

APUNTES DE REPOBLACIONES FORESTALES

GENERALIDADES SOBRE SEMILLAS FORESTALES

- 1.- RECOLECCIÓN
- 2.- EXTRACCIÓN Y LIMPIEZA
- 3.- ALMACENAMIENTO
- 4.- TRATAMIENTOS DE CONSERVACIÓN
- 5.- ANÁLISIS
- 6.- TRATAMIENTOS DE GERMINACIÓN
- 7.- SIEMBRA

GENERALIDADES SOBRE SEMILLAS FORESTALES

El conocimiento de cuestiones relacionadas con las semillas forestales es necesario tanto en Selvicultura como en Repoblaciones Forestales.

En la Repoblación Forestal, tanto si se hace por siembra directa sobre el terreno como si se utilizan plantas producidas en vivero, es fundamental conocer todo lo relativo a la producción, almacenamiento y análisis de semillas forestales. También resulta necesaria esta información al trabajar con la regeneración natural en Selvicultura.

El presente capítulo no trata de agotar el tema, sino suministrar la información imprescindible para comprender lo relativo a viveros forestales y a la ejecución de repoblaciones forestales por siembras directas. Se supone como conocimientos previos todo lo relativo a Anatomía y Fisiología de las semillas.

El texto del que se ha extraído la mayor parte de la información y del que se transcriben cuadros y gráficos es: CATALAN BACHILLER, G.- 1977. *Semillas de árboles y arbustos forestales*. Monografía 17. ICONA. Madrid, que junto al texto de NAVARRO y PEMÁN (1997), resulta necesaria su consulta para mejor ampliar y conocer el tema tratado.

El orden de exposición del tema será el mismo que se sigue en la práctica durante todo el proceso de producción y manipulación de las semillas.

1.- RECOLECCIÓN DE SEMILLAS O FRUTOS.

Los **sistemas** de recolección de semillas o frutos forestales se pueden clasificar en:

a) *Recogida de árboles apeados*.- Se aprovechan las cortas, condicionando la época de apeo para que coincida con la maduración. Es un sistema sencillo y barato, aunque en la práctica no se suele seleccionar la calidad del arbolado. Al hacerse el apeo y la recogida de semilla antes de la diseminación natural, puede restar regeneración natural en las masas donde se practica. En España se suele aplicar a los pinos: silvestre, salgareño, rodeno y radiata.

b) *Recogida en depósitos producidos por viento, agua o animales*.- Se cita como anécdota, pues prácticamente no se usa en España. Podría aplicarse a chopos, sauces y olmos, recogiendo depósitos producidos por viento o agua, pero la fugaz viabilidad de las semillas de estas especies y el hecho de que en su cultivo se utilicen preferentemente procedimientos de reproducción vegetativa, no lo aconseja. En América del Norte se aplica a algunas especies recogiendo depósitos formados por animales.

c) *Recogida del suelo*.- Consiste en esperar la caída natural de los frutos o semillas, despreciando las que caen en primer lugar que suelen ser inmaduras o afectadas por insectos. Se suele utilizar con especies de frondosas como haya, castaño, robles, encina, alcornoque y nogal. Se acelera el proceso vareando o agitando ramas y se facilita colocando lonas en el suelo.

d) *Recogida de árboles en pie*.- Se trata de cortar los pedúnculos o ramas que sostienen los frutos. Se puede hacer desde el suelo con auxilio de herramientas de corte montadas sobre pértigas, como el gorguz o las tijeras de podar. También se hace subiendo al árbol el operario con empleo de escaleras manuales (tipo Nancy o tipo alemán) o telescópicas similares a las de los bomberos, o con diversos equipos auxiliares para trepar. Si la topografía lo permite se emplean plumas hidráulicas con una pequeña cabina en la punta donde se sube el operario y todo ello se monta sobre un tractor o vehículo todo terreno. A continuación se inserta cuadro tomado de la obra citada (Catalán, 1985), que indica el método más adecuado para las diferentes especies forestales.

RECOLECCION DE FRUTOS O SEMILLA

	METODO	ESPECIES O GENEROS
Cuando se hace desde el suelo	Recogiendo los frutos directamente de las ramas	Amelanchier, Amorpha, Arbutus, Arctostaphylos, Aronia, Berberis, Buxus, Cistus, Colutea, Cornus, Coronilla, Cotoneaster, Crataegus, Evonymus, Genista, Hedera, Ilex, Juniperus, Laurus, Ligustrum, Lonicera, Mahonia, Melia, Mirtus, Nerium, Olea, Philadelphus, Phillyrea, Photinia, Pistacia, Punica, Pyracantha, Retama, Rhamnus, Rhododendron, Rhodotypos, Rhus, Ribes, Ricinus, Rosa, Rosmarinus, Ruscus, Sambucus, Solanum, Spartium, Spiraea, Symphoricarpos, Syringa, Tamarix, Taxus, Tetracelinis, Thuja, Viburnum.
	Empleando pértigas u otros utensilios de mango largo manejados desde el suelo	Acer, Carpinus, Casuarina, Catalpa, Cornus, Corylus, Cupressus, Eleagnus, Fraxinus, Magnolia, Sorbus.
	Vareando o agitando los árboles para que caigan los frutos al suelo	Amigdalus, Carya, Castanea, Celtis, Ceratonia, Cercis, Fagus, Fraxinus, Ginko, Gleditsia, Hippophae, Juglans, Malus, Morus, Olea, Prunus, Pyrus, Quercus, Sophora, Tilia, Ulmus.
	Recolectando los frutos o semillas caídos por sí mismos al suelo	Aesculus, Amigdalus, Carya, Castanea, Celtis, Ceratonia, Ginko, Gleditsia, Juglans, Maclura, Malus, Phoenix, Populus, Prunus, Pyrus, Quercus, Salix, Sophora.
	Apeando los árboles o aprovechando las cortas ordinarias (1)	Abies, Chamaecyparis, Eucalyptus, Larix, Picea, Pinus, Pseudotsuga.
	Aprovechando las acumulaciones de frutos ya desprendidos de las plantas y provocadas por agentes naturales o animales	Populus, Salix, Ulmus.
Cuando no se hace desde el suelo	Recolectando los frutos o semillas desde escaleras, banquetas, remolques u otros medios similares	Acacia, Acer, Ailanthus, Ainus, Amorpha, Araucaria, Betula, Camelia, Carpinus, Casuarina, Catalpa, Cedrus, Celtis, Cercis, Citrus, Cinnamomum, Corylus, Criptomera, Cupressus, Cytisus, Chamaecyparis, Eleagnus, Fraxinus, Ginko, Hedera, Hippophae, Koelreuteria, Lagerstroemia, Laurus, Libocedrus, Ligustrum, Liquidambar, Liriodendron, Magnolia, Melia, Parkinsonia, Pinus, Platanus, Ptelea, Punica, Robinia, Sophora, Sorbus, Taxodium, Taxus, Thuja, Thujopsis, Tilia, Tsuga, Ulmus.
	Trepando o subiendo a los árboles	Abies, Acacia, Acer, Ailanthus, Araucaria, Betula, Camelia, Carpinus, Casuarina, Cedrus, Celtis, Citrus, Corylus, Criptomera, Eleagnus, Eucalyptus, Fagus, Fraxinus, Larix, Libocedrus, Liquidambar, Liriodendron, Magnolia, Phoenix, Picea, Pinus, Platanus, Prunus, Ptelea, Pseudotsuga, Robinia, Sequoia, Sophora, Sorbus, Taxodium, Tilia, Tsuga, Ulmus.

(1) En este apartado teóricamente se pueden incluir todas las especies arbóreas, pero únicamente se ponen aquellas que son objeto de cortas comerciales.

SERRADA, R. 2000. *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. FUCOVASA. Madrid.

La **época** de recolección para cada especie será la intermedia entre la maduración del fruto y la diseminación. Estos momentos, según la especie de que se trate, pueden ser muy próximos o estar separados. Por tanto, hay que conocer de cada especie, dentro de cada ámbito geográfico, cuando se producen para determinar la época de recolección más adecuada. En algunas especies la época de recogida del fruto puede adelantarse a la maduración, produciéndose ésta en el almacenamiento.

La determinación de la madurez de los frutos se puede hacer: de visu, con valoración subjetiva según la experiencia; por métodos gravimétricos, pues la densidad del fruto tiende a disminuir a medida que se acerca la maduración y se puede proceder probando con líquidos patrón de densidad tal que el fruto maduro flote en él, frecuentemente aceites de diferente densidad (las piñas maduras de Gen. *Pinus* tienen densidades del orden de 0,86 a 0,97 gr/cm³, por lo que se puede emplear agua como líquido patrón); y, finalmente, consultando tablas como las que se insertan a continuación, tomadas de la obra citada, aunque en este caso hay que tener en cuenta posibles variaciones producidas por las condiciones meteorológicas de cada año.

EPOCA DEL AÑO EN QUE SE REALIZA LA RECOGIDA DE LOS FRUTOS PARA LAS DISTINTAS ESPECIES

EPOCA DEL AÑO	ESPECIES
Primavera (Abril-mayo-junio)	Eucalytus spp. (1), Populus spp., Salix spp., Ulmus spp.
Finales de primavera y principios de verano (Junio-julio)	Caragana arborescens, Morus alba, Prunus avium, P. cerasus.
Verano (Agosto-septiembre)	Acacia spp., Amelanchier spp., Betula alba, Ceratonia siliqua, Crataegus spp. (2), Hedera helix, Morus nigra, Philadelphus spp., Prunus spp., Pseudotsuga taxofilia, Ribes spp., Rosmarinus officinalis, Sambucus spp. (2), Tsuga spp. (2), Viburnum spp. (2).
Finales de verano y principios de otoño (Septiembre-octubre)	Abies spp., Aesculus spp., Amigdalus communis, Amorpha spp., Arctostaphylos uva-ursi, Aronia spp., Buxus sempervirens, Camelia japonica, Carpinus betulus (2), Chamaecyparis lawsoniana, Cephalotaxus drupacea, Cistus spp., Colutea arborescens, Cornus spp., Coronilla spp., Cytisus spp., Evonymus spp. (2), Fagus sylvatica, Ginkgo biloba, Koelreuteria paniculata, Laurus nobilis, Libocedrus decurrens, Liquidambar styraciflua, Lonice-
	ra spp., Magnolia grandiflora, Mahonia aquifolium, Malus spp., Mirtus communis, Pyrus spp., Rhamnus spp., Ricinus communis, Ruscus aculeatus, Sequoia spp., Solanum dulcamara, Sorbus spp. (2), Spartium junceum, Thuja spp., Thujopsis dolabrata, Tilia spp. (2).
Otoño (Octubre-noviembre-diciembre)	Acer (excepto A. negundo), Alnus glutinosa, Arbutus unedo, Berberis vulgaris, Carya spp., Castanea spp., Cedrus spp., Cercis siliquastrum, Cinnamomum camphora, Corylus avellana, Criptomera japonica, Cupressus spp., Eleagnus angustifolia, Gleditsia triacanthos, Hamamelis spp., Juglans spp., Larix spp., Liriodendron tulipifera, Maclura aurantiaca, Olea europea, Phillyrea angustifolia, Photinia spp., Picea spp., Pistacia spp., Ptelea trifoliata, Quercus spp., Retama spp., Rhododendron spp., Rhus spp., Robinia pseudoacacia, Sophora japonica, Spiraea spp., Syringa vulgaris, Taxodium distichum, Taxus baccata.
Otoño-invierno (Octubre hasta marzo del año siguiente)	Acer negundo, Ailanthus glandulosa, Catalpa bignonioides, Celtis spp., Citrus spp., Cotoneaster spp., Fraxinus spp. (3), Hippophae rhamnoides, Ilex aquifolium, Lagerstroemia indica, Juniperus spp., Ligustrum spp., Melia azedarach, Nerium oleander, Phoenix dactylifera, Pinus spp., Platanus spp., Punica granatensis, Pyracantha spp., Rhodotypos kerrioides, Rosa spp., Symphoricarpos spp.

(1) La recogida de esta semilla prácticamente se puede realizar en casi todas las estaciones del año.

(2) Los frutos de estas especies se deben recolectar cuando aún no estén completamente maduros, si se quiere obtener buenas germinaciones en las siembras tempranas.

(3) Las recolecciones tempranas de los frutos de Fraxinus excelsior favorecen su germinación.

TIEMPO QUE PERMANECEN LOS FRUTOS EN LAS PLANTAS, SIN CAERSE O ABRIRSE, PARA LAS DISTINTAS ESPECIES

Plantas cuyos frutos se abren o caen al suelo poco después de su maduración	<i>Abies</i> spp., <i>Aesculus</i> spp., <i>Alnus crispa</i> , <i>Betula alba</i> , <i>Camelia japonica</i> , <i>Caragana arborescens</i> , <i>Carpinus betulus</i> , <i>Castanea sativa</i> , <i>Ceratonia siliqua</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Eleagnus angustifolia</i> , <i>Evonymus</i> spp., <i>Ginkgo biloba</i> , <i>Liquidambar styraciflua</i> , <i>Maclura aurantiaca</i> , <i>Magnolia grandiflora</i> , <i>Mahonia aquifolia</i> , <i>Malus</i> spp., <i>Morus</i> spp., <i>Populus</i> spp., <i>Prunus</i> spp., <i>Pyrus communis</i> , <i>Rhamnus</i> spp., <i>Rhododendron</i> spp., <i>Salix</i> spp., <i>Sambucus</i> spp., <i>Thuja occidentalis</i> , <i>Ulmus</i> spp.
Plantas cuyos frutos son consumidos rápidamente por los animales	<i>Amelanchier</i> spp., <i>Arctostaphylos uva-ursi</i> , <i>Cornus</i> spp., <i>Phoenix</i> spp., <i>Prunus</i> spp., <i>Rhamnus</i> spp., <i>Ribes</i> spp., <i>Sambucus</i> spp., <i>Solanum dulcamara</i> , <i>Sorbus</i> spp., etc.
Plantas cuyos frutos permanecen durante algún tiempo sin caerse o abrirse	<i>Acacia</i> spp., <i>Acer</i> spp. (excepto <i>A. negundo</i>), <i>Amigdalus communis</i> , <i>Arbutus</i> spp., <i>Berberis vulgaris</i> , <i>Buxus sempervirens</i> , <i>Carya</i> spp., <i>Chamaecyparis lawsoniana</i> , <i>Cinnamomun camphora</i> , <i>Cistus</i> spp., <i>Citrus</i> spp., <i>Colutea arborescens</i> , <i>Coronilla</i> spp., <i>Cryptomeria japonica</i> , <i>Cytisus</i> spp., <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Hedera helix</i> , <i>Juglans</i> spp., <i>Koelreuteria paniculata</i> , <i>Laurus nobilis</i> , <i>Libocedrus decurrens</i> , <i>Liriodendron tulipifera</i> , <i>Lonicera</i> spp., <i>Mirtus communis</i> , <i>Nerium oleander</i> , <i>Olea europea</i> , <i>Pseudotsuga taxifolia</i> , <i>Quercus</i> spp., <i>Ricinus communis</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Sequoia</i> spp., <i>Solanum dulcamara</i> , <i>Spartium junceum</i> , <i>Taxodium distichum</i> , <i>Taxus baccata</i> , <i>Tetraclinis articulata</i> , <i>Thuja</i> spp., <i>Thujopsis dolabrata</i> , <i>Tsuga</i> spp.
Plantas cuyos frutos permanecen largo tiempo sin abrirse o caerse	<i>Acer negundo</i> , <i>Allanthus glandulosa</i> , <i>Alnus</i> spp. (excepto <i>A. crispa</i>), <i>Catalpa bignonioides</i> , <i>Cedrus</i> spp., <i>Celtis</i> spp., <i>Cercis siliquastrum</i> , <i>Cotoneaster</i> spp., <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Cupressus</i> spp., <i>Eucaliptus</i> spp., <i>Fraxinus</i> spp., <i>Gleditsia triacanthos</i> , <i>Hippophae rhamnoides</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Juniperus</i> spp., <i>Larix</i> spp., <i>Ligustrum</i> spp., <i>Melia azedarach</i> , <i>Phillyrea angustifolia</i> , <i>Picea excelsa</i> , <i>Pinus</i> spp., <i>Pistacia</i> spp., <i>Platanus</i> spp., <i>Ptelea trifoliata</i> , <i>Punica granatensis</i> , <i>Pyracantha</i> spp., <i>Retama</i> spp., <i>Rhodotypos</i> spp., <i>Rhus</i> spp., <i>Rosa</i> spp., <i>Sophora japonica</i> , <i>Sorbus</i> spp., <i>Symphoricarpus racemosus</i> , <i>Syringa vulgaris</i> , <i>Tilia</i> spp., <i>Viburnum</i> spp.

Respecto de las **zonas de recogida de semilla**, es necesario en todo caso anotar su localización geográfica y tratar de obtenerla de ejemplares sanos y bien conformados. Se establecen tres categorías de zonas de recogida de semilla, ordenadas según el grado de control (CATALÁN, 1993):

- *Recogida en cualquier masa*, controlando su localización dentro de una determinada región de procedencia. Ha sido el procedimiento más usual, organizándose la recogida mediante destajos, lo que plantea dudas sobre la calidad genética de la semilla obtenida. Se denomina material identificado y se comercializa con etiqueta *amarilla*, según dispone la Directiva 1999/105/CE del Consejo de 22 de diciembre de 1999 sobre la comercialización de materiales forestales de reproducción (DOCE de 15 de enero de 2000).

- *Recogida sobre rodales selectos*. Los rodales selectos son superficies del orden de 50 ha localizadas en masas más extensas cuya producción preferente pasa a ser la de semilla y en las que, por tanto, se excluyen las cortas de regeneración. Se seleccionan buscando zonas de la masa en las que la mayor parte de los individuos presentan un buen fenotipo y crecimiento, sin plagas o enfermedades. Una vez seleccionadas se procede a aislarlas del resto de la masa con fajas del orden de 100 m para evitar polinizaciones externas y se procede, dentro del rodal, a cortas de mejora que eliminen los individuos defectuosos y que mantengan una espesura incompleta que asegure una buena fructificación y vitalidad de los pies seleccionados. Según la especie, se puede proceder también a aplicar podas de mejora de la fructificación. Se denomina material seleccionado y se comercializa con etiqueta *verde* (Directiva 1999/105/CE).

- *Recogida en huertos semilleros*. Un huerto semillero es una plantación de árboles genéticamente superiores, aislados para no recibir polinización externa, tratados de forma intensiva para producir cosechas de fruto frecuentes y abundantes y de fácil recogida, establecidas a través de clones (injerto, estaquillas) o con pies procedentes de progenies seleccionadas (Pardos y Gil, 1986). Se clasifican en huertos de producción y huertos de investigación, según sus objetivos. El tratamiento intensivo se refiere a la aplicación de riegos, fertilizaciones, laboreos y escardas, podas y tratamientos sanitarios. El material vegetativo para injertos o la selección de progenies se basa en la localización de los denominados árboles "plus" en masas naturales. Para catalogar como "plus" a un ejemplar se debe comprobar que supera unos patrones de calidad muy estrictos y numerosos definidos previamente para cada especie. No hay que confundir los huertos semilleros con los denominados *parques o bancos clonales* que son plantaciones orientadas a suministrar material vegetativo destinado a la propagación de plantas. Se denomina material controlado o mejorado y se comercializa con etiqueta *azul* (Directiva 1999/105/CE). El material procedente de huertos semilleros que aún no ha completado los ensayos de progenie y, por tanto, acreditado su superioridad, se denomina material cualificado y se comercializa con etiqueta *rosa*.

El etiquetado de semillas de origen no identificado, lotes de los que únicamente se conoce la especie a la que pertenecen, se realiza con etiquetas de color blanco. La Directiva 1999/105/CE contiene las instrucciones precisas para: homologar rodales selectos; instalar huertos semilleros; realizar ensayos de progenie para acreditar el material de reproducción de categoría "controlado"; y modelos de certificaciones para el comercio de semillas.

2.- EXTRACCIÓN Y LIMPIEZA DE LA SEMILLA.

Son las operaciones a realizar desde la recogida del fruto o semilla hasta que la semilla queda lista para su almacenaje o siembra. Estas operaciones serán muy variables en función de la especie de que se trate y de la cantidad de semilla a producir. Para los casos más complicados, las operaciones, enumeradas secuencialmente, serán:

- **Limpieza previa y almacenamiento del fruto.** Antes de proceder a la extracción de la semilla, puede ser necesario realizar una limpieza de los frutos que se suele realizar por cribado o por flotación en agua, aunque en este último caso se puede aumentar la humedad con posibles perjuicios posteriores en el almacenamiento.

El almacenamiento del fruto debe evitar las fermentaciones y la acumulación de humedad, por lo que se hará en zonas cubiertas para proteger de la lluvia y con buena aireación.

- **Extracción de la semilla.** En función del tipo de fruto de que trate se utiliza alguno de los siguientes procedimientos: secado; trillado; o maceración.

- **Secado.** Se basa en que los frutos secos dehiscentes permanecen cerrados hasta que su humedad baja de un determinado contenido, abriéndose en este momento y liberando la semilla. Los procedimientos de secado a los que nos vamos a referir son: secado al aire; secado al sol; y secado en hornos.

- **Secado al aire.** Se utilizan zonas cubiertas de la lluvia de extensión proporcional a la cantidad de fruto a tratar, con solera que absorba fácilmente la humedad (ladrillo, lona), donde se disponen capas de fruto de poco espesor que son volteadas frecuentemente. En el conjunto se mantiene la temperatura ambiente. Se emplean en frutos fácilmente dehiscentes como los conos de abetos.

- **Secado al sol.** En climas con fuerte insolación veraniega y con baja frecuencia de precipitaciones en esta estación, se emplean los llamados sequeros solares que consisten en superficies amplias, descubiertas, con solera de cemento o de ladrillo, sobre las que se extienden delgadas capas de fruto. Se procede al volteo frecuente con bioldos u horcas para facilitar el secado del fruto y el desprendimiento de la semilla. Su uso ha sido y es muy frecuente en España para *Pinus pinaster*, *P. halepensis*, *P. pinea*, cipreses, eucaliptos, tuya y biota.

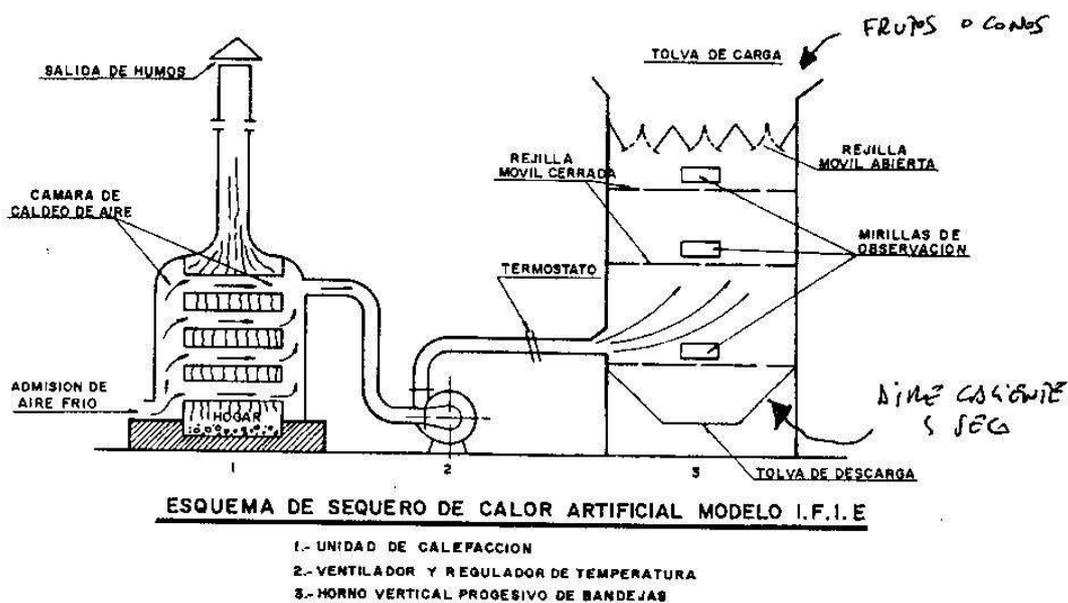
Este procedimiento tiene el inconveniente de necesitar un verano completo para la obtención de la semilla, con la demora y el almacenamiento del fruto correspondiente, a la vez que la ventaja de su simplicidad y bajo costo. Se aplica también el secado al sol para frutos carnosos que se pueden emplear una vez secos para una siembra directa.

- **Secado en hornos.** En regiones de clima húmedo y siempre que se quiera aplicar a siembra de primavera la recolección de frutos de otoño, la extracción de la semilla se hará con secado en hornos. Son procedimientos más caros y más rápidos que los anteriores. Para evitar la muerte del embrión de la semilla hay que controlar que la temperatura no supere los 60° en ningún momento. Todos los tipos de horno se basan en hacer circular a través de los frutos una corriente de aire caliente con humedad relativa descendente a medida que avanza el proceso.

Se puede hacer un presecado de los frutos en naves cubiertas y aireadas durante 2 ó 3 semanas a varios meses. La regulación de la humedad y temperatura del aire puede ser manual o automática. Una vez que los frutos se han abierto, la extracción de la semilla se hace en volteadores, rodillos de malla giratorios, que separan la semilla del fruto en forma continua. Los elementos básicos de un horno de secado son: tolva de alimentación de fruto; caldera; motor-ventilador; y cámara de secado. Según la disposición de estos elementos, se definen los siguientes tipos de horno:

a).- Hornos progresivos verticales.

Se denominan progresivos al estar en extremos opuestos de la cámara de secado la entrada de aire caliente y la alimentación de fruto, y verticales al ser la cámara de secado de forma de columna. La tolva se dispone en la zona superior y los frutos van descendiendo por gravedad a través de bandejas cuya separación aumenta progresivamente, y avanzan hacia la fuente de aire que será progresivamente más seco y caliente. A continuación se inserta un esquema de un horno de este tipo.

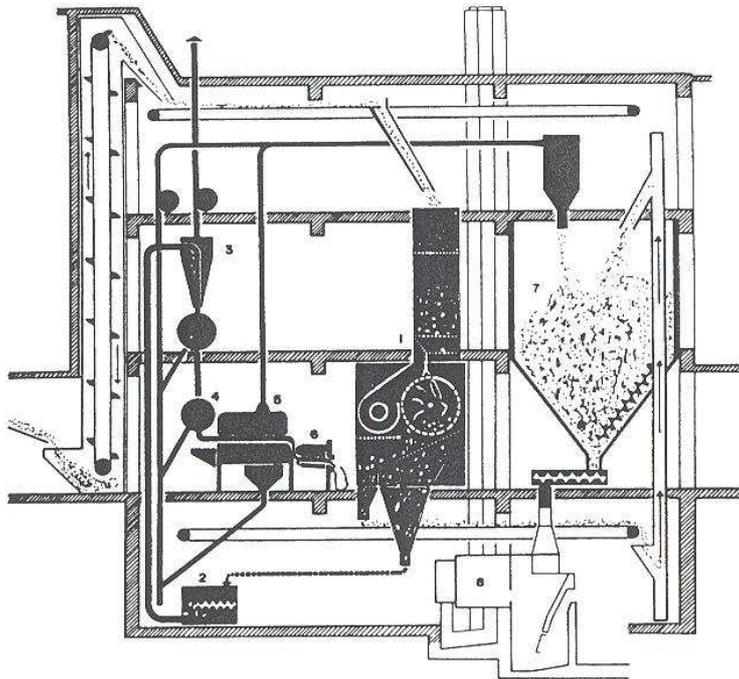


b).- Hornos progresivos horizontales.

Este tipo tiene una cámara de secado horizontal, en forma de túnel, por la que circulan los frutos contenidos en vagonetas de malla metálica que entran por el extremo opuesto a la entrada de aire caliente.

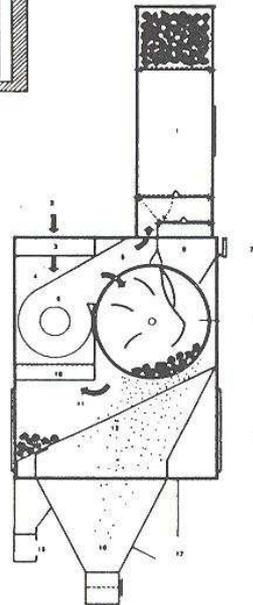
c).- Hornos rotatorios.

Los frutos están contenidos durante el secado en un cilindro perforado y giratorio, de eje horizontal o vertical, que es llenado y vaciado de forma alternativa. Los de eje vertical tienen unos resaltes interiores que mantienen la distribución homogénea del fruto. Unos esquemas de horno rotatorio de eje horizontal se insertan a continuación.



ESQUEMA DE PLANTA DE EXTRACCION, DESALADO Y LIMPIEZA DE SEMILLAS DE CONIFERAS EN PIEVE S. STEFANO (ITALIA) INSTALADA POR SCHILDE AG. —

- 1._ HORNO DE SECADO
- 2._ PREDESALADORA
- 3._ PRELIMPIADORA
- 4._ MAQUINA DESALADORA
- 5._ MAQUINA LIMPIADORA-CLASIFICADORA
- 6._ SALIDA DE SEMILLA LIMPIA
- 7._ SILO DE PIÑAS VACIAS
- 8._ CALDERA DE CALEFACCION ALIMENTADA CON LA PIÑA VACIA



ESQUEMA INTERNO DE UN HORNO ROTATIVO DE EJE HORIZONTAL TIPO WOLFGANG

- 1. Cámara de precalentamiento de las piñas.
- 2. Entrada de aire fresco.
- 3. Unidad de calefacción.
- 4. Salida de aire caliente.
- 5. Entrada de aire caliente al trommel giratorio y a la cámara de precalentamiento.
- 6. Tolva de llenado del trommel.
- 7. Palanca que acciona la compuerta de carga y descarga del trommel.
- 8. Ventilador.
- 9. Trommel o cilindro giratorio.
- 10. Filtro elemental.
- 11. Retorno de aire templado y húmedo a la cámara de presecado.
- 12. Rejilla inclinada para separar la semilla de piña abierta.
- 13. Puerta de descarga de las piñas vacías cuando no hay tolva de descarga.
- 14. Puerta de descarga de semillas si no hay tolva de descarga.
- 15. Tolva para piñas vacías.
- 16. Tolva para semillas.
- 17. Fondo del horno.

SERRADA, R. 2000. *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. FUCOVASA. Madrid.

- **Trillado.** Se aplica en frutos secos con semillas resistentes y consiste en producir mecánicamente la rotura de las envoltas de la semilla. Se puede hacer en máquinas como molinos de martillos o de cuchillas o bien extendiendo los frutos en una parva sobre el suelo y procediendo a su pisado o vareado. Se aplica el trillado en frutos de especies de los géneros *Robinia*, *Cercis*, *Catalpa*, etc.

- **Maceración.** Se aplica a frutos carnosos en los que es preciso separar o destruir la pulpa del fruto para obtener la semilla. Se utilizan productos químicos como la lejía para descomponer la pulpa, que queda flotando mientras la semilla se hunde. Para la maceración con agua se emplea simultáneamente una trituradora o agitadora.

- **Limpieza de la semilla.** Tras el proceso de extracción, la semilla puede contener impurezas como arena, trozos de fruto, ramillas, etc., por lo que antes de su siembra o almacenamiento debe ser limpiada. Los procedimientos de limpieza son muy variables en función del tamaño y densidad de la semilla y de la cantidad a producir. Se emplean los siguientes procedimientos: aventado; cribado; vibración; flotación; y separación centrífuga. En el caso de algunos pinos el proceso de limpieza de los piñones tiene que atender a la separación del ala o desalado previo. Antiguamente se ha utilizado un procedimiento de desalado consistente en sumergir en agua los piñones y dejar secar a continuación, desprendiéndose el ala espontáneamente, pero esta forma de proceder tiene el inconveniente de que se incorpora humedad a las semillas lo que puede perjudicar su almacenamiento posterior. En la actualidad se emplea el desalado mecánico en seco, introduciendo la semilla en cilindros internamente rugosos dentro de los que giran cepillos o paletas que por presión o golpeo separan las alas, procediéndose a continuación a un aventado.

3.- ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS.

El cuidadoso almacenamiento de semillas es necesario para que éstas no pierdan su viabilidad o capacidad de germinación durante este proceso.

La pérdida de viabilidad se puede producir por alguno de los siguientes motivos o su combinación: agotamiento de las sustancias de reserva por la actividad respiratoria del embrión; daños producidos por ataque de agentes externos, preferentemente hongos e insectos; y por germinación de la semilla.

La disminución de la temperatura reduce tanto la respiración del embrión como la posibilidad de la presencia de hongos e insectos, así se ha comprobado que la respiración de las bellotas casi se anula al bajar la temperatura a 2°C. El ambiente seco impide el desarrollo de hongos. La reducción de oxígeno aminora los tres efectos negativos. Por tanto, los métodos de almacenaje de semillas que a continuación se describen están basados en la reducción de la temperatura, el control de la humedad o en el mantenimiento de vacío parcial, todo ello con las limitaciones que la propia supervivencia del embrión impone según la morfología y fisiología de cada especie.

SERRADA, R. 2000. *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. FUCOVASA. Madrid.

Las semillas forestales, en relación con los procedimientos de almacenaje en correspondencia con la pérdida natural de viabilidad, se clasifican en:

* *semillas ortodoxas*: son aquellas que en su maduración tienen un bajo contenido en humedad, entre un 50% y un 20%, por lo que admiten para su almacenamiento un secado que mantenga entre 5% y 8% de humedad, pudiendo perder su viabilidad con contenidos en agua inferiores al 5%. Consecuentemente, resisten bajas temperaturas, hasta -20°C . Ejemplos de especies con semillas ortodoxas son: pinos, piceas, cipreses, alerces, pseudotsuga, eucaliptos y leguminosas.

* *semillas recalcitrantes*: son aquellas que en su maduración tienen un alto contenido en humedad, entre un 90% y un 40%, por lo que admiten para su almacenamiento un secado que mantenga entre 25% y 80% de humedad, pudiendo perder su viabilidad con contenidos en agua inferiores al 20% o 30%. Consecuentemente, no resisten bajas temperaturas, hasta -3°C . Ejemplos de especies con semillas recalcitrantes son: *Quercus*; *Castanea*; *Fagus*; *Juglans*.

* *semillas intermedias*: características y condiciones de almacenamiento intermedias entre las definidas anteriormente.

Los procedimientos de almacenamiento de semillas forestales más usuales son:

- **Almacenamiento en seco y frío**. Lo más usual es disponer de cámaras frigoríficas que mantienen del orden de 4°C y atmósfera seca en las que se almacena semilla con poca humedad dispuesta en envases metálicos de cierre hermético. Las semillas de algunas especies resisten temperaturas inferiores a 0°C . Se aplica este procedimiento en semillas ortodoxas con muchos aceites, de viabilidad sensible y poca humedad.

- **Almacenamiento a temperatura ambiente**. Sin forzar el régimen térmico, éste debe ser lo más fresco y estable posible, y el ambiente seco. Se disponen las semillas en recipientes herméticos o en sacos según su sensibilidad. Se aplica a semillas ortodoxas de viabilidad resistente o para cortos períodos de almacenamiento.

- **Almacenamiento en frío y húmedo**. Se aplica para semillas con alto contenido en humedad o recalcitrantes (bellotas, hayucos, castañas) a las que un ambiente seco produce desecaciones que comprometen su viabilidad. Se disponen las semillas en recipientes mezcladas con arena o turba (en proporción de dos a tres veces el volumen de materia inerte respecto del volumen de semilla) y se aporta a esta mezcla una determinada cantidad de agua (de 15 a 18 litros de agua por cada 100 Kg de arena). Los recipientes se colocan en cámaras frigoríficas a 2 o 3°C . El gran volumen de esta forma de almacenar obliga a disponer de grandes cámaras, por lo que sí el almacenamiento es poco duradero e invernal se puede realizar a temperatura ambiente exterior.

Una alternativa a la estratificación en húmedo para este tipo de semillas puede ser el almacenamiento en bolsas de polietileno, con o sin tratamiento previo mediante fungicidas, y conservación en cámara frigorífica, a temperaturas que oscilen entre $+2^{\circ}\text{C}$ y -3°C . El plazo de almacenamiento con esta alternativa será de menos de cuatro o cinco meses.

- **Almacenamiento en vacío parcial**. Se produce un vacío parcial en los recipientes o bolsas que contienen las semillas. Se aplica únicamente a semillas de pequeño tamaño y viabilidad fugaz, como son las de los chopos, sauces y olmos y preferentemente con objetivo de investigación.

- **Almacenamiento dentro del propio fruto.** Es un procedimiento de alto volumen y para períodos cortos. Se aplica los cedros, cuyas semillas tienen una viabilidad muy fugaz pues sus aceites enrancian rápidamente en contacto con el aire.

A continuación se incluye información sobre almacenamiento de semillas ortodoxas y sobre procedimientos de almacenaje según especies, tomada de CATALAN (1985).

CONTENIDO DE HUMEDAD RECOMENDADO POR DISTINTOS AUTORES PARA EL ALMACENAJE EN FRIO DE ALGUNAS SEMILLAS FORESTALES

	Contenido de humedad en % según		
	Baldwin	Magini	Otros autores
Abies	11	9-10	
Betula	1-5		1-8
Cedrus			
Chamaecyparis		4-8	
Eucalyptus	7-9		
Fraxinus		7-10	4-7
Larix			7-10
Picea	6-7		6-8
Pinus	7-9		5-8
Pseudotsuga		≤7	6-8
Thuja	8		
Ulmus	3-7		5-9

DISTINTOS METODOS DE ALMACENAJE

METODO	GENERO
1.º Almacenaje seco y frío	Abies, Acer, Ailanthus, Alnus, Arbutus, Berberis, Betula, Cedrus (5), Cercis, Chamaecyparis, Citrus (5), Cupressus, Ilex, Juniperus (2), Larix, Laurus, Libocedrus, Liriodendron, Maclura, Magnolia, Mahonia, Malus, Morus (2), Photinia, Picea, Pinus (2), Platanus (5), Populus (4), Prunus, Pseudotsuga, Ptelea, Pyrus, Rhamnus, Rhus (2), Ribes, Rosmarinus, Salix (4), Sambucus, Sequoia, Sorbus (2), Taxodium, Taxus (3), Thuja, Tilia (2), Tsuga, Ulmus, Viburnum.
2.º Almacenaje a la temperatura ambiente (*)	Acacia, Amorpha, Caragana, Catalpa, Celtis, Ceratonia, Crataegus, Cytisus, Eleagnus, Eucaliptus, Evonymus, Fraxinus, Gleditsia, Juniperus (1), Koelreuteria, Lonicera, Melia, Morus (1), Pinus (1), Retama, Rhus (1), Robinia, Rosa, Sorbus (1), Symphoricarpus, Tilia (1).
3.º Almacenaje húmedo y frío	Aesculus, Amigdalus, Araucaria, Carpinus, Carya, Castanea, Fagus, Juglans, Quercus, Taxus (1).
4.º Almacenaje bajo un vacío parcial	Populus (1), Salix (1).
5.º Almacenaje dentro del propio fruto	Cedrus (1), Citrus (1), Platanus (1).

(*) La mayoría de las semillas de estas especies se conservan mejor y durante más tiempo si se guardan en recipientes que cierran herméticamente y a baja temperatura.

NOTA.—Los números que vienen detrás del género indican el otro método posible de almacenaje.

4.- TRATAMIENTOS DE CONSERVACIÓN.

Los tratamientos de conservación se refieren globalmente a: la aplicación de insecticidas para prevención de ataque de plagas; la aplicación de fungicidas para prevenir la aparición de hongos de pudrición; y la aplicación de repelentes frente a la predación por parte de aves o mamíferos que actúan tanto en el almacenamiento como en el lugar de siembra.

La buena limpieza y el almacenamiento en frío pueden hacer innecesario el tratamiento con insecticidas y fungicidas. Los tratamientos preventivos en estos dos casos son preferibles por espolvoreo, ya que la pulverización con líquidos puede aumentar la humedad o trasladarse a zonas interiores de la semilla con riesgo para el embrión. La presencia de insectos en un lote de semilla requiere un tratamiento curativo para el que será preferible la fumigación (aplicación de gases letales) que hay que aplicar con gran cuidado.

Los tratamientos de la semilla con repelentes de predadores pueden ser convenientes. Se aplican productos no tóxicos que ahuyentan a los animales por acción sobre el gusto, el olfato o el tacto (irritaciones). Los productos más usuales son Ziram, Thiram, resinas, Tetramina, TNBA y Antraquinona. Se aplican y adhieren a la semilla con productos tipo látex o emulsión asfáltica.

Como procedimiento general de los tratamientos de conservación, que puede incluir otros objetivos, se aplica el revestimiento, también denominado rebozado o pelletización. Consiste en aplicar un excipiente estéril junto con uno o varios principios activos según los objetivos. Los excipientes son hidrosolubles, los principios activos pueden ser: fungicidas de protección en el almacenamiento o de protección a la plántula; insecticidas; inóculos de micorrización; productos higroscópicos; y repelentes. El objetivo del rebozado en relación con la forma y tamaño de la semilla, lo que se logra con la aplicación de excipientes puede ser variado: dar forma esférica a la semilla; aumento de tamaño; y conseguir homogeneidad en el lote, todo ello para facilitar las siembras mecanizadas.

FUMIGACIÓN DE SEMILLAS (1)				
Producto	Presión	Características del tratamiento (2)		
		Temperatura en C°	Duración en horas	Concentración g/m ³
Acido cianhídrico	Atmosférica	10-19	24	40
	Atmosférica	≥ 19	24	32
	En vacío	≥ 20	3	40
Dicloruro de etileno y tetracloruro de carbono (3 : 1)	Atmosférica	≥ 20	24	480
Bromuro de metilo (3)	Atmosférica	10-19	24	24
	Atmosférica	≥ 20	24	16
	En vacío	≥ 20	3	40
Sulfuro de carbono ...	Atmosférica	≥ 20	24	160

(1) Datos tomados del «Manual de Fumigación contra Insectos de H. A. U. MONRO, publicado por la F. A. O.
 (2) La semilla deberá estar seca, es decir, con un contenido de humedad inferior al 12%.
 (3) Con este fumigante es especialmente importante que la semilla esté bien seca y deberá evitarse la repetición de la fumigación para cualquier lote de semilla.

5.- ANÁLISIS DE SEMILLAS.

Los análisis de semillas forestales pueden ser muy variados según sus objetivos. Nos referiremos únicamente a los más usuales y en relación con los procedimientos propuestos por la International Seed Testing Association (ISTA), que tratan de regular el mercado internacional. Reuniones periódicas van modificando y ampliando las directrices.

La primera referencia respecto de la analítica de semillas forestales es que cada conjunto de análisis se debe referir a una cantidad determinada de semilla que se denomina lote. Un *lote* de semilla forestal es una cantidad menor de 5.000 Kg para semillas grandes (tamaño igual o mayor al del hayuco) o de 1.000 Kg para semillas de tamaño pequeño. Dentro de un lote de semilla no debe variar ninguna de las siguientes características: especie; variedad; zona de recolección; fecha de recogida; forma de extracción de la semilla; manipulación; método de almacenamiento; y, en su caso, tratamientos de conservación.

La forma de hacer un **muestreo** correcto sobre el lote es extraer en primer lugar la llamada muestra media de forma que sea representativa. Para ello se utiliza la sonda tipo NOBBE, que esta formada por dos cilindros concéntricos con aberturas a lo largo de una generatriz que pueden hacerse coincidir girando un cilindro sobre otro. Una vez obtenida la muestra media se homogeneiza y se parte para obtener las muestras operativas para los diferentes análisis. Según las normas ISTA, los pesos o tamaños de la muestra media depende de la especie, lo que queda reflejado en la siguiente tabla para algunas especies forestales de interés en España, junto con la muestra operativa de pureza.

SERRADA, R. 2000. *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. FUCOVASA. Madrid.

Normas sobre muestreos (ISTA, 1985)

ESPECIE	MUESTRA MEDIA (gr)	M.O. PUREZA (gr)
<i>Abies alba</i>	240	120
<i>Abies cephalonica</i>	360	180
<i>Abies concolor</i>	160	80
<i>Abies pinsapo</i>	320	160
<i>Abies balsamea</i>	40	20
<i>Acacia sp.</i>	70	35
<i>Acer negundo</i>	200	100
<i>Acer platanoides</i>	900	450
<i>Acer pseudoplatanus</i>	400	200
<i>Aesculus hippocastanum</i>	más de 500 s.	más de 500 s.
<i>Ailanthus glandulosa</i>	200	50
<i>Alnus glutinosa</i>	25	4
<i>Alnus incana</i>	15	2
<i>Betula pubescens</i>	10	1
<i>Carpinus betulus</i>	500	250
<i>Castanea sativa</i>	más de 500 s.	más de 500 s.
<i>Catalpa sp.</i>	120	60
<i>Cedrus atlantica</i>	400	200
<i>Cedrus deodara</i>	600	300
<i>Cedrus libani</i>	400	200
<i>Corylus sp.</i>	1000	500
<i>Cupressus arizonica</i>	60	30
<i>Cupressus macrocarpa</i>	40	20
<i>Cupressus sempervirens</i>	40	20
<i>Eucalyptus rostrata</i>	50	2
<i>Eucalyptus globulus</i>	60	20
<i>Fagus sylvatica</i>	1000	500
<i>Fraxinus excelsior</i>	400	200
<i>Gleditsia triacanthos</i>	800	400
<i>Juglans sp.</i>	más de 300 s.	más de 300 s.
<i>Larix decidua</i>	25	10
<i>Larix leptolepis</i>	25	10
<i>Picea abies</i>	40	20
<i>Picea pungens</i>	30	15
<i>Pinus halepensis</i>	100	50
<i>Pinus uncinata</i>	50	25
<i>Pinus nigra</i>	100	50
<i>Pinus pinaster</i>	240	120
<i>Pinus pinea</i>	1000	1000
<i>Pinus radiata</i>	160	80
<i>Pinus sylvestris</i>	40	20
<i>Platanus sp.</i>	25	6
<i>Populus sp.</i>	5	2
<i>Quercus sp.</i>	más de 500 s.	más de 500 s.
<i>Robinia pseudoacacia</i>	100	50
<i>Salix sp.</i>	5	2
<i>Taxus baccata</i>	320	160
<i>Thuja occidentalis</i>	25	4
<i>Thuja orientalis</i>	120	60
<i>Tilia cordata</i>	180	90
<i>Tilia platyphyllos</i>	500	250
<i>Ulmus sp.</i>	30	15

SERRADA, R. 2000. *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. FUCOVASA. Madrid.

La muestra operativa para análisis de germinación es de 400 semillas para semillas pequeñas y de 100 unidades en semillas grandes.

Los **tipos de análisis** sobre semillas forestales a los que nos vamos a referir son: identidad y origen; pureza; germinación; humedad; nº de semillas en unidad de peso; y estado sanitario.

Los análisis de **identidad y origen** se refieren a comprobar con seguridad el origen del lote a través de datos administrativos y que se trata de la especie indicada. La identificación de la especie se hace habitualmente de visu contrastando con colecciones patrón o con claves que discriminan por la forma, tamaño, color, brillo y densidad de las semillas. En caso de permanecer la duda de identidad hay que hacer germinar unas cuantas semillas e identificar la especie con las plántulas.

Los análisis de **pureza** tienen por objeto determinar en qué proporción respecto del peso total del lote se encuentran las semillas puras y las impurezas, así como identificar estas impurezas, sobre todo si se trata de semillas de otras especies.

El procedimiento para análisis de pureza se resume en:

- Pesar la muestra operativa, en gramos, con aproximación de centésimas.

- Se separa la muestra en tres partes: a) semillas puras, que incluye a todas las semillas normales, las pequeñas y arrugadas siempre que se puedan identificar, y los trozos de semilla de tamaño superior a la mitad; b) semillas de otras especies; c) materias inertes como pueden ser piedras, ramillas, trozos de fruto, etc.

La separación se puede hacer a mano, con espátula o pinzas, aunque para analíticas muy numerosas se emplean cribas o aventadoras.

- Se pesan los tres montones con la misma aproximación. Por impurezas se toma la suma de b y c. En caso de que la suma de a, b y c sea inferior al peso total de la muestra es que se ha perdido en la separación algo de polvo, por lo que se tomará como peso de impurezas la diferencia entre peso total y semillas puras (a).

- Se determina el coeficiente de pureza como cociente entre el peso de la semilla pura y el peso total de la muestra operativa y se expresa indistintamente en tanto por uno o en tanto por ciento.

- Se realizan dos análisis simultáneos (que denominamos A y B) y se contrastan a efectos de comprobar si su desviación está dentro de los márgenes de tolerancia utilizando el siguiente criterio:

$$T = 0,6 + [0,2 (P_m \times Q_m) / 100] ;$$

donde $P_m = (P_A + P_B) / 2$; $Q_m = (Q_A + Q_B) / 2$; redondeando los valores medios con el criterio de que medio punto o más es un punto; siendo P porcentajes de pureza y Q porcentajes de impurezas.

El análisis se considera válido si el valor absoluto de las diferencias entre P_m y P_A y P_B es inferior a T. Entonces, se expresa la pureza del lote a través del valor de P_m sin redondeo.

SERRADA, R. 2000. *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. FUCOVASA. Madrid.

Los análisis de **germinación**, realizados sobre una muestra operativa con un número de semillas ya indicado, tienen por objeto comprobar la proporción de semillas puras dentro del lote con capacidad de germinar en un tiempo determinado. Los ensayos de germinación se realizan habitualmente en germinadoras tipo JACOBSEN o en cámaras de germinación, que son equipos que permiten mantener a las semillas a temperatura controlada y en atmósfera saturada de vapor de agua.

Según las normas ISTA, lo habitual en este sentido es determinar la llamada potencia germinativa del lote, que es la proporción expresada en tanto por ciento de semillas que dan lugar a un germen normal respecto del total de semillas de la muestra operativa en un plazo de tiempo determinado para cada especie. El tiempo de germinación y otros datos relativos al proceso se insertan en tabla aparte.

Para el análisis de potencia germinativa se realizan cuatro pruebas simultáneas para cada lote, con 100 unidades por análisis para semillas pequeñas y 25 unidades por análisis para semillas grandes.

Están normalizadas por especie las condiciones de humedad, luminosidad, temperatura, tipo de sustrato y desinfección para los ensayos de germinación.

En análisis poco numerosos el conteo de semillas se hace a mano, pero se puede facilitar con placas contadoras provistas de un número conocido de huecos de tamaño apropiado para cada especie o de equipos basados en la aspiración.

Para el control de los experimentos se disponen estadillos en los que se anota el día de conteo (normalmente cada dos días), las semillas que han germinado y son, por tanto, retiradas en ese día, y el conteo acumulativo. Con esta información, bien para ensayos individuales o para valores medios, se pueden construir gráficas distributivas y acumulativas del proceso de germinación en función del tiempo.

A efectos de considerar que se ha producido un germen normal, y que por tanto puede ser retirado en la comprobación periódica, se tendrán en cuenta los siguientes criterios: a) los que presentan radícula, hipocotilo y epicotilo normales; b) en semillas epigeas, cuando la radícula es igual a cuatro veces la longitud de la semilla; c) cuando se aprecia el hipocotilo bien formado; d) cuando se aprecia la plúmula o epicotilo bien formado.

La potencia germinativa se da como media aritmética de los cuatro valores obtenidos y los criterios de tolerancia o admisibilidad del ensayo se basan en comprobar diferencias entre valores extremos en relación con el valor medio. Un criterio sencillo en este sentido es el siguiente: análisis válido cuando la diferencia entre extremos es menor de 4% para potencia media de 97% o más; menor de 5% para medias de 95% o 96%; menor de 6% para potencias medias de 90% a 94%; menor de 7% desde 80% a 89%; menor de 8% desde 70% a 79%; menor de 9% desde 60% a 69%; y menor de 10% para potencias medias menores de 60%.

SERRADA, R. 2000. *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. FUCOVASA. Madrid.

Normas ISTA sobre ensayos de germinación (ISTA, 1985)

Sustratos: S = bajo arena o tierra; TP = sobre papel; JA = Jacobsen; TS = sobre arena.

1 = días para primer conteo; U = días para último conteo

ESPECIE	Sustrato	T (°C)	1	U	Tratamiento
<i>Abies sp.</i>	TP, JA	20-30	7	28	enfriar 21 días a 3 ó 5 días
<i>Acacia sp.</i>	TP, JA	20-30	7	21	agujerear o raspar la testa y macerar 3 h; o tratar con ácido H ₂ SO ₄
<i>Acer sp.</i>	TP, JA, S	20	7	21	enfriar 2 meses a 1-5 °C
<i>Aesculus sp.</i>	S, TS	20-30; 20	7	21	macerar 2 días, cortar 1/3 de la semilla
<i>Alnus sp.</i>	TP, JA	20-30	7	21	
<i>Ailanthus sp.</i>	TP, JA	20-30	7	21	quitar pericarpo
<i>Betula sp.</i>	TP, JA	20-30	7	21	
<i>Carpinus betulus</i>	S	20	14	42	enfriar 2 sem., a 3-5 °C
<i>Castanea sativa</i>	S, TS	20-30	7	21	enfriar 2 meses, a 3-5 °C y quitar pericarpo
<i>Catalpa sp.</i>	TP, JA	20-30	7	21	
<i>Cedrus sp.</i>	TP, JA	20; 20-30	7	21	
<i>Corylus sp.</i>	S	20; 20-30	14	35	
<i>Cupressus arizonica</i>	TP, JA	20-30	7	35	
<i>Cupressus macrocarpa</i>	TP, JA	20-30	14	35	
<i>Cupressus sempervirens</i>	TP, JA	20	7	28	
<i>Eucalyptus sp.</i>	TP, JA	20-30	7	21	
<i>Eucalyptus globulus</i>	TP, JA	20-30	7	21	
<i>Fagus sylvatica</i>	TP, JA	3-5	35	98	en TP y JA sin testa
<i>Fraxinus sp.</i>	TP	20-30	14	56	tratar las semillas 2 meses a 20°C seguido de 7 meses a 3-5°C
<i>Larix sp.</i>	TP, JA	20-30	7	21	
<i>Picea sp.</i>	TP, JA	20-30	7	21	
<i>Pinus halepensis</i>	TP, JA	20	7	28	
<i>Pinus uncinata</i>	TP, JA	20-30	7	21	
<i>Pinus nigra</i>	TP, JA	20-30	7	21	
<i>Pinus pinaster</i>	TP, JA	20	7	35	
<i>Pinus pinea</i>	TP	20	7	28	macerar 1 día antes de realizar el test
<i>Pinus radiata</i>	TP, JA	20	7	28	
<i>Pinus sylvestris</i>	TP, JA	20-30; 20	7	21	
<i>Platanus sp.</i>	TP, JA	20-30	7	21	
<i>Populus sp.</i>	TP, JA	20-30	3	10	
<i>Quercus sp.</i>	TS, (S)	20	7	28	macerar 2 días, cortar 1/3, quitar testa
<i>Salix sp.</i>	TP, JA	20-30	7	14	
<i>Ulmus sp.</i>	TP, JA	20-30; 20	7	14	quitar pericarpo

SERRADA, R. 2000. *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. FUCOVASA. Madrid.

Existen **otros procedimientos para ensayos de germinación**, que no se van a detallar pero si a enumerar:

- ensayos por flotación o densimetría con líquidos patrón;
- ensayos al corte con observación visual de embrión;
- métodos por radiología que permiten visualizar el embrión;
- ensayos colorimétricos basados en la tinción que se produce sobre el embrión si está vivo (capacidad de absorción de oxígeno) o si está muerto;
- analítica de incremento de CO₂ producido por la respiración del lote de semillas en atmósfera confinada;
- medición de la conductividad adquirida por el agua destilada en la que se sumerge una muestra de semillas a analizar.

Estos métodos pueden ser más rápidos que la inducción de la germinación, pero también más inexactos o costosos. Entre los ensayos colorimétricos la ISTA ha normalizado el ensayo denominado al **tretrazolio**, que consiste en mantener las semillas 20 horas en agua, proceder a su corte, sumergir en solución acuosa al 1% de cloruro o bromuro de 2-3-5 trifenil tetrazolio con pH entre 6,5 y 7 durante 24 horas a 30°C y en oscuridad. Tras el lavado, se consideran viables los embriones teñidos.

La determinación analítica de la **humedad** tiene por objetivo comprobar las posibilidades de almacenamiento sin riesgo de pudriciones o fermentaciones. Se trata de desecar una muestra y obtener la proporción de agua que contiene expresada en tanto por ciento de peso, obtenida por diferencia de pesadas.

La desecación en condiciones normales se realiza sometiendo la muestra, triturada o no, a 130°C en estufa, por duplicado, durante una hora. En semillas con sustancias volátiles se reduce la temperatura a 105°C. En semillas con sustancias que puedan ser transformadas por el calor, se realiza la desecación mediante destilación con tolueno.

La analítica referente a la determinación del **número de semillas por unidad de peso** se realiza pesando cuatro lotes de cien semillas cada uno, obteniendo la media aritmética y dando por válido el análisis si la diferencia entre extremos de pesadas es menor que el 6% de la media para lotes de más de 25 gr por millar de semillas y del 10% de la media para el resto. Obtenido de esta forma el peso de mil semillas expresado en gramos, al que denominaremos P₁₀₀₀, se deduce el número de semillas contenidas en un kilogramo, al que denominaremos N₁₀₀₀, mediante la expresión:

$$N_{1000} = 10^6 / P_{1000}$$

Los análisis de tipo **sanitario** se reducen prácticamente a realizar un cultivo de hongos con una muestra adecuada de semillas para comprobar si la testa de las mismas contiene algún patógeno para la semilla o para la plántula. En caso positivo procede la desinfección correspondiente. En la actualidad ha adquirido mucha importancia la detección del hongo parásito *Fusarium circinatum*.

Con los valores obtenidos en la analítica descrita se puede calcular un índice de calidad comercial de los lotes de semilla denominado **valor real** del lote, que tiene por fórmula:

$$VR = (P \times G) / 100;$$

donde P es la pureza y G es la potencia germinativa, expresadas ambas en %.

SERRADA, R. 2000. *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. FUCOVASA. Madrid.

Otra combinación de valores analíticos permite calcular el **número de plantas** que se pueden obtener de un determinado peso de semilla o bien el **peso de semilla** necesario para obtener un número de plantas determinado. Utilizaremos las siguientes expresiones:

$$N = P \times p \times g \times N_{1000} \times k_i$$

$$P = N / [p \times g \times N_{1000} \times k_i] ; \text{ donde}$$

N = nº de plantas obtenidas o a obtener

P = peso de la semilla en Kg

p = pureza del lote expresada en tanto por uno

g = potencia germinativa del lote expresada en tanto por uno

N_{1000} = nº de semillas contenidas en un Kg

k_i = coeficiente menor que la unidad, denominado coeficiente cultural, que expresa las pérdidas de plántulas en un cultivo hasta la edad i . Para siembras a raíz desnuda en vivero toma valores del orden de 0,6, aunque hay que determinarlo experimentalmente en cada caso.

6.- TRATAMIENTOS DE GERMINACIÓN DE LAS SEMILLAS FORESTALES.

El carácter durmiente o ausencia de germinación de las semillas en un momento dado puede expresarse de dos formas. Una es la dormición impuesta, en la que las semillas no germinan porque las condiciones ambientales no son favorables para ello. Se emplea para designar este fenómeno el término quiescencia. La otra forma es intrínseca a la propia semilla, se trata de una dormición orgánica o innata, debido a la cual la semilla no germina aún puesta en condiciones ambientales tenidas por adecuadas para una germinación óptima. A esta circunstancia nos referiremos cuando se afirme que una semilla es durmiente o tiene letargo.

Un mecanismo de persistencia de algunas especies vegetales es el carácter durmiente de sus semillas, se trata de una adaptación según la cual las semillas pueden retener su viabilidad durante prolongados períodos de tiempo, incluso si las condiciones de temperatura y humedad son favorables de forma que no todas las semillas germinan al mismo tiempo, evitando el riesgo de que, por ejemplo, una sequía posterior acabe con todas las plántulas haciendo peligrar la permanencia de la especie en la zona. De este modo, de forma natural, las especies de estas características, poseen una despensa o banco permanente de semillas en el suelo que tiende a garantizar su persistencia en condiciones variables.

Se consideran tres tipos de dormición o letargo innato: exógeno, endógeno y mixto.

En el letargo exógeno las causas pueden ser físicas, mecánicas y químicas. El letargo físico es debido a la impermeabilidad de las cubiertas al agua y a los gases, frecuente en las leguminosas. El letargo mecánico es debido a la resistencia de las cubiertas al crecimiento del embrión, caso menos frecuente citándose como ejemplo a *Eleagnus angustifolia*. El letargo químico se debe a la existencia de sustancias inhibitoras en el pericarpio y se ha observado más frecuentemente en especies tropicales y subtropicales.

En el letargo endógeno las causas pueden ser fisiológicas (mecanismos de inhibición fisiológica de la germinación), morfológicas (inmadurez del embrión) y morfofisiológicas. También puede darse la existencia de dormiciones endógena y exógena simultáneamente (letargo mixto). El letargo morfológico se cita en especies de las familias Palmáceas, Araliáceas, Magnoliáceas y Ranunculáceas. El letargo fisiológico es el más complejo y está frecuentemente asociado a algún tipo de dormición exógena e incluso morfológica. Puede tener varios grados de intensidad y afecta a muchas especies que habitan en zonas templadas.

En muchas especies, las semillas no germinan tras la diseminación, pero lo hacen bajo condiciones naturales transcurrido un tiempo de sobremaduración, que suele tener lugar en condiciones de sequedad. En contraste con las semillas que requieren de sobremaduración, hay otras que hubieran germinado recién diseminadas si se hubieran encontrado bajo condiciones favorables, pero que no sometidas a ellas en el momento adecuado, han perdido, aparentemente, su capacidad de germinación. Este fenómeno se conoce como dormición secundaria. Algunas especies de los géneros *Taxus* y *Fraxinus* se incluyen en este grupo.

En el manejo de semillas para la producción de planta en vivero o para la repoblación forestal por siembra directa interesa que la germinación del lote empleado, independientemente de su potencia germinativa se produzca de la forma más simultánea posible, por lo que es necesario aplicar tratamientos que estimulen la germinación o que traten de superar el letargo o dormición. Los tipos de tratamiento son variables según las causas descritas.

El letargo exógeno físico se supera mediante:

- Tratamiento con **ácidos**.- Consiste en escarificar las cubiertas mediante ataque con ácido, normalmente sulfúrico, de concentración comercial, haciendo variar el tiempo de exposición entre 15 y 60 minutos y la temperatura entre 15 y 25 °C. Requiere un manejo cuidadoso y ensayos parciales previos para encontrar la concentración, el tiempo y la temperatura adecuados a cada lote, pues un exceso de ataque puede destruir la semilla y un defecto hacer inútil el tratamiento. Posteriormente se lavan las semillas con agua abundante. Es un tratamiento habitual para leguminosas.

- Tratamiento por inmersión en **agua caliente** o escaldado.- Consiste en sumergir la semilla en agua a temperatura entre 75 y 100 °C, dejando enfriar durante 12 horas. Ensayos parciales previos determinan la temperatura más adecuada.

- Tratamiento por inmersión en **agua fría** o macerado.- Se sumergen las semillas en agua a temperatura ambiente entre 24 y 48 horas.

- Tratamiento por **escarificación mecánica**.- Se procede al lijado con abrasivos, en máquinas adecuadas, variando la dureza del abrasivo y el tiempo.

SERRADA, R. 2000. *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. FUCOVASA. Madrid.

El letargo exógeno mecánico se trata mediante la **extracción del embrión**, procediendo mediante la destrucción de las cubiertas. Es una operación muy lenta pues se debe actuar semilla a semilla.

El letargo exógeno químico se supera mediante:

- Tratamiento por **estratificación en frío y húmedo**.- Consiste en mezclar la semilla con un material inerte (arena o turba) humedecido y conservarla en frigorífico a temperaturas de alrededor de 4 °C, durante un tiempo que suele oscilar entre 60 y 90 días. Cada especie responde a unos determinados valores de temperatura y tiempo.

- Tratamiento por **estratificación en caliente-frío**.- Es un procedimiento similar al anterior con la variante de hacer una conservación de 1 a 3 meses con temperatura de 30 °C por el día y de 20 °C por la noche, para pasar a continuación durante 1 a 3 meses a temperatura constante de 2 a 4 °C.

- Tratamiento por inmersión en **agua fría**.- Similar al descrito anteriormente, el simple lavado puede hacer desaparecer las sustancias inhibitoras.

Para los letargos endógenos, especialmente los morfológicos, son eficaces las estratificaciones descritas. En casos complejos de letargo endógeno fisiológico se aplican tratamientos **hormonales**, con giberelinas o citoquininas.

En cualquier caso, se pueden combinar dos o más de los tratamientos descritos según la complejidad de caso.

Es condición común a todos los tratamientos que se apliquen proceder a la siembra inmediata tras el mismo, pues en otro caso se puede inducir una dormición secundaria.

7.- SIEMBRA.

La siembra de un lote de semilla forestal, tras el almacenamiento o en su caso el tratamiento de germinación, se puede realizar en: semillero; vivero (directamente en las eras o en envases); o en campo directamente.

En función del lugar de siembra y de la cantidad de semilla a emplear, se procede a la siembra manual o a la siembra mecanizada (sembradoras mecánicas o neumáticas).

La **época** de siembra más frecuente será la primavera, sobre todo cuando sea de prever una predación animal sobre la semilla. La siembra de otoño puede ser el equivalente a una estratificación en frío.

La **cantidad** de semilla a emplear en la siembra se determina con las fórmulas incluidas en el apartado 5, siendo orientadoras las cifras contenidas en el siguiente cuadro, tomado de Catalán (1985):

CANTIDADES MAXIMAS DE SEMILLAS A EMPLEAR DE LAS ESPECIES QUE SE CITAN

Especies	Siembras en vivero	Siembras directas
	Kg. por área	Kg. o Hl. por Ha.
Abies pectinata	2,0	—
Larix europea		10-20
Picea excelsa		8,00
Pinus halepensis	3,5	
Pinus insignis	4,0	
Pinus laricio	3,0	8-10
Pinus pinaster	4,0	10-12
Pinus pinea	7,0	20-40
Pinus sylvestris	2,5	
Pinus uncinata	2,0	
Acacia	3,0	
Acer		30,00
Alnus glutinosa	3,0	20,00
Betula verrucosa	0,4	20,00
Eucalyptus globulus		0,25
Fagus sylvatica	20,0	8,00 (Hl.)
Fraxinus		50,00
Quercus ilex y suber	30,0	10,00 (Hl.)
Quercus robur	30,0	12,00 (Hl.)
Ulmus	1,5	40,00

SERRADA, R. 2000. *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. FUCOVASA. Madrid.

La **profundidad de la siembra**, o lo que es lo mismo, el tapado de la semilla, es una cuestión importante. Si es demasiado somera, se produce un arraigo defectuoso, con posibilidad de desecación de la plántula y mayor riesgo de predación. Si es demasiado profunda, se puede producir un agotamiento de las sustancias de reserva en la emergencia o imposibilitarse ésta por resistencia mecánica. La regla general en este sentido consiste en enterrar la semilla de 1,5 a 2 veces el diámetro máximo de la semilla que se esté empleando o bien 5 veces el diámetro mínimo.

Finalmente, es conveniente conocer en cada caso el **tiempo que tardan en germinar** las semillas. Este tiempo varía con la especie y la época de siembra. Información sobre este extremo figura en el siguiente cuadro, tomado de Catalán (1985):

SERRADA, R. 2000. *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. FUCOVASA. Madrid.

8.- BIBLIOGRAFÍA

CATALAN, G. 1977. *Semillas de árboles y arbustos forestales*. Monografía nº 17. ICONA. Madrid.

CATALAN, G. 1993. Importancia de la semilla en la repoblación forestal en terrenos agrícolas. in *Revista MONTES*. nº 33, monográfico sobre aplicación y desarrollo del RD 378/93. Asociaciones y Colegios de Ingenieros de Montes e Ingenieros Técnicos Forestales. Madrid.

GIL, L. 1991. La calidad de las semillas. in *Jornadas sobre situación actual y Técnicas modernas para la producción de plantas forestales*. 7 y 8 de marzo de 1991. Asociación de Ingenieros de Montes y Departamento de Silvopascicultura de la UPM. Madrid.

ISTA. 1985. *Seed Science and Technology. International Rules for Seed Testing*. Volume 13, Number 2 1985. International Seed Testing Association. Zürich.

ISTA. 1990. *Amendments to the International Rules for Seed Testing 1985*. International Seed Testing Association. Zürich.

MARTIN DOMINGUEZ, F. 1992. *Estudio sobre la germinación de diversas especies forestales de regiones áridas y semiáridas. Técnicas para romper la durmancia*. Trabajo de Fin de Carrera. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Madrid.

NAVARRO, R.; PEMÁN, J. 1997. *Apuntes de Producción de Planta Forestal*. 267 pp. Universidad de Córdoba. Córdoba.

PARDOS, J.A.; GIL, L. 1986. *Los huertos semilleros*. Monografías nº 44. ICONA. Madrid.