



ANQUE

7

8

9

10

11

12

13

14

INDUSTRIA ARGENTINA

Semillas

René Escobar R.

INTRODUCCIÓN

En el presente documento se analizan, de manera sucinta, algunos aspectos generales relacionados con la fructificación de las especies forestales y establecimiento de áreas productoras de semillas; los factores ambientales, que regulan el proceso de germinación de éstas, y sobre los que puede intervenir y manejar el viverista; los principales atributos físicos y fisiológicos que las califican; las relaciones entre los diferentes atributos, y como interpretarlos, para prescribir los tratamientos previos a la siembra que se les deben realizar y, por último, algunos de los factores que interactúan en el comportamiento de las semillas en el proceso de siembra.

ASPECTOS GENERALES

Periodicidad de fructificación

Las especies forestales cuando crecen en forma natural o en bosques artificialmente establecidos, se caracterizan por tener una fructificación marcadamente periódica. Especies como coihue (*Nothofagus dombeyi*), raulí (*N. nervosa*), roble pellín (*N. obliqua*), lenga (*N. pumilio*) y ñire (*N. antártica*) fructifican cada tres años (Escobar, 1990); alerce (*Fitzroya cupressoides*), cada ocho años; entre las exóticas, creciendo en plantaciones, se han determinado fructificaciones cada dos años para pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*) y cada tres años en pino ponderosa (*Pinus ponderosa*). Generalmente, se aprovechan los años de abundante fructificación para proveerse de material para los años en que ésta es baja o nula.

Un año de abundante fructificación no necesariamente significa un año de producción de semillas de buena calidad lo que es especialmente preocupante cuando la periodicidad es mayor a tres años. Normalmente en estos casos, los propagadores recurren al aprovisionamiento en huertos semilleros o a la propagación vegetativa como método de reproducción de plantas.

Una manera de paliar la situación anterior es establecer áreas productoras de semillas o establecer huertos semilleros en donde la fructificación es más regular. También, desarrollar protocolos de almacenaje prolongado, para las diferentes especies de interés, los que pueden utilizar refrigeración, frigorización o criopreservación. Ellos requieren de cámaras y equipos especiales pero permiten asegurar disponibilidad de materia prima para propagar cuando la naturaleza no la proporciona.

Áreas productoras de semillas

En bosques naturales o en plantaciones se pueden establecer áreas productoras de semillas. Para ello se deben construir fajas de protección y tanto en la faja como en el área de recolección se deben eliminar los árboles no deseados y liberar la copa de los árboles remanentes o semilleros (Figura 1).

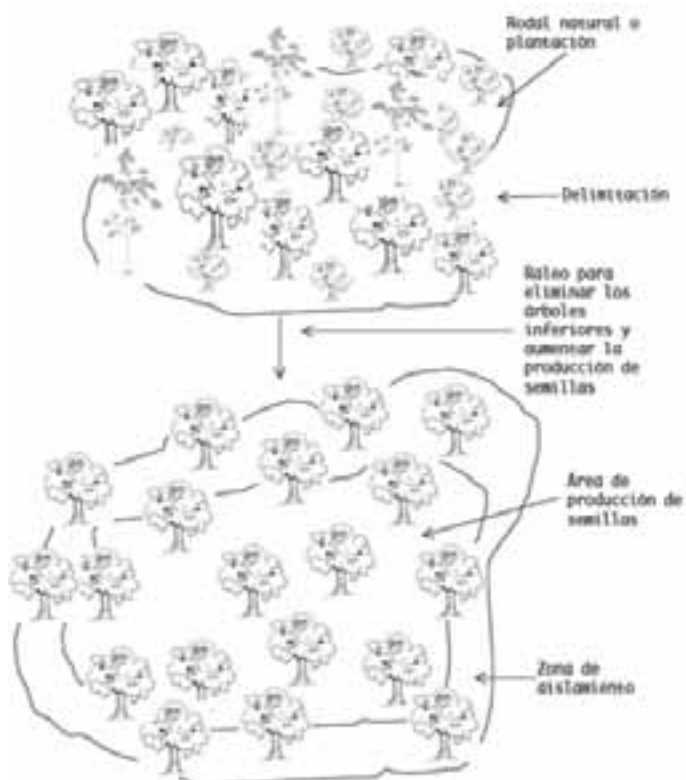


Figura 1. Representación gráfica del establecimiento de un área de semillas.

En las áreas productoras de semillas no siempre todos los árboles fructificarán en una temporada; algunos tendrán fructificaciones muy bajas o simplemente no la tendrán. Ello es importante de tener presente cuando se planifica la faena de cosecha de frutos ya que no todos los árboles requieren ser escalados. Por otra parte, los árboles que presentan fructificación, normalmente no la producen en toda la copa. Esto es fácil de detectar cuando se trata de cosechar árboles cuyos frutos o conos son de un tamaño tal que fácilmente se pueden visualizar. El problema se produce cuando hay que trabajar con árboles de gran altura y cuyos frutos son tan pequeños que, a simple vista, no se pueden ver desde el suelo como, por ejemplo, algunos *Nothofagus*. En estos casos una forma práctica de determinar qué árboles presentan abundante fructificación o en qué parte del árbol existe gran cantidad de frutos, es observando el tamaño de su follaje. En árboles de hojas anchas siempre, en aquellas partes de la copa con abundante fructificación, el tamaño de las hojas es más reducido que el de las ramas o árboles con poca o sin producción de frutos.

En cada área edafo climática debería existir una zona de recolección de semillas, sobre todo de especies nativas. Estos lugares deben estar, idealmente, ubicados en los mejores rodales y en el centro del área a abastecer con material proveniente de las semillas cosechadas en ella.

Germinación de semillas

El proceso de germinación se entiende como la reanudación del crecimiento activo en el embrión de una semilla que se manifiesta con la aparición de la radícula. Según lo establecido por la *International Seed Testing Association* (ISTA), en ensayos de semillas, es la reanudación del crecimiento activo en un embrión que surge de la semilla y adquiere las estructuras esenciales para el desarrollo normal de la planta. El proceso de germinación está regulado, principalmente, por tres factores ambientales: disponibilidad de agua, de oxígeno y temperatura del sustrato.

Disponibilidad de agua

Las semillas normalmente se siembran con un contenido de agua interno cercano al 30%. Por otra parte, es importante el contenido de agua con el cual se debe manejar

el sustrato o medio de crecimiento durante el proceso de germinación. Al respecto, se estima que una humedad cercana al punto de capacidad de contenedor, en la zona de semillas, es un contenido de humedad adecuado durante dicho proceso. Valores menores o mayores lo afectarán negativamente.

Disponibilidad de oxígeno

El proceso de germinación en la mayoría de las especies ocurre cuando el contenido de oxígeno, en la cama de semillas, oscila entre un 20 y 30%. Valores menores provocados por problemas de porosidad del sustrato o excesos de humedad, afectan negativamente al proceso de germinación. Se debe evitar sembrar en sustratos con granulometrías muy pequeñas o que tengan una alta capacidad de retención de agua, ya que en ambos casos, la porosidad de aireación se afectará negativamente.

Temperatura

De los tres factores ambientales que regulan el proceso, probablemente, este es el de mayor importancia para el viverista. Las semillas de todas las especies tienen un rango de temperatura en el cual se produce el proceso de germinación; valores de temperatura por sobre o bajo el rango, inhiben el proceso. Las diferentes especies tienen distintos rangos de temperaturas en el cual ocurre el proceso (Figuroa 1999, Fuentes 2001, Ramírez 1993, Saavedra 1999, Salazar 1998, Stevens 1996) (Figura 2).

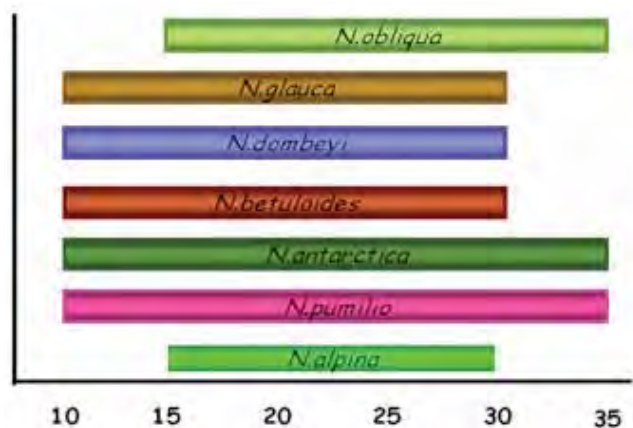


Figura 2. Rango de temperatura de germinación, en grados centígrados, de diferentes especies del género *Nothofagus*.

La temperatura, como todo factor ambiental que afecta a un proceso fisiológico, tiene un valor de máxima eficiencia: la temperatura óptima de germinación. Se entiende como tal, a aquel valor en el cual, en un ensayo de germinación, se obtienen los valores más altos de capacidad y energía germinativa de las semillas (Figura 3).

Cuando a las semillas pre tratadas se las pone a germinar a la temperatura óptima de germinación, en un ensayo de germinación, se comportan como semillas sin dormancia; cuando la temperatura está por debajo de la óptima, se comportan como un lote que aún tiene semillas duras o con dormancia, en el que el periodo de germinación se prolonga y es heterogéneo; cuando las temperaturas están por sobre el óptimo, las semillas se comportan como semillas fuertemente latentes (Figura 4).

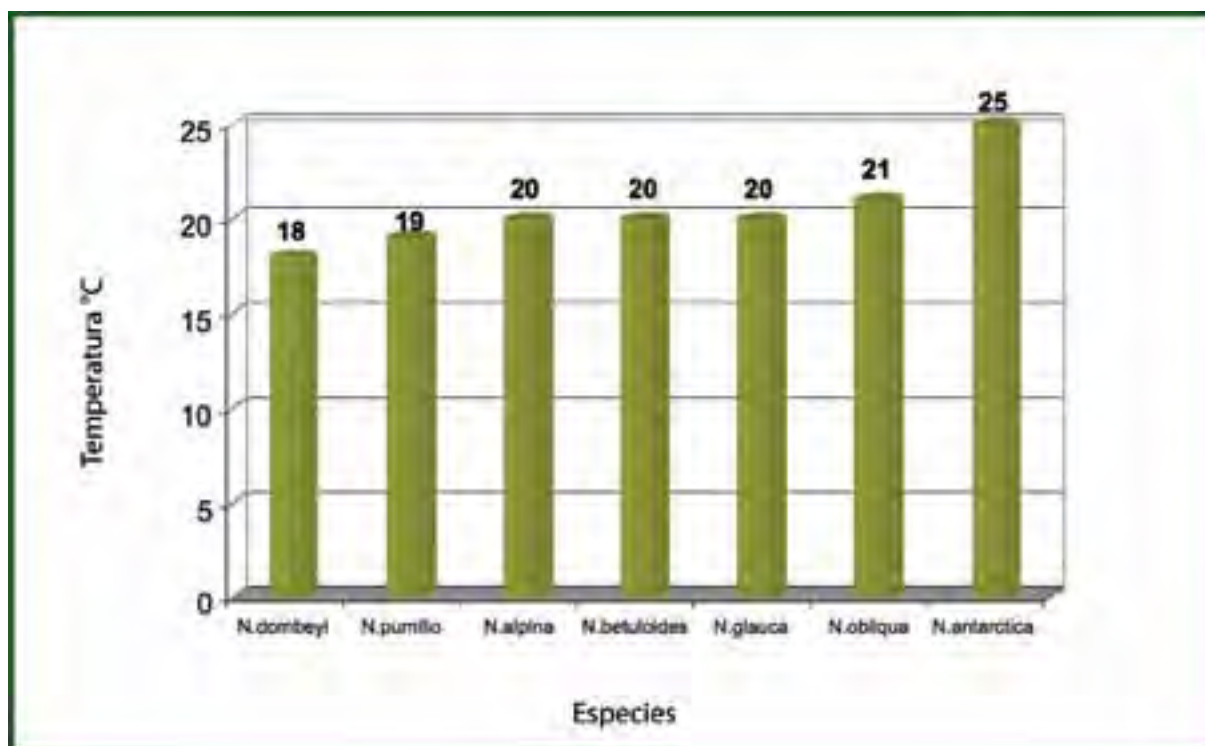


Figura 3. Temperatura óptima de germinación de diferentes especies del género Nothofagus.

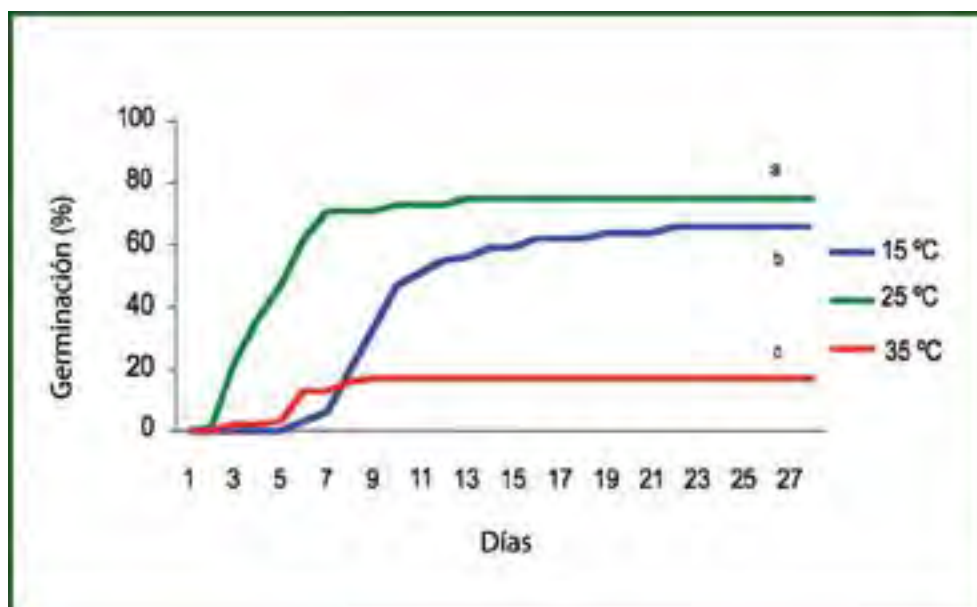


Figura 4. Comportamiento del proceso de germinación de semillas de ñire (Nothofagus antarctica) a temperatura óptima (a); por debajo de la temperatura óptima (b) y sobre la temperatura óptima (c) (Stevens, 1996).

Cuando, en un proceso de siembra, la semilla se pone a germinar a la temperatura óptima, aplicada en forma constante, el inicio de la germinación ocurre, normalmente, en las primeras 72 horas después de realizada la siembra; y en la mayoría de los casos más del 80% de la germinación esperada ocurre durante las primeras 48 horas. Las ventajas de una germinación y emergencia uniforme en el vivero, se traducen en menores problemas de manejo de las plantas en las etapas posteriores. Hoy es normal que en el equipamiento de un vivero, que produce plantas en envases o en cultivo mixto, se considere la habilitación de una sala de temperatura controlada para la germinación rápida de semillas. Estas salas, normalmente, son más eficientes y baratas de operar que un invernadero o invernáculo cubierto con plástico, para realizar y manejar el proceso.

En producción de plantas a raíz desnuda o en contenedores sin manejo o control del ambiente, normalmente, el viverista apuesta por sembrar cuando las temperaturas del suelo o sustrato se encuentran en el rango de germinación de la especie a cultivar. Si se utiliza el manejo del rango de temperatura de germinación como criterio para definir cuando sembrar, el proceso de germinación es más lento y heterogéneo que el de temperatura óptima, lo que se traduce en plantas de diferentes tamaños. En estos casos, si la producción es a raíz cubierta, se sugiere utilizar contenedores individuales y no en bloques compactos, de manera tal que, posteriormente, se facilite el proceso de selección o reorganización por tamaño de las plantas.

CALIDAD DE SEMILLAS

Conocer la calidad de las semillas, antes de sembrar, es determinante para precisar la cantidad de semillas a utilizar, los rendimientos potenciales, sus requerimientos de pre tratamientos, necesidades de purificación y la profundidad de siembra, entre otros aspectos.

La calidad de las semillas se evalúa a través del análisis de varios factores o variables de distinta índole; en general, se las puede clasificar en dos grandes grupos: atributos físicos y atributos fisiológicos.

Atributos físicos

Están relacionados, como su nombre lo indica, con aspectos físicos o visibles de la semilla.

Pureza

Es una variable que expresa en porcentaje, con dos decimales, la proporción de semillas puras que constituyen la muestra analizada por un laboratorio de semillas. Mientras más alto sea el valor de pureza o más cercano al 100%, mayor será la calidad. Desde el punto de vista del propagador de plantas, la variable tiene importancia en el valor comercial de las semillas y en la manipulación requerida para realizar la siembra, actividad que, en el cultivo a raíz cubierta, demanda el empleo de semillas lo más cercanas al 100% de pureza. Si el análisis de semillas indica valores iguales o inferiores al 95% de pureza, el viverista tendrá que elevar este valor previo a la siembra para lo cual deberá invertir en tiempo y costos de limpieza de las mismas.

Tamaño

Semillas provenientes de una misma procedencia geográfica, de un mismo rodal semillero o huerto semillero, del mismo árbol madre, del mismo fruto, tienen diferentes tamaños, diámetros o calibres (Tabla 1). Las semillas, de una misma procedencia, de mayor calibre germinan más rápido y originan plantas de mayor tamaño que las semillas medianas o más pequeñas. En huertos semilleros, el tamaño de las semillas está asociado a familias y clones; en coníferas, los conos más grandes producen más semillas y de mayor calibre (Escobar y Medina 1980; Pinto 1999). Generalmente, las semillas más pequeñas poseen mayor dormancia o latencia y menor viabilidad que las semillas más grandes y medianas (Hoces 1988, Pinto 1999). Un mismo árbol, en años de abundante producción de semillas, presenta frutos y semillas más pequeñas que en años de baja producción (Escobar y Medina 1980). Las semillas, previo a realizarles un análisis de germinación, un pre tratamiento o la siembra, deben ser separadas por calibres (Derpsch 2001). La cantidad de semillas por unidad de peso, es inversamente proporcional al tamaño y a su viabilidad (Tabla 1). En pino oregón, como en muchas otras especies, las semillas de tamaño intermedio poseen la mayor viabilidad (Hoces, 1988).

Tabla 1. Peso de 1000 unidades, número por kilo (NGL/kg), y viabilidad de semillas de ñire (*Nothofagus antarctica*) y guindo (*Nothofagus betuloides*) según su calibre (Stevens 1996).

Especie	Rango (mm)	Participación (%)	Peso 1000 Semillas (g)	NGL/ Kg	Viabilidad (%)
<i>N.antarctica</i>	> 2,3	39	1,87	533.333	55
	2,3 - 2	57	1,65	606.060	45
	< 2	4	1,15	869.565	26
Media			1,55	641.724	42
<i>N.betuloides</i>	> 2,3	20	1,8	555.555	7
	2,3 - 2	53	1,6	625.000	5
	< 2	27	0,95	1.052.631	4
Media			1.45	689.655	5.3

Peso

El peso de las semillas está determinado por el espesor de la cutícula seminal o testa, presencia y tamaño del endosperma, contenido de agua o humedad interna y tamaño o calibre (Escobar y Medina 1980) (Tabla 1).

Número de semillas por kilogramo

Para una misma especie, las semillas de igual calibre tendrán mayor viabilidad mientras más chico sea su número por unidad de peso. Por otra parte, también para una misma especie, se observa que en las semillas con igual viabilidad pero con diferente cantidad de semillas por kilogramo, las menos numerosas tienen mayor tamaño. El tamaño, probablemente, es la variable física de mayor importancia para el viverista por cuanto, a iguales condiciones de cultivo, mientras más grandes sean las semillas de una especie, más rápida será la germinación, la emergencia y mayor la biomasa de las plantas que se produzcan (Escobar y Peña 1985, Urrutia 1992).

En especies patagónicas de rápido crecimiento, como por ejemplo lenga o coihue, las diferencias en la emergencia, originadas por el tamaño de las semillas, producen distintos valores de biomasa en las plantas que no se igualan jamás, en el periodo de viverización, en iguales condiciones de manejo. Los viveristas más avezados, previo a la siembra, calibran las semillas y las depositan a diferentes profundidades para igualar el momento de la emergencia de plántulas y, de esa manera, no tener que efectuar manejos diferenciados de riego y fertilización para igualar los atributos de las plantas.

Peso de 1000 semillas

El peso de 1000 semillas es una variable establecida por las normas internacionales para el ensayo de semillas (ISTA) y sirve para tener una idea del tamaño y viabilidad de éstas en una especie determinada; mientras menor sea el peso de una semilla, más pequeño será su tamaño o más baja su viabilidad. Es una variable poco usada por los viveristas en el proceso de siembra quienes, normalmente, utilizan la cantidad de semillas limpias por kg para sus cálculos de cantidad a comprar y sembrar. Esta variable es importante para comercializar semillas con el hemisferio norte, principalmente en el mercado norteamericano.

Contenido de humedad

El contenido de humedad es importante en dos fases del manejo de semillas: durante el almacenaje y durante la fase de siembra emergencia. Durante el almacenaje el contenido de humedad se mantiene bajo, y a mayor tiempo de guarda más reducido deberá ser aquel. Durante esta fase la idea es reducir al mínimo el proceso de respiración de las semillas. En general, mientras más pequeña sea la semilla y mayor el periodo de almacenaje, menor debe ser su contenido de humedad interno. Al respecto, se ha logrado mantener semillas de raulí y roble pellín por más de 10 años, sin afectar sus valores iniciales de viabilidad, capacidad y energía germinativa cuando se han almacenado con humedades entre 5 y 7%, a temperaturas de 3 °C; lo mismo se ha logrado con semillas de pino oregón y *Eucalyptus* sp., en cuyo caso

se ha trabajado con humedades del 3%, por ser semillas muy pequeñas. Las semillas de gran tamaño como araucaria o pehuén (*Araucaria araucana*) y avellano (*Gevuina avellana*), se deben almacenar con humedades cercanas al 30% y por lo mismo, el almacenaje no durará más allá de unos pocos meses.

Atributos fisiológicos

Los atributos fisiológicos de las semillas se determinan, normalmente, en laboratorios especializados. Los valores de los diferentes atributos se utilizan para adquirir semillas y para precisar la necesidad, o no, de realizarle tratamientos previos a la siembra.

Viabilidad

Es la variable que, en un lote de semillas, indica el porcentaje que, eventualmente, puede germinar o dar origen a plantas. Se determina a través de diferentes métodos que van desde los más simples a los más sofisticados.

Test de flotación

La gran mayoría de los viveristas, antes de sembrar, someten a las semillas a un test de flotación. Para ello, utilizan agua común a temperatura normal y dependiendo de la especie, la sumergen por diferentes periodos de tiempo; si utilizan temperaturas de agua por sobre la normal, el periodo de inmersión disminuye. Transcurrido el periodo de tiempo establecido para la especie, todas las semillas que floten son eliminadas del lote a sembrar y de esta manera, se aseguran que todas las semillas que siembren, al menos, tienen endosperma. Para muchas especies se utilizan líquidos de diferentes densidades los que, a diferencia del agua, permiten una separación muy rápida entre semillas llenas y vacías. Por ejemplo, mañiu hembra (*Saxegothea conspicua*) en alcohol de 90°.

Test de corte

Consiste en partir semillas por la mitad y comprobar, visualmente, si hay o no presencia de endosperma. Se considera como semillas viables a aquellas en las cuales el endosperma que cubre la cavidad interna de la cubierta

seminal, es de consistencia firme y de color blanco. Se consideran como no viables a aquellas semillas que no tienen endosperma o este es de consistencia acuosa. Generalmente, se separan cuatro a seis lotes de 100 semillas limpias cada uno y los resultados obtenidos se promedian. Es un método rápido y barato que indica el estado biológico del endosperma.

Rayos X

Utilizando un aparato de rayos X de menor intensidad que los de uso humano, se toma una radiografía a un lote de semillas, normalmente de 100 unidades, y se observa en la placa la presencia o ausencia del endosperma y la ubicación de éste en la cavidad seminal. Si el endosperma se encuentra adherido a la cubierta seminal y sin manchas oscuras, se considera a la semilla como viable; si se observa separado de la cubierta seminal, como dudosa; y si la semilla está vacía, como no viable. Este método se caracteriza por no destruir la semilla y es utilizado para la venta de semillas monogérmicas, de alto valor comercial, generalmente de flores.

Test bioquímico

A diferencias de las pruebas anteriores este test de viabilidad permite determinar el estado fisiológico de las semillas. Consiste en sumergirlas en una solución de cloruro de tetrazolio y según el grado de tinción de los endospermas y embriones, se determina si las semillas son o no viables. Dependiendo de la especie a utilizar se trabaja con soluciones que oscilan entre 0,5 y 2% de concentración, y a una temperatura de 30 °C por periodos que oscilan entre cuatro y doce horas, dependiendo de la concentración, especie y órgano que se esté analizando. Para ello, a las semillas se las remoja de manera tal que se les pueda eliminar, fácilmente, la cubierta seminal sin dañar al endosperma. La prueba se debe realizar sólo con semillas no dañadas; se puede sumergir el endosperma entero, partido al medio o sólo el embrión, este último se presta para analizar semillas medianas (pino ponderosa) o semillas grandes (araucaria) normalmente. Se prefiere la primera forma ya que el corte puede sellar al tejido e impedir la penetración del cloruro al interior de los tejidos. El producto más utilizado es el 2,3,5 trifenil cloruro de tetrazolio. La prueba está basada sobre el hecho de que durante el proceso de respiración de

los tejidos vivos de la semilla, las deshidrogenadas liberan iones hidrógeno al medio los que reaccionan con el cloruro de tetrazolio formando un compuesto de color rojo intenso denominado trifenilfermazan. Si el endosperma se tiñe por completo, la semilla es viable; si se tiñe a manchones pero el embrión está intensamente teñido, la semilla es viable; si la semilla se tiñe a manchones y el embrión no está teñido, la semilla no es viable; cuando la semilla no se tiñe significa que el endosperma está necrosado y por lo tanto, la semilla no respira. Este análisis es más exacto que los anteriores ya que no sólo informa sobre la presencia o ausencia del endosperma sino que, además, indica si el tejido está vivo o no. Generalmente, cuando a una semilla se le hace análisis de corte y análisis bioquímico a la vez, este último da valores más bajos de viabilidad. Por ello, el certificado de análisis de semillas debe indicar el tipo de análisis que se utilizó en la determinación de la variable.

Capacidad germinativa

Es la cantidad total de semillas que germinan, bajo condiciones adecuadas de temperatura, humedad y de disponibilidad de oxígeno, en un ensayo de germinación. Es una variable que se expresa en porcentaje.

Energía germinativa

Es la cantidad de semillas que germinan más rápido en un ensayo de germinación. Su valor se expresa en porcentaje estableciéndose el tiempo (días) en el cual se logró. Se determina a través del índice de Czabator (1962) que consiste en determinar el valor máximo de germinación el cual se obtiene de la relación o cociente entre el porcentaje acumulado promedio de germinación, por el día en el cual se logró. Para algunos viveristas esta es la variable de laboratorio más cercana a lo que realmente ocurrirá en la siembra, debido a que la consideran como un indicador de las semillas que, con seguridad, darán origen a plantas. Ello, probablemente, pudiera ser así para siembras en las que la producción de plantas se realiza a raíz desnuda, pero no tiene relación alguna cuando la siembra se hace bajo temperatura controlada.

Interpretación de un análisis de germinación

El manejo de la relación viabilidad, capacidad y energía germinativa, es determinante para precisar si las semillas analizadas requieren o no de tratamientos previos a la siembra y de ser necesario, la intensidad con que se deben realizar. El viverista, después de realizada una prueba de flotación, jamás podrá alterar o modificar los valores de viabilidad de las semillas, sin embargo podrá modificar o alterar los valores de capacidad y energía germinativa. Hay tres alternativas de comportamiento que puede presentar un lote de semillas en un análisis de germinación en laboratorio (Figura 5). Si el valor porcentual de viabilidad es alto, por ejemplo 98%, y los valores de capacidad y energía germinativa son bajos, por ejemplo 40%, y se igualan al final del ensayo de germinación, la semilla analizada es fuertemente latente y requerirá de un tratamiento intenso para romper su latencia o dormancia. Normalmente, se trata de latencias físicas o provocadas por sustancias inhibitoras del proceso de germinación. En este caso, si el pretratamiento es efectivo, modificará la capacidad y energía germinativa de las semillas. En cambio, si en el ensayo de germinación, los valores de energía germinativa tienen diferencias con los de capacidad germinativa, ello indica que hay un porcentaje de semillas duras o que permanecen latentes, en el lote analizado. Es una situación típica de dormancia inducida durante el proceso de cosecha, extracción o almacenaje de semillas. En este caso, el pretratamiento que se haga afectará a la energía germinativa y no actuará sobre la capacidad germinativa. Por último, cuando en un ensayo de germinación la energía y la capacidad germinativa se igualan al inicio del ensayo, la semilla analizada no presenta latencia o dormancia y en este caso, no se justifica realizarle tratamientos previos a la siembra. Lo mismo sucede cuando se analizan semillas con baja viabilidad, por ejemplo 70%, y los valores de energía y capacidad se producen al inicio del ensayo y son iguales o cercanos a los de la viabilidad.

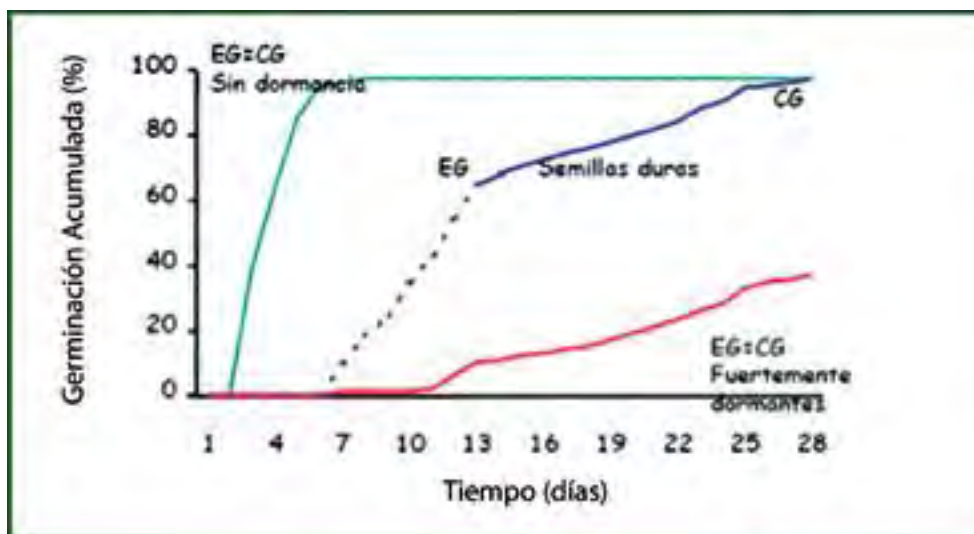


Figura 5. Curvas de germinación de semillas con diferentes tipos de dormancia. EG: energía germinativa; CG: capacidad germinativa.

DORMANCIA O LATENCIA DE SEMILLAS

Cuando a una semilla sana se le proporcionan las condiciones ambientales adecuadas para germinar y no lo hace, se considera que es una semilla latente o en dormancia. La latencia o dormancia es un mecanismo natural que tienen las semillas de muchas especies para no germinar bajo condiciones ambientales adecuadas ocasionales. Se le considera como una estrategia de defensa para su perpetuación que tienen las especies en la naturaleza. La dormancia o latencia pueden ser provocadas por diferentes causas y para cada tipo, los viveristas disponen de diferentes herramientas técnicas para romperlas.

Dormancias Exógena

Es producida en las estructuras externas de las semillas, como la testa o pericarpio. Estas pueden ser físicas, químicas y mecánicas. La dormancia física es causada por factores tales como impermeabilidad de la testa a la penetración del agua. Se rompe con escarificación y la presentan algunos abetos. La dormancia química es causada por la presencia de inhibidores en el pericarpio. Se soluciona removiendo el pericarpio o lixiviando a través del empleo de agua corriente. La dormancia mecánica es la resistencia mecánica de la cubierta seminal al crecimiento del embrión. Se resuelve rompiendo el pericarpio o reblandeciéndolo con agua caliente.

Dormancia Endógena

Se produce en las estructuras internas de las semillas y se la conoce como latencia embrionaria. La dormancia morfológica, también denominada dormancia provocada por embriones rudimentarios, se debe al desarrollo incompleto del embrión. Se produce cuando las diferentes partes de tejidos, que conforman la semilla, no se desarrollan a la misma velocidad o al mismo tiempo. Normalmente, ocurre en combinación con otros factores.

La dormancia fisiológica se produce por inhibición fisiológica del mecanismo de germinación, provocado por la presencia de sustancias inhibidoras, las que deben ser disueltas para que ocurra el proceso.

Dormancia Doble

Esta puede ser dormancia morfológica/fisiológica cuando se presentan al mismo tiempo, por ejemplo, embriones inmaduros e inhibidores fisiológicos de la germinación, como en el caso del fresno europeo o común (*Fraxinus excelsior*). También existe la dormancia física/fisiológica cuando una semilla presenta cubierta impermeable y presencia de sustancias inhibidoras del proceso de germinación. Cuando una semilla presenta dormancia doble, habitualmente se trata de resolver primero la más intensa. Por ejemplo, en una física/fisiológica, primero se trata el problema de la testa a través de una escarificación o remojo en agua caliente y, posteriormente, se hace un almacenaje en frío con alta humedad.

Pretratamientos

Así se denomina a los diferentes tratamientos que se le pueden hacer a las semillas antes de la siembra. A continuación se hace referencia a los más comúnmente utilizados.

Remojo en agua a temperatura normal

Es el tratamiento habitual que se les aplica a las semillas que presentan valores de viabilidad cercanos a los de la capacidad germinativa, pero donde los valores de energía y capacidad germinativa tienen diferencias marcadas. Por ejemplo, viabilidad de 98%; capacidad germinativa del 95% y energía germinativa del 65%. El periodo de remojo varía según la diferencia entre las variables que entrega el ensayo de germinación. Para diferencias entre 5 y 10% normalmente se utilizan 24 horas de remojo; para diferencias de 11 a 20%, remojos de 48 horas y para diferencias superiores al 30%, el remojo es de 72 horas. Cuando la diferencia entre energía y capacidad germinativa superan el 20%, además del remojo descrito, se llevan las semillas a bajas temperaturas por 10 a 15 días.

Remojo en agua tibia

Algunos viveristas prefieren, para resolver este tipo de latencia, remojar las semillas en agua a temperatura igual al valor superior del rango de germinación de la especie, lo que obliga al viverista a conocer dicho valor. Tiene la ventaja que los tiempos de remojo se reducen a la mitad.

Remojo en agua caliente

Este método consiste en poner semillas en agua con una temperatura que oscila, dependiendo de la especie, entre los 70° y 95 °C, y dejarlas hasta que el agua descienda a temperatura normal. Es un método que se utiliza para romper latencias físicas, químicas y mecánicas como las que presentan las semillas de las Fabáceas, por ejemplo, acacia negra o aroma australiano (*Acacia melanoxylon*). En las semillas que presentan impermeabilidad por presencia de aceites en la cutícula seminal les baja la tensión superficial logrando una rápida inmersión de ellas.

Remojo en agua más almacenaje frío

Este método, probablemente, es el más utilizado por los viveristas. Se remojan las semillas por 24 hasta 48 horas en agua a temperatura normal y posteriormente, con agua de saturación sobre la cubierta seminal, se guardan por diferentes periodos de tiempo, en bolsas de polietileno al frío, entre 2 y 4 °C. En almacenajes en frío, superiores a los siete días, se debe tener la precaución de remover, semanalmente, las semillas en el interior de la bolsa para homogeneizar su humedad. Es el método que reemplazó a la antigua estratificación en arena u otros materiales, logrando mayor eficacia en menor tiempo. Es el tratamiento que se utiliza para romper dormancias internas fuertes como las provocadas por sustancias inhibitoras de la germinación o por embriones rudimentarios.

Inmersión en estimuladores de la germinación

Es un tratamiento que se utiliza exitosamente para hacer germinar semillas que presentan dormancia embrionaria. Respecto de los tratamientos anteriores, presenta la ventaja de que se requiere mucho menos tiempo para lograr los mismos o mejores resultados.

Hay dos criterios para aplicarlos: utilizar diferentes concentraciones de la sustancia estimuladora por un tiempo determinado o utilizar una concentración determinada por diferentes periodos de tiempo.

Una sustancia que ha resultado ser muy exitosa para pre tratamiento de semillas es el ácido giberélico. Una experiencia ha sido utilizar una concentración fija por diferentes periodos de tiempo (Rocuant 1984), con una concentración de 250 ppm, por diferentes tiempos de inmersión de las semillas, dependiendo del grado de dormancia y tamaño de las semillas a tratar. Por ejemplo, roble, raulí y lenga, funcionan muy bien con 12 horas de inmersión; coihue, 8 horas; en raulí, con baja dormancia, bastan 8 horas de inmersión; pino murrayana (*Pinus contorta*) y ponderosa, dependiendo de la dormancia requieren entre 24 y 36 horas de inmersión; araucaria, 12 hasta 18 horas. Se prepara una solución a la concentración ya indicada y se sumerge en ella un peso de semillas equivalente al tercio del volumen de la solución.

SIEMBRA

La siembra es una de las labores más importantes cuando se reproducen plantas a partir de semillas. El proceso se inicia con la recolección, pasando por la extracción y limpieza, pruebas de calidad, pretratamientos y desinfección. Se puede realizar en forma manual o mecanizada; independientemente de ello, algunos de los aspectos de manejo más importantes a definir o establecer son: cuándo sembrar, cuántas semillas poner por cavidad y a qué profundidad se deben depositar las semillas en el sustrato o medio de crecimiento.

Época de Siembra

La siembra se debe realizar en un momento tal, que una vez emergidas las plántulas aprovechen al máximo el período de crecimiento del lugar en el cual está establecido el vivero. Ello implica, por parte del viverista, que debe conocer las fechas de inicio y final del crecimiento primario de las especies que cultiva. Con ello, se evitará siembras tardías que redundan en pérdidas de crecimiento o en aumento de los costos de producción por tener que inducir artificialmente el crecimiento a través del riego y fertilización más intensa. También resulta de vital importancia conocer los rangos de temperatura y la temperatura óptima de germinación de la especie, antecedentes que serán vitales para definir cuando sembrar.

Si la siembra se realiza bajo condiciones de temperatura controlada, en las semillas puestas a germinar a la temperatura óptima, el proceso no durará más allá 72 horas, como ya se menciono anteriormente. Por el contrario, si la siembra se realiza cuando el sustrato se encuentra en el rango de temperaturas de germinación de la especie, el proceso de germinación será más lento y heterogéneo, lo que redundará en plántulas de tamaños diferentes que posteriormente, requerirán de un proceso de selección en el vivero.

Es importante tener presente que, para la mayoría de las especies, se produce un desfase entre temperaturas de germinación e inicio del crecimiento primario. Al respecto, el crecimiento de las especies se inicia con bastante antelación a que el sustrato, en forma natural, tenga o alcance las temperaturas de germinación. Este fenómeno

es el que valida el empleo de cámaras de germinación y la implementación del cultivo mixto (ver Capítulo Producción de plantas grandes usando mini contenedores) en lugares en que el período de crecimiento vegetativo, en el año, es inferior a 200 días.

Densidad de Siembra

Determinación de cantidad de semillas a utilizar

Para plantar una superficie de 100 ha a una densidad de 2000 plantas/ha se requiere producir 200.000 plantas en condiciones de ser plantadas. Para calcular el requerimiento de semillas para cubrir eficientemente los requerimientos de la plantación señalada, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad Semillas (kg)} = \frac{\text{Nº de plantas} \times \text{FC} \times \text{PR}}{\text{Semillas/kg} \times \text{CG} (\%) \times \text{EG} (\%) \times \text{V} (5)}$$

Donde:

- Kg semillas: es la cantidad de semillas para cubrir lo solicitado.
- Nº: es número de plantas en condiciones de ser plantadas solicitadas.
- FC: factor de corrección o factor de campo (varía entre 110 y 150%). Está basado sobre el desempeño histórico del vivero.
- PR: prevención de riesgos o daños bióticos y abióticos. Determina la cantidad de envases adicionales para cumplir las metas solicitadas.
- Cantidad de semillas limpias por kg.
- CG: capacidad germinativa.
- EG: energía germinativa.
- V: viabilidad de las semillas.

En producción de plantas a raíz cubierta el ideal es hacer siembras monogérmicas es decir, depositar una semilla viable por cavidad lo que implica el empleo de un proceso riguroso de separación de las semillas viables de las no viables. Con ello, se evitan labores posteriores de raleos y trasplantes. La separación se puede hacer utilizando

procesos de flotación o de selección por peso a través del empleo de corrientes de aire, método muy eficiente en semillas de *Nothofagus*. No obstante lo anterior, la mayoría de los viveristas siembran dos semillas por cavidad y para ello argumentan que resulta más caro dejar cavidades vacías o sin plantas que hacer raleo. Al respecto, se estima que dejar una cavidad vacía tiene un costo, 50% más alto que realizar raleo. Mientras menor sea el manejo ambiental en el vivero, más necesario será el empleo de contenedores individuales ya que permitirán separar las cavidades en que no se produjo germinación, hacer raleo, hacer trasplante y manejarlos como lotes diferentes de plantas. Además, facilitará la clasificación de plantas por tamaño.

Profundidad de Siembra

En la literatura se establece que la profundidad de siembra de una semilla debe ser el doble de su diámetro. Con ello, de alguna manera se está reconociendo que semillas de una misma especie, procedencia o lote, se deben sembrar a profundidades diferentes. La profundidad de siembra interactúa con el tamaño de las semillas y textura del sustrato (Escobar y Peña 1985, Hoces 1988, Derpsch 2001). En general, se puede indicar que en siembras de semillas de diferentes tamaños, a igual profundidad, emergerán primero las más grandes; que en semillas, de un mismo tamaño, sembradas a diferentes profundidades emergerán primero las sembradas más superficialmente; que mientras más liviana la textura del sustrato en que se siembra más rápido se producirá la emergencia de semillas de igual tamaño. La profundidad de siembra es específica para cada uno de los diámetros de semillas de una especie determinada. En especies cuya cantidad de semillas por kilogramo oscile entre 17.000 y 150.000 unidades viables, la profundidad de siembra no debe superar los 10 mm para las de mayor tamaño. Normalmente, la profundidad a la cual se logran las más rápidas y mayores emergencias, oscilan entre los 5 y 3 mm; por ejemplo para pino oregón, Hoces (1988) determinó como profundidad de siembra ideal 3 mm. Una vez depositada la semilla en la cavidad debe ser tapada con un sustrato de menor granulometría que la utilizada en el resto del contenedor.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Czabator, J. 1962. Germination value: An index combining speed and completeness of pine seed germination. For. Sci. 8: 386 - 396

Derpsch, W. 2001. Efecto de la profundidad de siembra y el calibre de semillas en la velocidad de emergencia de plántulas de pino insignis en el vivero Carlos Douglas. Memoria de Título. Universidad de Concepción, Fac. Cs. Forestales, Dpto. de Silvicultura. Concepción, Chile.

Escobar, R. 1990. Análisis de algunos elementos básicos en la producción artificial de especies nativas. Bosque 11: 3 – 10.

Escobar, R. y E. Peña. 1985. Efecto del tamaño de la semilla en la velocidad de emergencia y tamaño final de plantas de *Pinus radiata* D. Don en: Olivares, B. Y E. Morales Eds. Pino radiata D. Don Investigaciones en Chile. Volumen1: 86-96 Univ. Austral de Chile. Valdivia, Chile

Escobar, R. y G. Medina. 1980. Efecto del tamaño de conos de *Pinus radiata* D. Don en la cantidad y calidad de semillas. Informe Convenio de Investigación, UDEC – FORMIN. (No publicado)

Figuroa, P.1999. Germinación de semillas de *Cryptocaria alba* (Mol.) Losser y *Persea lingue* Ness bajo distintas condiciones de temperaturas. Memoria de Título. Universidad de Concepción, Fac. Cs. Forestales, Dpto. de Silvicultura. Concepción, Chile.

Fuentes, M. 2001. Germinación de semillas de *Nothofagus dombeyi* (Mirb) Oerst. Bajo distintas temperaturas y regímenes de aplicación. Memoria de Título. Universidad de Concepción, Fac. Cs. Forestales, Dpto. de Silvicultura. Concepción, Chile.

Hoces, A. 1988. Efecto de la textura de suelo, tamaño de semilla y profundidad de siembra en la emergencia de semillas de pino oregón *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Memoria de Título. Universidad de Concepción, Fac. Cs. Agr. Vet y Forestales. Chillán, Chile.

Pinto, C. 1999. Caracterización de semillas de *Pinus radiata* D. Don., provenientes de huertos semilleros clonales de 1.0 generación y su comportamiento en el proceso de germinación. Memoria de Título. Universidad de Concepción, Fac. Cs. Forestales, Dpto. de Silvicultura. Concepción, Chile.

Ramirez, J. 1993. Efecto de la temperatura en el proceso de germinación de Raulí *Nothofagus alpina* (Opep et Endl.) Oerst. Y Roble *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. Var. Obliqua. Memoria de Título. Universidad de Concepción, Fac. Cs. Forestales, Dpto. de Silvicultura. Concepción, Chile.

Rocuant, L. 1984. Efecto de giberelina y de tiourea en la germinación de semillas: especies del género *Nothofagus*. Bosques Vol. 5 N° 2

Saavedra, V. 1999. Germinación de semillas de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser de tres procedencias de la VII Región. Memoria de Título. Universidad de Concepción, Fac. Cs. Forestales, Dpto. de Silvicultura. Concepción, Chile.

Salazar, C. 1998. Caracterización de semillas de *Quillaja saponaria* Mol. de distintas procedencias de la región del Bio Bío. Memoria de Título. Universidad de Concepción, Fac. Cs. Forestales, Dpto. de Silvicultura. Concepción, Chile.

Stevens, F. 1996. Germinación de semillas de Lenga (*Nothofagus pumilio* Poepp. et Ende.) Krasser), Coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides* (Mirb.) Oerst.) y Ñirre (*Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst.), a diferentes temperaturas y regímenes de aplicación. Memoria de Título. Universidad de Concepción, Fac. Cs. Forestales, Dpto. de Silvicultura. Concepción, Chile.

Urrutia, T. 1992. Caracterización y comportamiento en vivero de tres procedencias de semillas de *Eucalyptus globulus* Labill ssp. Globulus cosechadas en Chile. Memoria de Título. Universidad de Concepción, Fac. Cs. Agr. Vet y Forestales. Chillán, Chile.