Después de la germinación, las plántulas que emergen (emergentes) son trasplantadas a los contenedores de crecimiento (Cuadro 6.2.15). Este procedimiento es también comúnmente conocido como "repique" o "trasplante" (Emery, 1988). El trasplante de emergentes es particularmente popular para las especies nativas debido a sus complejos requerimientos de dormancia, además de que sus semillas son pequeñas y de formas irregulares (Finnerty and Hutton, 1993). En un vivero de plantas nativas, cerca de 65% de las especies fueron propagadas mediante el trasplante de emergentes (Landis and Simonich, 1984).

Cuadro 6.2.17 La siembra de semillas germinadas de *Hardwickia binata* no sólo incrementaron significativamente la supervivencia de las plantas, sino que también, tuvieron un consecuente crecimiento comparado con las semillas remojadas o sin tratar.

Tratamiento a la semilla	Supervivencia (%)	Altura (cm)	Diámetro del tallo (mm)
Sin tratar	63	7.8	0.8
Remojo en agua	84	12.4	1.3
Pre-germinado	90	15.9	1.6

Fuente: Suresh *et al.* (1994)

Las semillas que requieren escarificación deben ser tratadas antes de la siembra y aquellas que requieren estratificación en frío húmedo se pueden sembrar en charolas durante el otoño para luego ser colocadas en un refrigerador o incluso fuera, en un lugar protegido para obtener la estratificación natural. En este último caso, las charolas de semillas deben ser irrigadas periódicamente para prevenir la desecación y protegerlas contra la depredación de roedores. Cuando estas charolas son llevadas al invernadero en la primavera, las semillas germinan casi de inmediato. Algunas especies pueden germinar mejor a temperaturas más bajas. Por ejemplo, las semillas de *Gaultheria* spp. son sembradas sobre cubiertas planas con marcos fríos, donde la temperatura es cercana a los 13 °C (55 °F) (Date, 1994).

El trasplante de emergentes comienza con la siembra de semillas en las charolas de germinación. Estas charolas poco profundas se llenan con aproximadamente 5 cm (2 in) de sustrato estándar a base de turba y vermiculita, el cual es ligeramente comprimido hasta que esté firme, pero no compactado. Las semillas más grandes se dispersan con la mano sobre la superficie del sustrato, mientras que las semillas más pequeñas pueden sembrarse con un salero con los agujeros agrandados en la parte superior. Las semillas se cubren con una ligera capa de textura fina, como el polvo de arena, se riega y se coloca en un invernadero y se humedece ligeramente (Figura 6.2.31A). Cuando las plántulas en germinación alcanzan la etapa de cotiledón y comienzan a desarrollar su primer conjunto de hojas primarias, están listas para ser trasplantadas a los contenedores de crecimiento (Figura 6.2.31B). El mejor tamaño o edad para el trasplante varía con la especie, sin embargo, las especies de hoja ancha con grandes cotiledones, como el zumaque (*Rhus* spp.), deben ser trasplantadas en la etapa de 2 hojas, mientras que aquellas con cotiledones más pequeños, como *Mimilus* spp., no deben trasplantarse hasta la etapa de 6 a 8 hojas (Emery, 1988). Con el *Picea mariana* y el *Pinus banksiana* el trasplante fue imposible después del desarrollo de las agujas primarias,

ya que la incidencia y severidad de la deformidad de la raíz aumentó con la cantidad de tiempo más allá de la etapa de hipocótilo erecto (Scarratt, 1991).



A



B



C



D



E



F

Figura 6.2.30 Para la plantación de germinantes, las semillas son pretratadas con una estratificación desnuda de frío-húmedo (A) o en el sustrato (B) hasta que comienzan a germinar (C); posteriormente, los germinantes son plantados de forma individual con la mano en los contenedores de crecimiento (D). Las semillas germinadas deben ser orientadas de forma apropiada con la raíz apuntando hacia abajo (E) o las plantas desarrollarán un doblez en el tallo (F).

El trasplante consiste en manipular los emergentes para aflojarlos de la charola de siembra (Figura 6.2.31C), haciendo un agujero plantador en el centro del sustrato del contenedor de crecimiento, la colocación de una planta en el hoyo y reafirmar el sustrato alrededor del tallo (Figura 6.2.31D). Desafortunadamente, este procedimiento a veces produce una raíz en forma de "J" o una torcedura en el tallo de la planta (Gordon and Hayes, 1994). Esta deformidad no sólo puede reducir el crecimiento en el vivero, sino que también provoca debilidad mecánica o mortalidad después de la plantación (Figura 6.2.31E). Con la reducción de la longitud de la raíz principal de las plantas del abeto en un 50%, se encontró una mejora importante en el éxito del trasplante, aunque este tratamiento de recorte fue menos eficaz a medida que los emergentes crecieron más (McCure, 1995; Singh *et al.*, 1984). En otra forma novedosa para evitar la deformación de la raíz, los productores han desarrollado una herramienta de trasplante consistente en una sonda afilada con un muesca en la punta en forma de "V" (Figura 6.2.31F). La parte superior del emergente se sostiene con una mano y la inferior de la raíz se engancha con la punta mellada de la herramienta (Figura 6.2.31G). La raíz se empuja hacia abajo en el sustrato hasta que la planta se ubica a una profundidad adecuada. Posteriormente, mientras la plántula se mantiene estabilizada, la parte enganchada de la raíz se corta y se retira la herramienta (Figura 6.2.31H). Esta simple técnica deja sin la posibilidad de que el emergente trasplantado desarrolle raíz en forma de "J" u otra deformación que las raíces pueden desarrollar normalmente (Figura 6.2.31I).

El trasplante de emergentes requiere cierto grado de habilidad, aunque el proceso puede ser fácilmente dominado con un cierto entrenamiento (Cuadro 6.2.15). Este procedimiento demanda mucha mano de obra, en comparación con la siembra directa o siembra de germinantes, pero un trabajador con experiencia puede trasplantar hasta 2,000 emergentes en una jornada de 8 horas (Landis and Simonich, 1984).

6.2.8.4 Nuevas técnicas de siembra

Los viveristas están buscando constantemente mejores formas para la siembra de semillas y con mejores índices costo/beneficio.

Trasplante de minicepellones. Una opción relativamente nueva de propagación es realizar la siembra de semillas en recipientes de pequeño volumen ("minicepellones") o pastillas de turba. Una vez que las plántulas se han establecido en estas pequeñas cavidades, éstas son extraídas y trasplantadas en el contenedor de crecimiento. El trasplante se realiza comúnmente a mano, y los productores han desarrollado herramientas innovadoras, como plantadores y espátulas para hacer los procesos más fáciles y rápidos (Figura 6.2.32A). La etapa de desarrollo de las plántulas en el momento del trasplante es muy importante, ya que deben tener un cepellón lo suficientemente firme para soportar la manipulación, pero no demasiadas raíces que podrían deformarse después del trasplante (Figura 6.2.32B).

Los minicepellones se han utilizado con éxito por varios años para el trasplante en el sistema de producción a raíz desnuda (Gelinis, 1990), aunque este procedimiento sigue siendo muy nuevo en el de contenedores. Esta tecnología tiene una aplicación particular en los viveros que tienen una gran producción en contenedor, debido al valioso espacio de crecimiento que debe ser conservado para el crecimiento de los minicepellones en el invernadero. Una vez que se trasplantan, éstos deben ser movidos a casas sombra o en estructuras a cielo abierto, las cuales son mucho menos costosas de operar. El mayor inconveniente de esta técnica es el costo de la manipulación y el trasplante (Cuadro 6.2.15). El ahorro de espacio en el invernadero y su calentamiento debe compensar el costo de los contenedores adicionales y el trasplante. Se han utilizado durante muchos años equipos de trasplante de cepellones para las flores y hortalizas, y en la actualidad están disponibles trasplantadoras de minicepellones para las plantas de especies forestales y de conservación. (ver la sección 1.4.5.6 en el volumen 1 de esta serie para mayor información).



A B



C



D



F



G



H



I

Figura 6.2.31 Para trasplantar emergentes, las semillas son sembradas manualmente en la superficie del sustrato, en charolas poco profundas y cubiertas con un delgado mantillo (A) y posteriormente colocadas en un ambiente propicio, donde puedan germinar. Cuando los emergentes logran la etapa de hojas primarias (B), éstos son cuidadosamente removidos de la charola de siembra (C) y trasplantados en el contenedor de crecimiento (D). Una técnica apropiada de trasplante es crítica o las plantas desarrollarán una raíz principal torcida (E). Este defecto puede ser evitado usando una sonda afilada (F) para enganchar la base de la raíz (G). Mientras se sujeta el tallo, la raíz del emergente es presionada hacia abajo en el sustrato, y la punta enganchada se corta con un movimiento hacia abajo de la parte afilada (H). Esta técnica orienta la planta en una posición vertical y la raíz podada produce un sistema radical más fibroso (I).



A



B

Figura 6.2.32 El uso de contenedores de volúmenes pequeños (“minicépellones”) para iniciar la producción de las plántulas (A), las cuales serán trasplantadas a contenedores más grandes (B), es una nueva opción de propagación que ahorra tanto semillas como el valioso espacio de producción en el invernadero.

Perforación fluida. La técnica de perforación fluida, que también se conoce como siembra con gel, implica la germinación de semillas en agua aireada a las temperaturas óptimas para la germinación, hasta que emerja la radícula. Las semillas no viables y de lenta germinación son removidas del resto de las semillas por separación de densidad. Las semillas germinadas se mezclan con un gel viscoso y se siembran con sembradoras especializadas (Taylor and Harman, 1990). La perforación fluida mantiene buena humedad alrededor de las semillas y también las protege de un manejo rudo. Otra ventaja es que los geles se pueden utilizar para suministrar agentes de biocontrol, como fungicidas para el control de enfermedades de las plantas como el *damping-off*.

En Sudáfrica, las semillas de *Eucalyptus* spp. y *Pinus* spp. con menos de 90% de germinación han sido sembradas operacionalmente desde 1986 mediante siembra con gel (South and Young, 1994). Semillas del mismo tamaño y masa son germinadas en agua y después separadas usando una solución azucarada. Después de la separación, los germinantes son sembrados mediante sembradoras especiales de precisión al vacío. En los Estados Unidos la siembra con gel es aún experimental y resulta prometedora para semillas de alto valor. Barnett (1985b) mostró que si los lotes de semilla de alta calidad de los pinos del sur (90% o más de germinación) recibían un pretratamiento con frío por alrededor de 60 días y luego se sumergían en agua aireada a 24°C (75°F), cerca de 85% de las semillas tendrían sus radículas emergiendo dentro de 4 a 5 días.

Siembra de una sola semilla. El número de semillas a sembrar por cavidad normalmente se calcula basándose en el porcentaje de germinación, como se explica en la sección 6.2.8.1. Sin embargo, con semillas que son valiosas o de limitada disponibilidad, la economía de sembrar una sola semilla llega a ser más atractiva. El aumento de los costos de mano de obra para el deshije de planta es también otra consideración: South and Young (1994) calcularon que los costos de deshije

fueron 34% mayores cuando se sembraron dos semillas por cavidad, comparando con los costos de la siembra de una sola semilla.

La siembra de una sola semilla también tiene beneficios genéticos debido a las presiones de selección desigual planteado por ciertas prácticas en los viveros que producen en contenedores. Se ha estimado que la germinación, el deshije y el sacrificio de la planta contribuyen en 66, 20 y 14%, respectivamente, a la variación total en el cultivo final (El-Kassaby and Thomson, 1996). Los autores recomiendan la siembra de una sola semilla como una forma de mantener la biodiversidad natural en los lotes de semilla silvestre o para obtener una ganancia razonable, con semillas genéticamente mejoradas.

6.2.9 Tapado de semillas

Después de que la semilla se ha sembrado en el contenedor o la cavidad, éstas deben ser tapadas con un mantillo con un material que las mantenga húmedas y protegidas hasta que éstas puedan germinar. El tapado de las semillas ayuda a mantener la semilla en contacto con el sustrato, además de que reduce el desarrollo de criptógamas, como el musgo, las algas y líquenes (Figura 6.2.33A)(ver la sección 5.1.5.4 en el volumen 5 de esta serie para mayor información en el manejo de estas plagas).

6.2.9.1 Tipos de coberturas

Muchos materiales han sido usados para tapar las semillas incluyendo los componentes comunes de los sustratos, como la turba, la vermiculita y la perlita. Los materiales orgánicos trabajan razonablemente bien aunque promueven el crecimiento de criptógamas en la mayoría de los ambientes húmedos necesarios para germinar semillas (Tinus and McDonald, 1979). Por ello, en años recientes están siendo populares otros materiales orgánicos, como la arena de grano grueso o granito de arena. Sin embargo, algunos materiales son desagradables o incluso peligrosos de usar. Dado que los tipos comunes de perlita grado hortícola contiene polvos que pueden irritar los pulmones de los trabajadores, se deben usar máscaras de protección (Figura 6.2.33B). Algunas marcas comerciales contienen una etiqueta de precaución informando que la inhalación prolongada del sílice cristalino puede provocar un daño pulmonar retardado denominado silicosis, además de que se ha encontrado que puede provocar cáncer en animales de laboratorio.

Cuando se adquieran coberturas para las semillas, es necesario observar las siguientes características:

Textura: Una de las funciones principales de la cobertura de las semillas es mantener un ambiente “húmedo pero no mojado” en torno a la semilla en germinación. Para los productores

novatos, puede parecer lógico seleccionar un material que retenga agua, aunque esto no es el caso. Una buena cobertura de la semilla funciona al crear un rompimiento en la textura de la capa superior del sustrato (Figura 6.2.33C). Debido a que el sustrato tiene una textura más fina, el agua no se moverá hacia las coberturas gruesas de la semilla, con lo cual la superficie del sustrato se mantendrá húmeda creando condiciones ideales para la germinación.

Acumulación de calor. Las semillas en germinación son dañadas fácilmente por calor. Las temperaturas en la superficie del sustrato de color oscuro o de la cobertura de las semillas pueden exceder significativamente a las del ambiente de propagación. La luz solar intensa en el invernadero puede provocar rápidamente temperaturas que alcanzan niveles dañinos cuando se usan coberturas de colores oscuros, por lo cual deberán siempre usarse materiales de colores claros. Los viveros de la costa de la Columbia Británica (Canadá) usaron un grano oscuro por muchos años, pero cambiaron a materiales muy claros cuando muchas plantas emergentes resultaron dañadas durante una primavera inusualmente soleada.

Esterilidad. Dado que las semillas en germinación son muy susceptibles al ataque de hongos o bacterias, cualquier material en contacto directo con ellas obviamente debe ser estéril. Algunas coberturas de semillas son intrínsecamente estériles, incluyendo a la vermiculita y la perlita, debido a que se calientan a altas temperaturas durante su procesamiento. El musgo de la turba *Sphagnum* se considera a menudo estéril, pero recientemente se ha demostrado que es falso. Las coberturas de semillas necesitan ser probadas o esterilizadas con calor antes de su uso.

pH. Los productores deben tratar de mantener condiciones ligeramente ácidas (pH 5.0 a 6.0) en torno a las semillas en germinación para desalentar hongos del tipo *damping-off*.

Algunas coberturas de las semillas están hechas de conchas de mar trituradas, que son un 90% de carbonato de calcio, y algunas arenas gruesas también pueden ser calcáreas. Tales materiales pueden hacer que el pH alrededor de la semilla en germinación sea demasiado alto, por lo que los productores siempre deben probar cualquier nuevo material potencial. El musgo de turba *Sphagnum* tiene el pH ideal y las grandes fibras pueden molerse al tamaño adecuado, forzándolos a través de un malla de 6.4 mm (0.25 in) (Emery, 1988).

Peso. Las coberturas de las semillas, como la grava o la arena son relativamente pesadas y puede resultar costoso su envío, por lo cual los productores tratan de encontrar un proveedor local. La perlita es muy ligera lo cual puede ser una desventaja, ya que tiende a volar fuera de los contenedores hasta que son regados, e incluso pueden ser desplazadas por las gotas pesadas de agua (Tinus and McDonald, 1979).

6.2.9.2 Profundidad adecuada y uniforme

La profundidad ideal de la cobertura de las semillas depende de su tamaño y, en cierta medida, del tipo de sistema de riego. Una buena regla general es la de tapar las semillas a una profundidad que es aproximadamente el doble de su diámetro más pequeño (Figura 6.2.33C), aunque este efecto varía con el tamaño de la semilla. En un estudio con *Pseudotsuga menziesii* y *Tsuga heterophylla*, las semillas más grandes de la primera germinaron y emergieron en todos los tratamientos de profundidad de siembra, mientras que para las semillas pequeñas de la segunda, todas tuvieron problemas, excepto en las profundidades más someras (Minore, 1985). Las semillas muy pequeñas o aquellas que requieren altos niveles de luz deben dejarse destapadas y humedecidas frecuentemente o tapadas con un material de textura fina como la turba molida de *Sphagnum* (Emery, 1988). Por ejemplo, semillas de *Chamaecyparis thyoides* germinaron mejor cuando se presionaron al suelo, y luego se dejaron sin tapar y posteriormente se regaron por un sistema de nebulización de manera que la superficie del sustrato se mantuvo húmedo (Boyle and Kuser, 1994).

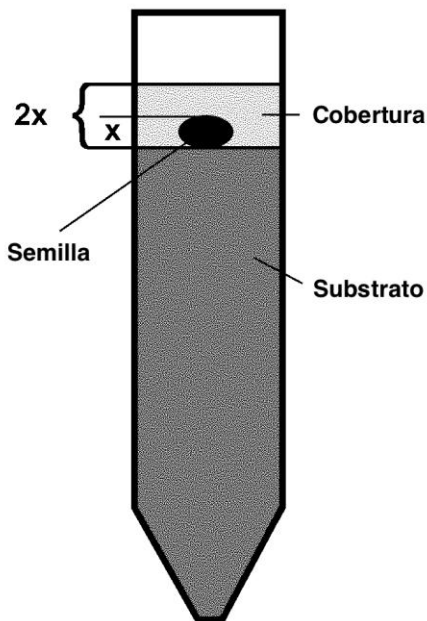
Es particularmente difícil mantener una profundidad uniforme de la cobertura de la semilla si los contenedores se llenan de forma desigual con el sustrato. Cualquier recubrimiento de las semillas debe ser de una profundidad uniforme o la germinación de las semillas y su emergencia variarán ampliamente. La mayoría de las semillas son fototrópicas y germinarán y emergerán con mayor rapidez cuando no se cubren muy profundamente. La profundidad de la cobertura de la semilla no sólo afecta la tasa de germinación sino también, el tamaño de las plantas en desarrollo. El tiempo que tardan en emerger las plantas de *Larix sibirica* casi se duplicó cuando se aumentó la cobertura de 5 a 10 mm (0.2 a 0.4 in), y fue diferente para vermiculita y la arena (Figura 6.2.33D). El tamaño de las plantas de *Larix* spp. también se redujo significativamente a medida que la profundidad de cobertura de las semillas aumentó para ambos materiales (Figura 6.2.33E). Además, las semillas de bajo vigor podrían no tener la energía suficiente para empujar a través de una cobertura profunda de las semillas.



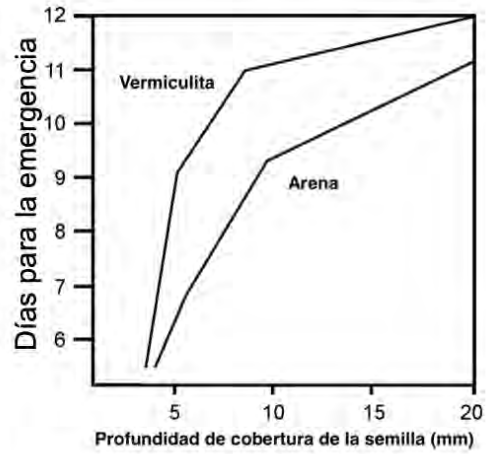
A



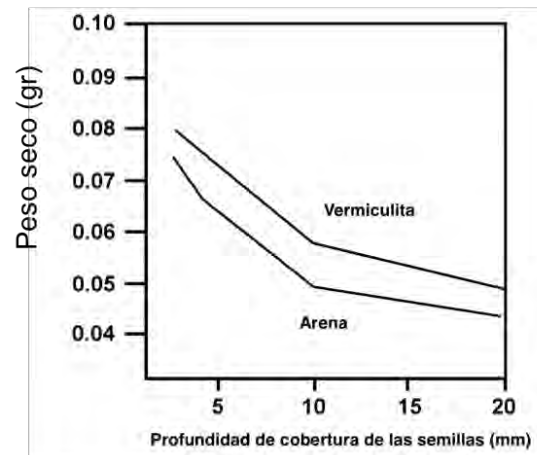
B



C



D



E

Figura 6.2.33 Después de la siembra, las semillas y los germinantes son tapados con un cubierta delgada para mantenerlas húmedas y prevenir el crecimiento de criptógamas (A). Los materiales de colores claros son favorables dado que reflejan la intensa luz solar, aunque algunos, como la perlita son polvosos y requieren precauciones especiales (B). La profundidad recomendada para el tapado de las semillas es de dos veces el ancho de las semillas (C). Si la cobertura es demasiado profunda ésta puede inhibir la germinación (D) e incluso afectar el tamaño de la planta (E). Una cobertura de las semillas dispereja es peor que cualquiera de las anteriores, ya que las tasas de germinación variarán fuertemente (D y E, modificado de PFRA, 1983).

6.2.10 Resumen

La mayoría de las especies forestales y de conservación se propagan a partir de semillas para mantener la amplia adaptación genética, que es crítica para el éxito del establecimiento de las plantas y el crecimiento en el ambiente natural. Los productores deben familiarizarse con la anatomía de las semillas de las plantas que desean propagar, por lo que resulta obligado un conocimiento básico de la biología de las semillas. La fuente de semillas es importante ya que afecta el crecimiento de las plantas en el vivero, pero, más importante aún, las plantas deben adaptarse al sitio de plantación. Si la semilla no es suministrada por el cliente, los productores deben insistir en la fuente de semilla adecuada al momento de su compra. Una semilla de alta calidad es esencial para producir consistentemente cultivos de plantas superiores, y la única manera de determinar la calidad de las semillas es por medio de pruebas, las cuales tardan varias semanas, por lo que los productores deben programar suficiente tiempo para las pruebas antes de que se preparen las semillas para la siembra. A diferencia de las semillas de los cultivos hortícolas, que han sido criadas para germinar inmediatamente después de la siembra, aquellas de muchas especies forestales y de conservación desarrollan dormancia después de que maduran. Por lo tanto, la mayoría necesita algún tipo de tratamiento previo a la siembra, como la estratificación en frío húmedo.

Las semillas de la mayoría de las especies forestales y de conservación normalmente están contaminadas con hongos y bacterias, por lo cual deben ser limpiadas de manera que los patógenos no se introduzcan al ambiente del vivero. El proceso actual de la siembra de las semillas en los contenedores varía con el tipo de semillas y su calidad, la cual se determina con una prueba de viabilidad. Los productores utilizan tres métodos de propagación (siembra directa, plantación de germinantes y el trasplante de emergentes) y su elección depende de la calidad y sus dimensiones. La siembra directa es más común y, a pesar de que

las semillas grandes o de forma irregular deben ser sembradas a mano, la mayoría de las semillas de coníferas comerciales se siembran mecánicamente. El número de semillas a sembrar por contenedor depende de su calidad, y va desde 1 a un máximo de 6. Las semillas se tapan con una cobertura para proteger a las semillas en germinación y mantenerlas húmedas. Con la siembra múltiple, las plántulas adicionales deben ser removidas físicamente. La propagación por semilla seguirá siendo la técnica más popular en los viveros forestales y de conservación y cada vez son más comunes nuevas innovaciones como los trasplantes de minicepellones y la siembra de precisión.

6.2.11 Referencias bibliográficas

6.2.11.1 Literatura citada

AOSA [Association of Official Seed Analysts]. 1995. Tetrazolium testing handbook (No. 29). Lincoln, NE: AOSA. 22 p.

Alexander NL, Flint HL, Hammer PA. 1984. Variation in cold-hardiness of *Fraxinus americana* stem tissue according to geographic origin. *Ecology* 65(4): 1087-1092.

Axelrood PE, Neumann M, Trotter D, Radley R, Shrimpton G, Dennis J. 1995. Seedborne *Fusarium* on Douglas-fir: pathogenicity and seed contamination. *New Forests* 9 (1): 35-51.

Balmer WE, Space JC. 1976. Probability tables for containerized seedlings. Atlanta: USDA Forest Service, Southern Area, State and Private Forestry. 27 p.

Banerjee M. 1994. A presowing treatment for spruce and lodgepole pine. *Seed and Seedling Extension Topics* 7(2): 7-8.

Barnett JP. 1971. Aerated water soaks stimulate germination of southern pine seeds. *Res. Pap. SO-67*. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 9 p.

Barnett JP. 1972. Drying and storing stratified loblolly pine seeds reinduces dormancy. *Tree Planters' Notes* 23(3): 10-11.

Barnett JP. 1976. Sterilizing southern pine seeds with hydrogen peroxide. *Tree Planters' Notes* 27(3): 17-19.

Barnett JP. 1981. Imbibitional temperatures affect seed moisture uptake, germination, and seedling development. In: *Proceedings, 1st Biennial Southern Silvicultural Research Conference*. Gen. Tech. Rep. SO-34. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station: 41-45.

Barnett JP. 1985a. Estimating seed vigor by sugar exudates and radicle elongation. *Tree Planters' Notes* 36(31): 16-19.

Barnett, J.P. 1985b. Fluid drilling: a technique for improving nursery seedling establishment. In: *Proceedings, 3rd Biennial Southern Silvicultural Research Conference*. Gen. Tech. Rep. SO-54. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station: 38-41 .

Barnett JP. 1985c. Techniques for improving the performance of southern pine seeds in nurseries. In: *Practices for the southern pines*. *Proceedings, International Symposium of Nursery Management*, Montgomery, AL. Auburn University, AL: Alabama Agricultural Experiment Station: 102-112.

Barnett JP. 1986. Principles of sowing southern pine seeds. In: Schroeder, R.A., comp. *Proceedings, Southern Forest Nursery Association Annual Meeting; 1986 July 22-24; Pensacola, FL*. Tallahassee: Florida Division of Forestry: 22-31.

Barnett JP. 1997. Practical guidelines for producing longleaf pine seedlings in containers. Gen. Tech. Rep. SRS-14. Asheville, NC: USDA Forest Service, Southern Research Station. 28 p.

Barnett JP.; McGilvray JM. 1997. Practical guidelines for producing longleaf pine seedlings in containers. Gen. Tech. Rep. SRS-14. Asheville, NC: USDA Forest Service, Southern Research Station. 28 p.

Barnett JP, McLemore BF. 1967. Germination of loblolly pine seed hastened by soakings in aerated cold water. *Tree Planters' Notes* 18(2): 24-25.

Barnett JP, McLemore BF. 1984. Germination speed as a predictor of nursery seedling performance. *Southern Journal of Applied Forestry* 8: 157-162.

Barnett JP, Pesacreta TC. 1993. Handling longleaf pine seeds for optimal nursery performance. *Southern Journal of Applied Forestry* 17: 180-187.

Belcher EW, Leach GN, Gresham HH. 1984. Sizing slash pine seeds as a nursery practice. *Tree Planters' Notes* 35(2): 5-10.

- Belcher EW, Waldrip BJ Jr. 1972. Effect of thiram on seed mold and germination of slash pine. In: Proceedings, Association of Official Seed Analysts No. 62. Corvallis: Oregon State University: 91-93.
- Bergsten U. 1993. Removal of dead-filled seeds and invigoration of viable seeds: a review of a seed conditioning concept used on conifers in Sweden. In: Edwards DGW, ed. Dormancy and barriers to germination. Proceedings, IUFRO Project Group P2.04-00. Victoria, BC: Forestry Canada, Pacific Forestry Centre: 7-15.
- Bir RE. 1992. Growing and propagating showy native woody plants. Chapel Hill: University of North Carolina Press. 192 p.
- Bloomberg WJ. 1981. Disease caused by *Fusarium* in forest nurseries. In: Nelson PE, Toussan TA, Cook RJ. *Fusarium: diseases, biology and taxonomy*. University Park: Pennsylvania State University Press: 178-187.
- Bonner FT. 1981. Measurement and management of tree seed moisture. Res. Pap. SO-177. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 4 p.
- Bonner FT. 1987. Effect of storage of loblolly and slash pine cones on seed quality. Southern Journal of Applied Forestry 11 : 59-65.
- Bonner FT. 1990. Storage of seeds: potential and limitations for germplasm conservation. Forest Ecology and Management 35:35-43.
- Bonner FT. 1991. Seed management. In: Duryea ML, Dougherty PA, eds. Forest Regeneration Manual. Boston: Kluwer Academic Publishers: 51-73.
- Bonner FA, tech. coord. [In press]. Woody plant seed manual, including tropical and range species. 3rd ed. Washington, DC: USDA Forest Service.
- Bonner FT, Maisenhelder LC. 1974. *Carya*, hickory. In: Schopmeyer CS, tech. coord. 1974. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handbk. 450. Washington, DC: USDA Forest Service: 269-272.
- Bonner FT, Vozzo JA. 1983. Measuring southern pine seed quality with a conductivity meter: does it work? In: Proceedings, Southern Nursery Conference. Savannah, GA. Tech. Bull. R8-TP4. Atlanta: USDA Forest Service, Southern Region, State and Private Forestry: 97-105.
- Bonner FT, Vozzo JA. 1986. Evaluation of tree seed by electrical conductivity of their leachate. Journal of Seed Technology 10:142-150.
- Bonner FT, Vozzo JA, Elam WW, Land SB Jr. 1994. Tree seed technology training course: instructor's manual. Gen. Tech. Rep. SO-106. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 160 p.
- Boyer JN, South DB, Muller C, Vanderveer H, Chapman W, Rayfield W. 1985. Speed of germination affects diameter at lifting of nursery-grown loblolly pine seedlings. Southern Journal of Applied Forestry 9: 243-247.
- Boyle ED, Kuser JE. 1994. Atlantic white-cedar propagation by seed and cuttings in New Jersey. Tree Planters' Notes 45(3): 104-111 .
- Buschena CA, Ocamb CM, O'Brien J. 1995. Biological control of fusarium diseases of conifer seedlings. In: Landis TD, Cregg B, tech. coords. National Proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-365. Portland, OR: USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 130-134.
- Campbell RK, Sorensen FC. 1984. Genetic implication of nursery practices. In: Duryea ML, Landis TD, eds. Forest nursery manual: production of bareroot seedlings. Boston: Kluwer Academic Publishers: 183-191.
- Campbell SJ, Landis TD. 1990. Managing seedborne diseases in western forest nurseries. Tree Planters' Notes 41(4): 3-7.
- Campbell TE. 1982. The effects of presoaking longleaf pine seeds in sterilants on direct seeding. Tree Planters' Notes 33(1): 8-11 .
- Chaisurisri K, Edwards DGW, El-Kassaby, Y.A. 1994. Effects of seed size on seedling attributes in Sitka spruce. New Forests 8(1): 81-87.

- Cullum FJ, Gordon AG. 1994. Dormancy release of tree and shrub seeds using a compost activator pretreatment. Combined Proceedings of the International Plant Propagators' Society 43: 125-130.
- Czabator FJ. 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. Forest Science 8: 386-396.
- Danielson J, Riley L. 1995. Western larch containerized seed orchards: adapting a concept to meet the production seed needs of the Pacific Northwest. In: Ecology and management of *Larix* forests: a look ahead. Proceedings of an international symposium. Gen. Tech. Rep. INT-319. Ogden, UT: USDA Forest Service, Intermountain Research Station: 478-481
- Danielson RH, Tanaka Y. 1978. Drying and storing stratified ponderosa pine and Douglas-fir seeds. Forest Science 24:11-16.
- Date L. 1994. Propagation of Pacific Northwest native plants from seed. Combined Proceedings of the International Plant Propagators' Society 43: 299-300.
- Dirr MA, Heuser CW Jr. 1987. The reference manual of woody plant propagation: from seed to tissue culture. Athens, GA: Varsity Press. 239 p.
- Deitschman GH, Jorgensen KR, Plummer AP. 1974. Purshia DC., bitterbrush. In: Schopmeyer CS, tech. coord. 1974. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handbk. 450. Washington, DC: USDA Forest Service: 686-691.
- Dumroese RK, Wenny DL. 1987. Sowing sized seed of western white pine in a containerized nursery. Western Journal of Applied Forestry 2(4): 128-130.
- Dumroese RK, Wenny DL, Quick KE. 1990. Reducing pesticide use without reducing yield. Tree Planters' Notes 41(4): 28-32.
- Dunlap JR, Barnett JP. 1982. Germination characteristics of southern pine as influenced by temperature. In: Proceedings, Southern Forest Tree Seedling Symposium. Gen. Tech. Rep. SO-37. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station: 33-36.
- Edwards DGW. 1981. Improving seed germination in *Abies*. In: Combined Proceedings of the International Plant Propagators' Society 31 : 69-78. 85
- Edwards DGW. 1986. Special prechilling techniques for tree seeds. Journal of Seed Technology 10: 151-171.
- Edwards DGW. 1987. Methods and procedures for testing tree seeds in Canada. For. Tech. Rep. 36. Ottawa: Canadian Forestry Service. 32 p.
- Edwards DGW. 1993. A historical overview of seed upgrading techniques and on to new roads of discovery. In: Proceedings, Joint Meeting of the B.C. Seed Dealers' Association and the Western Forest and Range Seed Council; 1993 June 2-4; Vernon, BC. Victoria, BC: Forestry Canada, BC Ministry of Forests: 21-24.
- Edwards DGW, El-Kassaby YA. 1995. Douglas-fir genotypic response to seed stratification. Seed Science and Technology 23(3): 771-778.
- Edwards DGW, Wang BSP. 1995. A training guide for laboratory analysis of forest tree seeds. Info. Rep. BC-X-356. Victoria, BC: Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, 64 p.
- El-Kassaby YA, Thomson AJ. 1996. Parental rank changes associated with seed biology and nursery practices in Douglas- fir. Forest Science 42(2): 228-235.
- El-Kassaby YA, Chaisurisri K, Edwards DGW, Taylor DW. 1993. Genetic control of germination parameters of Douglas-fir, Sitka spruce, western redcedar, and yellow-cedar and its impact on container nursery production. In: Edwards DGW, ed. Dormancy and barriers to germination. Proceedings, IUFRO Project Group P2.04-00. Victoria, BC: Forestry Canada, Pacific Forestry Centre: 37-42.
- El-Kassaby YA, Edwards DGW, Taylor DW. 1992. Genetic control of germination parameters in Douglas- fir and its importance for domestication. Silvae Genetica 41(1): 48-54.
- Emery DE. 1988. Seed propagation of native California plants. Santa Barbara, CA: Santa Barbara Botanic Garden. 115.

- Eremko RD, Edwards DGW, Wallinger D. 1989. A guide to collecting cones of British Columbia conifers. FRDA Rep. 055. Victoria: British Columbia Ministry of Forests and Forestry Canada. 114 p.
- Finnerty TL, Hutton KM. 1993. Woody shrub propagation: a comprehensive approach. In: Landis TD, tech. coord. Proceedings, Western Forest Nursery Association; 1992 September 14-18; Fallen Leaf Lake, CA. Gen. Tech. Rep. RM-221. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiments Station: 82-91 .
- Fleming RL, Lister SA. 1984. Stimulation of black spruce germination by osmotic priming: laboratory studies. Info. Rep. 0-X-362. Sault Ste Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Center. 26 p.
- Gelinas D. 1990. Seedling production in mini-cell containers in Quebec. In: Seedling production in Quebec: bareroot versus container seedlings. Proceedings, Northeastern State, Federal, and Provincial Nurseryman's Conference; 1990 July 23-26; Montreal, QC: Berthier, QC: Pepiniere Forestiere de Berthier.
- Gordon AC. 1992. Seed manual for forest trees. Great Britain For. Comm. Bull. 83. London: Her Majesty's Stationery Office, Publications Centre. 132 p.
- Gordon I, Hayes R. 1994. Control of woody root systems using copper compounds. Combined Proceedings of the International Plant Propagators' Society 44: 416-424.
- Gosling PG. 1988. The effect of drying *Quercus robur* acorns to different moisture contents, followed by storage, either with or without imbibition. Forestry 62: 41-50.
- Handreck KA, Black ND. 1994. Growing media for ornamental plants and turf. Randwick, NSW, Australia: University of New South Wales. 448 p.
- Hartmann HT, Kester DE, Davies FT Jr, Geneve RL. 1997. Plant propagation: principles and practices. 6th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 770 p.
- Hardin E. 1981. Quick test vs. standard germination test. In: Proceedings, Intermountain Nurseryman's and Western Forest Nursery Association Combined Meeting; 1980 August 12-14; Boise, ID. Gen. Tech. Rep. INT-109. Ogden, UT: USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station: 71-73.
- Haridi MB. 1985. Effect of osmotic priming with poly ethylene glycol on germination of *Pinus elliotii* seeds. Seed Science and Technology 13: 669-674.
- ISTA [International Seed Testing Association]. 1985. International rules for seed testing. Seed Science and Technology 13(2): 299-355.
- Jones L. 1962. Ninth annual report, Eastern Tree Seed Laboratory. Asheville, NC: USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 18 p.
- Kolotelo D. 1996. Western redcedar seed. Seed and Seedling Extension Topics 9(1): 6-8.
- Kolotelo D. 1997. Anatomy and morphology of conifer tree seed. For. Nursery Tech. Series 1.1. Victoria: British Columbia Ministry of Forests, Nursery and Seed Operations Branch. 60 p.
- Kren LA. 1994. Seed for thought. Greenhouse Grower 12(11):48-49.
- Krugman SL, Jenkinson JL. 1974. *Pinus L.*, pine. In: Schopmeyer CS, tech. coord. 1974. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handbk. 450. Washington, DC: USDA Forest Service: 598-638.
- Krugman SL, Stein WI, Schmitt DM. 1974. Principles and general methods of producing and handling seeds. In: Schopmeyer CS, tech. coord. 1974. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handbk. 450. Washington, DC: USDA Forest Service: 5-52.

- Landis TD, Simonich EJ. 1984. Producing native plants as container seedlings. In: Murphy PM, comp. The challenge of producing native plants for the Intermountain Area. Proceedings, Intermountain Nurserymen's Association 1983 Conference; 1983 August 8-11 ; Las Vegas, NV. Gen. Tech. Rep. I NT168. Ogden, UT: USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 96 p.
- Leadem C. 1996. A guide to the biology and use of forest tree seeds. Victoria, BC: Crown Publications. 20 p.
- Littke WR. 1990. Seed fungi. In: Hamm PB, and others, eds. Growing healthy seedlings: identification and management of pests in Northwest forest nurseries. Spec. Pub. 19. Corvallis: Oregon State University, Forest Research Laboratory: 22-24.
- Lowman BJ, Landis TD, Zensen F, Holland B. 1992. Bareroot nursery equipment catalog. MTDC Proj. Rep. 9224-2839. Missoula, MT: USDA Forest Service, Missoula Technology and Development Center. 204 p.
- Macdonald B. 1986. Practical woody plant propagation for nursery growers. Volume 1. Portland, OR: Timber Press. 669 p.
- May JT. 1985. Sowing and mulching. In: Southern pine nursery handbook. Atlanta: USDA Forest Service, Southern Region: 6-1 to 6-7.
- McCreary D, Koukoura Z. 1990. The effects of collection date and pre-storage treatment on the germination of blue oak acorns. *New Forests* 3: 303-310.
- McCure IG. 1995. The importance of selection and root pruning in container-grown seedling production of ornamental trees and shrubs. *Combined Proceedings, International Plant Propagators' Society* 44:121-122.
- McLemore BF, Barnett JP. 1968. Moisture content influences dormancy of stored loblolly pine seed. *Forest Science* 14: 219-221 .
- Minore D. 1985. Effects of sowing depth on emergence and growth of Douglas- fir, western hemlock, and noble fir seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 15: 935-940.
- Moench RD. 1995. Rocky Mountain juniper production at the Colorado State Forest Service nursery. In: Landis TD, Cregg B, tech. coords. National Proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-365. Portland, OR: USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 52-53.
- Moreno R. 1985. Do southern pine species benefit from cold stratification? In: South DB, ed. Proceedings, International Symposium on Nursery Management Practices for the Southern Pines; 1985 August 4-9; Montgomery, AL. Auburn University, AL: Auburn University, Department of Research Information: 113-117.
- Muller C. 1993. Combination of dormancy-breaking and storage for tree seeds: new strategies for hardwood species. In: Edwards DGW, ed. Dormancy and barriers to germination. Proceedings, IUFRO Project Group P2.04-00. Victoria, BC: Forestry Canada, Pacific Forestry Centre: 79-85.
- Muller C, Bonnet-Masimbert M. 1989. Storage of nondormant hardwood seeds: new trends. *Annales des Sciences Forestieres* 46(Suppl): 92s-94s.
- Neumann M, Trotter D, Kolotelo D. 1997. Seed sanitation method to reduce seedborne *Fusarium* levels on conifer seed. *Seed and Seedling Extension Topics* 100(2): 1-35.
- Olson DF Jr, Gabriel WJ. 1974. Acer L., maple. In: Schopmeyer CS, tech. coord. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handbk. 450. Washington, DC: USDA Forest Service: 187-194.
- PFRA. 1983. Prairie Farm Rehabilitation Act (PFRA) Annual Report. Indian Head, SK: PFRA Tree Nursery: 17.
- Pawuk WH. 1978. Damping-off of container-grown longleaf pine seedlings by seedborne *Fusaria*. *Plant Disease Reporter* 62: 82-84.
- Piotto B. 1994. Sowing of pelletized seed: a technique to simplify Eucalypt raising in tropical nurseries. *Tree Planters' Notes* 45(2):58-62.

- Read RA. 1983. Ten-year performance of ponderosa pine provenances in the Great Plains of North America. Res. Pap. RM-250. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 17 p.
- Roche S, Dixon KW, Pate JS. 1997. Seed ageing and smoke: partner cues in the amelioration of seed dormancy in selected Australian native species. *Australian Journal of Botany* 45: 783-815.
- Rudolf PO. 1974. Tree-seed marketing controls. In: Schopmeyer CS, tech. coord. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handbk. 450. Washington, DC: USDA Forest Service: 153-166.
- Rudolf PO, Dorman KW, Hitt RG, Plummer AP. 1974. Production of genetically improved seed. In: Schopmeyer CS, tech. coord. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handbk. 450. Washington, DC: USDA Forest Service: 53-74.
- Scarratt JB. 1991. Effect of early transplanting upon growth and development of spruce and pine seedlings in paperpot containers. *New Forests* 4(4): 247--259.
- Schopmeyer CS, tech. coord. 1974. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handbk. 450. Washington, DC: USDA Forest Service. 883 p.
- Schwartz M. 1993. Germination math: calculating the number of seeds necessary per cavity for a given number of live seedlings. *Tree Planters' Notes* 44(1): 09-20.
- Simak M. 1984. A method for removal of filled dead seeds from a sample of *Pinus contorta*. *Seed Science and Technology* 12:767-775.
- Simak M. 1976. Germination improvement of Scots pine seeds from circumpolar regions using polyethylene glycol. In: Proceedings, Second International Symposium on Physiology of Seed Germination; IUFRO Working Group 52.01.06; Fuji, Japan: 145--153.
- Singh O, Sharma HP, Sharma SK. 1984. Effect of root clipping on the growth of transplanted spruce seedlings. *Journal of Tree Science* 3(1/2): 149-152.
- Singh DP, Hooda MS, Bonner FT. 1991. An evaluation of scarification methods for seeds of two leguminous trees. *New Forests* 5: 139-145.
- South DB, Young C. 1994. Germinant sowing in South Africa. *Combined Proceedings of the International Plant Propagators' Society* 44: 266-270.
- Stein WI. 1965. A field test of Douglas-fir, ponderosa pine, and sugar pine seeds treated with hydrogen peroxide. *Tree Planters' Notes* 71 : 25-29.
- Stein WI, Danielson R, Shaw N, Wolff S, Gerdes D. 1986. Users guide for seeds of western trees and shrubs. Gen. Tech. Rep. PNW-193. Corvallis, OR: USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 45 p.
- Suresh KK, Swaminathan C, Vinaya Rai RS. 1994. Increasing nursery efficiency by use of presprouted seeds in *Hardwickia binata* Roxb. *Indian Journal of Forestry* 17(4): 356-358.
- Sutherland JR, Van Eerden E. 1980. Diseases and insect pests in British Columbia forest nurseries. Joint Rep. 12. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forests and Canadian Forestry Service, Pacific Forest Research Centre. 55 p.
- Tanaka Y, Kleyn NJ, Harper LM. 1986. Seed stratification of Engelmann spruce and lodgepole pine: the effect of stratification duration and timing of surfacedrying. *Forestry Chronicle* 62: 147-151 .
- Taylor AG, Harman GE. 1990. Concepts and technologies of selected seed treatments. *Annual Review Phytopathology* 28: 321-339.
- Tinus RW, McDonald SE. 1979. How to grow tree seedlings in containers in greenhouses. Gen. Tech. Rep. RM-60. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 256 p.
- Trindle JDC. 1995. Personal communication. Corvallis, OR: USDA Natural Resources Conservation Service, Plant Materials Center.

Trindle JDC. 1996. Evaluating acid scarification effects on dormant *Arctostaphylos nevadensis* seeds. International Plant Propagators' Society Combined Proceedings (1995) 45: 312-314.

USDA Agricultural Research Service. 1981. Collecting, processing, and germinating seeds of western wildland plants. Rep. ARM-W-3. Oakland, CA: USDA Agricultural Research Service. 44 p.

USDA Forest Service. 1948. Woody-plant seed manual. Misc. Publ. 654. Washington, DC: USDA Forest Service. 416 p.

USDA Forest Service. 1995. Commercial suppliers of tree and shrub seed in the United States. Misc. Rep. R8-MR 33. Atlanta: USDA Forest Service, Southern Region. 97 p.

Vankus V. 1997. The tetrazolium estimated viability test for seeds of native plants: In: Landis TD, Thompson JR, tech. coords. National Proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-419. Portland, OR: USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 57-62.

Weber FR, Stoney C. 1986. Reforestation in arid lands. Arlington, VA: Volunteers in Technical Assistance. 335 p.

Wells 00, Wakeley PC. 1966. Geographic variation in survival, growth, and Fusiform rust infection of planted loblolly pine. Forest Science Monograph 11: 1-40.

Wenny DL, Dumroese RK. 1987. Germination of conifer seeds surface-sterilized with bleach. Tree Planters' Notes 38(3): 18-21.

Williams RD, Hanks SH. 1994. Hardwood nursery guide. Agric. Handbk. 473. Washington, DC: USDA Forest Service. 78 p.

Wood B. 1994. Conifer seedling grower guide. Smoky Lake, AB: Pine Ridge Forest Nursery 73 p.

6.2.11.2 Referencias generales para la propagación de semillas

AOSA [Association of Official Seed Analysts]. 1985. Handbook on seeds of browse shrubs and forbs. Tech. Pub. R8-TP8. Atlanta: USDA Forest Service, Southern Region. 246 p.

Bonner FA, tech. coord. [In press]. Woody plant seed manual, including tropical and range species. 3rd ed. Washington, DC: USDA Forest Service.

Bonner FT, Vozzo JA, Elam WW, Land SB Jr. 1994. Tree seed technology training course: instructor's manual. Gen. Tech. Rep. SO-106. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 160 p.

Dirr MA, Heuser CW Jr. 1987. The reference manual of woody plant propagation: from seed to tissue culture. Athens, GA: Varsity Press. 239p.

Emery DE. 1988. Seed propagation of native California plants. Santa Barbara, CA: Santa Barbara Botanic Garden. 115.

Hartmann HT, Flocker WJ, Kofranek AM. 1981. Plant science: growth, development, and utilization of cultivated plants. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 676 p.

Kolotelo D. 1997. Anatomy and morphology of conifer tree seed. For. Nursery Tech. Series 1.1. Victoria: British Columbia Ministry of Forests, Nursery and Seed Operations Branch. 60 p.

Landis TD, Simonich EJ. 1984. Producing native plants as container seedlings. In: Murphy PM, comp. The challenge of producing native plants for the Intermountain Area. Proceedings, Intermountain Nurserymen's Association 1983 Conference; 1983 August 8-11; Las Vegas, NV. Gen. Tech. Rep. INT168. Ogden, UT: USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 96 p.

Leadem C. 1996. A guide to the biology and use of forest tree seeds. Victoria, BC: Crown Publications. 20 p.

Owen JN, Blake MD. 1985. Forest tree seed production: a review of the literature and recommendations for future research. Info. Rep. PI-X-53. Chalk River, ON: Canadian Forestry Service, Petawawa National Forestry Institute. 161 p.

Schopmeyer CS, tech. coord. 1974. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handbk. 450. Washington, DC: USDA Forest Service. 883 p.

USDA Forest Service. 1948. Woody-plant seed manual. Misc. Publ. 654. Washington, DC: UDA Forest Service. 416 p.

Vories KC. 1981. Growing Colorado plants from seed: a state of the art. Volume 1, Shrubs. Gen. Tech. Rep. INT-103. Ogden, UT: USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 80 p.

Wasser CH. 1982. Ecology and culture of selected species useful in revegetating disturbed lands in the West. Pub. FWS/OBS 82/56. Washington, DC: USDI Fish and Wildlife Service. 347 p.

Wright RCM, Titchmarsh A. 1981. The complete book of plant propagation. London: Ward Lock Ltd. 180 p.

Young JA, Young CG. 1992. Seeds of woody plants in North America. Portland, OR: Dioscorides Press. 407 p.