

Producción de Plantas: Propagación y Cultivo en vivero

Ciclo Sexual o Germinativo

- **Procedencia de la semilla:**
 - Amplias distribuciones geográficas
 - Riesgo de encontrar varias razas adaptadas a condiciones específicas de sitio
 - Diferentes resistencias a condiciones climáticas
- **Mala elección => potenciales pérdidas de productividad**

Propagación de Plantas Leñosas

- Reproducción de especies vegetales tienen un rol preponderante dos ciclos biológicos
 - Ciclo sexual o germinativo
 - Ciclo asexual o vegetativo

Ciclo sexual o germinativo



Propagación por medio de semillas



Combinación genética



Variabilidad

Ciclo asexual o vegetativo



Ortet => Clonación



Rametos sin combinación genética

Ciclo Sexual o Germinativo

✓ Origen de la mayoría de los árboles



✓ Germinación de la semilla



Ciclo Sexual o Germinativo

- Angiospermas y Gimnospermas presentan aspectos comunes en el desarrollo de las semillas:
 - Floración
 - Polinización y Fecundación
 - Embriogénesis
 - Maduración

Ciclo Sexual o Germinativo

- Tipos de frutos de importancia forestal:
 - Carnosos
 - Drupas (Prunus, Peumus)
 - Bayas (Lapageria, Murtilla)
 - Pomos (Manzanos)

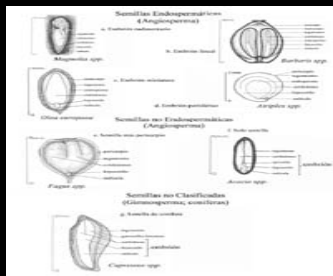
Ciclo Sexual o Germinativo

- Tipos de frutos de importancia forestal (cont):
 - Frutos secos
 - Vainas o legumbres (Acacia, Lupinus)
 - Folículo (Magnolia)
 - Cápsula (Eucalyptus)
 - Aquenio (Castanea, Quercus)
 - Nuez (Juglans, Nothofagus)
 - Sámara (Ulmus, Fraxinus)

Ciclo Sexual o Germinativo

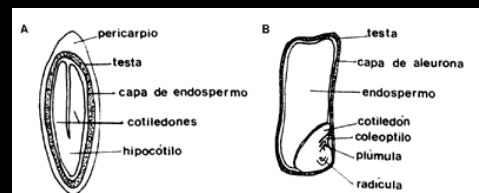
- Partes básicas de una semilla:
 - Embrión => germen de la planta
 - Endosperma => material de reserva
 - Cubierta seminal o testa => protección

Ciclo Sexual o Germinativo

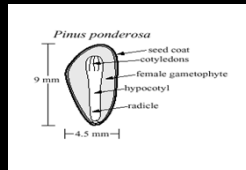


Esquema de semillas forestales

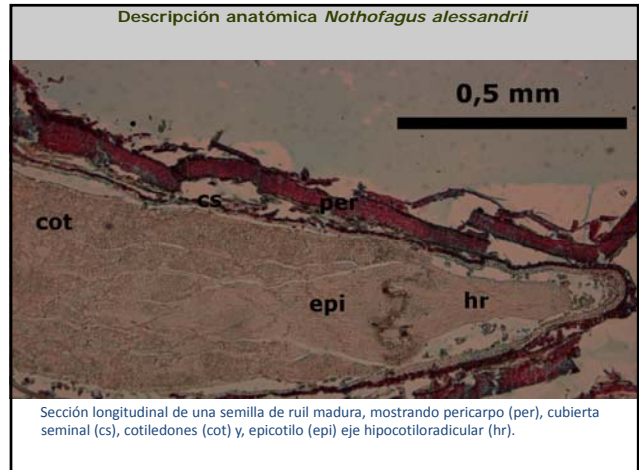
Ciclo Sexual o Germinativo



Anatomía de la semilla de una dicotiledónea y de una monocotiledónea

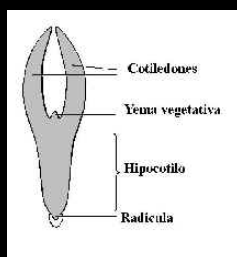


Anatomía de la semilla de *Pinus ponderosa*



Sección longitudinal de una semilla de ruil madura, mostrando pericarpo (per), cubierta seminal (cs), cotiledones (cot) y epicotilo (epi) eje hipocotiloradicular (hr).

Ciclo Sexual o Germinativo

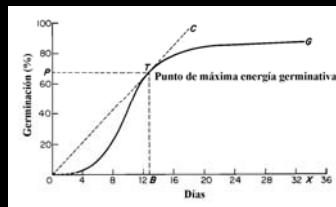


Esquema de un embrión

Ciclo Sexual o Germinativo

- **Análisis de Semillas (ISTA)**
 - Capacidad Germinativa
 - Energía Germinativa
 - Período de Germinación
 - Valor Máximo
 - Peso de 1000 semillas
 - Pureza
 - Contenido de Humedad

Ciclo Sexual o Germinativo

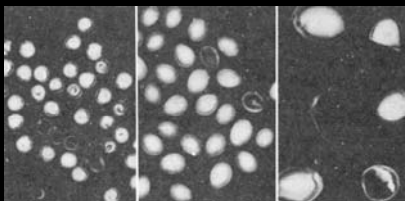


Curva de Germinación

Ciclo Sexual o Germinativo

- **Viabilidad:**
 - Semillas vivas que podrían llegar a convertirse en plantas
- **Pruebas para Medir la Viabilidad:**
 - Físicas (corte y flotación)
 - Bioquímicas (tetrazolio e índigo)
 - Radiografías
 - Resonancia magnética

Ciclo Sexual o Germinativo



Radiografías → método caro

Ciclo Sexual o Germinativo

Tetrazolio → requiere de experiencia

Clase	Viabilidad	<i>S. macrophylla</i>	<i>C. alliodora</i>
1	viabiles		
2	viabiles		
3	dudosa		
4	no viable		
5	no viable		

Esquema de viabilidad con la prueba de tetrazolio para caoba y cedro

Ciclo Sexual o Germinativo

- Factores a considerar en la elección de las semillas:
 - Procedencia
 - Calidad de las semillas

Ciclo Sexual o Germinativo

- **Procedencia de la semilla:**
 - Amplias distribuciones geográficas
 - Riesgo de encontrar varias razas adaptadas a condiciones específicas de sitio
 - Diferentes resistencias a condiciones climáticas
- **Mala elección => potenciales pérdidas de productividad**

Ciclo Sexual o Germinativo

- **Calidad de la semilla:**
 - Viabilidad
 - Capacidad Germinativa
 - Energía Germinativa
 - Período de Germinación
 - Valor Máximo
 - Peso de 1000 semillas
 - Pureza
 - Contenido de Humedad

Especie	Nº Semillas por kg	Viabilidad (%)
<i>N. alpina</i>	75.000-150.000	10-77
<i>N. alessandrii</i>	97.000-130.000	6-7
<i>N. dombeyi</i>	550.000	<10
<i>N. glauca</i>	1.400-3.800	60
<i>N. obliqua</i>	95.000-159.000	41-60
<i>P. lingue</i>	1.200	80
<i>E. cordifolia</i>	330.000-887.000	54-81
<i>L. sempervirens</i>	300.000	5-10
<i>L. philippiana</i>	400.000-630.000	5-10
<i>G. avellana</i>	270-600	70-90
<i>A. punctatum</i>	2.500-3.000	70-90
<i>W. trichosperma</i>	8*10 ⁶ -9*10 ⁶	70-90

Ciclo Sexual o Germinativo

Principios metodológicos para el almacenamiento de semillas

Almacenamiento:

- ✓ Requiere técnicas para el mantenimiento de las semillas, con sus características, desde la madurez fisiológica hasta su germinación (o pérdida de la viabilidad al ser tratadas en condiciones inadecuadas).
- ✓ Semillas con poco vigor tienen dificultades para germinar o están más propensas al ataque de agentes patógenos

Ciclo Sexual o Germinativo

- Objetivos del almacenamiento:
 - Mantener las semillas viables hasta que se necesiten (meses o años)
 - Conservar su calidad (viabilidad)

Ciclo Sexual o Germinativo

Clasificación de las semillas de acuerdo a los procedimientos de almacenamiento:

- ✓ **Recalcitrantes**
- ✓ **Ortodoxas**

Ciclo Sexual o Germinativo

1. **Recalcitrantes:** no almacenables por un periodo largo, no soportan CH < a 20-50%.
 - *Araucaria, Juglans, Quercus, Persea, Castanea*
Normalmente nunca se secan en el árbol madre y generalmente se dispersan desde el árbol cuando imperan condiciones de humedad.

Una forma práctica de almacenamiento de las semillas recalcitrantes (por un periodo breve) es en bolsas de polietileno => reducir las pérdidas de humedad y permitir el intercambio gaseoso. Ej Fagus

Ciclo Sexual o Germinativo

2. **Ortodoxas:** almacenables, se pueden desecar hasta ~5% y almacenar a bajas t° ($< -20^{\circ}\text{C}$).
- *Pinus, Cupresus, Nothofagus, Eucalyptus, Acacia*. Normalmente se dispersan cuando la humedad es baja y se pueden secar sin daño alguno hasta 4-5%. Se pueden almacenar por un periodo largo

Ciclo Sexual o Germinativo

- Hay géneros que presentan tanto semillas recalcitrantes como ortodoxas: *Acer* y *Ulmus*
 - *A. saccharium*, *A. rubrum* (florecen y fructifican en primavera, sin latencia) => recalcitrantes
 - Aquellas con latencia que maduran en otoño => ortodoxas

Ciclo Sexual o Germinativo

- Factores que influyen en la viabilidad de las semillas:
 - Maduración: para el almacenamiento en el mediano y largo plazo, las semillas maduras tienen mayor viabilidad que las tiernas. Después de la recolección el grado de maduración no es importante respecto de la viabilidad.

Ciclo Sexual o Germinativo

- Factores que influyen en la viabilidad de las semillas (cont.):
 - Daños mecánicos: el daño mecánico a las semillas es acumulativo. Hay máquinas para la recolección, extracción y limpieza, pero no se ha resuelto el problema del daño. El daño mecánico trae consigo una viabilidad más corta y facilita el ataque de insectos y otras enfermedades.

Ciclo Sexual o Germinativo

- Factores que influyen en la viabilidad de las semillas (cont.):
 - Enfermedades: semillas con problemas fitosanitarios tienen menor viabilidad y vigor y, además, son fuente de contagio
 - Composición atmosférica: alto contenido de O_2 y humedad pueden causar pérdidas de viabilidad. Por el contrario, CO_2 y N_2 y vacío pueden retrasar el deterioro

Ciclo Sexual o Germinativo

- Factores que influyen en la viabilidad de las semillas (cont.):
 - Deficiencia nutricionales: deficiencias en N, K, Ca pueden disminuir la viabilidad aunque estén maduras. Deficiencias de P pueden generar plántulas anormales.

Ciclo Sexual o Germinativo

- Factores que influyen sobre la viabilidad de las semillas (cont.):
 - Variación entre especies: diferentes especies tienen diferente viabilidad y lo mismo con zonas de recolección => variación dentro de una misma especie (procedencia)

Ciclo Sexual o Germinativo

- Factores que influyen en la viabilidad de las semillas (cont.):
 - Efecto genético: por efecto del envejecimiento y altas temperaturas puede originarse una aberración de los cromosomas (daño a nivel genético) => puede afectar la viabilidad

Ciclo Sexual o Germinativo

- Factores que influyen en la viabilidad de las semillas (cont.):
 - Temperatura y Contenido de Humedad: son los factores más importantes => por efecto de la respiración consumen sus reservas (reduciendo el CH se posterga el envejecimiento)
 - Liofilización: deshidratación en frío (congelamiento y separación al vacío).

Ciclo Sexual o Germinativo

- En la construcción de cámaras para el almacenamiento deben considerarse dos importantes factores:
 - En el control de la temperatura => ventilación, insolación y refrigeración
 - En el control del CH => ventilación, barreras de vapor y recipientes

Ciclo Sexual o Germinativo

Ley de Harrington

- En el rango de 0°C a 50°C => por cada 5°C que disminuya la temperatura, se duplica la viabilidad de la semilla
- En el rango de 4% a 14% => por cada 1% de disminución en el CH se duplica la viabilidad de la semilla

Ciclo Sexual o Germinativo

- **Latencia:**
 “Ausencia de germinación, a pesar de que la semilla es viable, de que haya absorbido agua y se encuentre en condiciones favorables de temperatura y concentración de oxígeno”.
 Se debe a factores internos de la semilla distintos a la no viabilidad.

Ciclo Sexual o Germinativo

- Tipos de latencia:
 - **Latencia debido a la cubierta:**
 - Latencia exógena física (cubierta dura e impermeable a la humedad)
 - Latencia exógena mecánica (cubierta dura resistente a la expansión del embrión)
 - Latencia exógena química (cubiertas que contienen inhibidores de la germinación)

Ciclo Sexual o Germinativo

- Tipos de latencia (cont.):
 - **Latencia endógena morfológica:**
 - Embriones Rudimentarios
 - Embriones no Desarrollados

Ciclo Sexual o Germinativo

- Tipos de latencia (cont.):
 - **Latencia Interna:**
 - Latencia endógena fisiológica
 - ✓ Superficial
 - ✓ Intermedia
 - ✓ Profunda

Ciclo Sexual o Germinativo

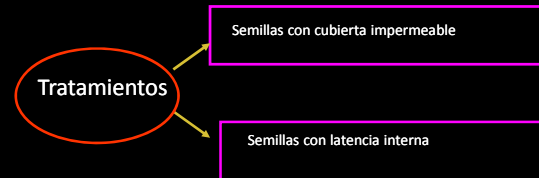
- Tipos de latencia (cont.):
 - **Latencia Combinada** (se caracteriza por presentarse tanto en cubiertas impermeables como en el embrión)
 - **Latencia Secundaria** (se interrumpe el proceso de germinación antes de la emergencia de la radícula, debido a altas temperaturas, baja provisión de oxígeno y falta de luz)

Ciclo Sexual o Germinativo

- **Métodos para Romper la Latencia:**

- La finalización natural de la latencia puede durar desde la época invernal hasta varios años, por lo cual es necesario en el ámbito productivo el uso de técnicas artificiales para acelerar y homogenizar la germinación

Ciclo Sexual o Germinativo



Ciclo Sexual o Germinativo

- **Tratamientos para Cubierta Impermeables:**

- **Escarificación** => proceso de ruptura, rayado o alteración mecánica de la cubierta de la semilla para hacerla permeable al agua y gases
- **Escarificación con ácido:** H_2SO_4 concentrado por 20 min a 2 horas
- **Escarificación mecánica:** limas, papel lija, martillos o cualquier elemento abrasivo
- **Remojo en agua caliente:** ablanda la cubierta (77 a 100°C) y también remueve los inhibidores

Ciclo Sexual o Germinativo

- **Tratamientos para semillas con latencia interna:**

- Estratificación fría
- Estratificación combinada (cálida – fría)
- Remojo en GA_3 o tiourea (tratamientos químicos), promotores de la germinación
- Siembra en otoño (estratificación natural)

Ciclo Sexual o Germinativo

- **Resumen Tratamientos Pregerminativos:**
 - Remojo en agua fría: Pino, Eucalyptus
 - Remojo en agua caliente: Acacia
 - Escarificación mecánica de la cubierta: Acacia
 - Remojo en ácido sulfúrico: Acacia
 - Estratificación cálida: Fraxinus
 - Estratificación fría a $\pm 4^{\circ}\text{C}$: Nothofagus
 - Aplicación de un promotor de la germinación (p.e. ácido giberélico): Nothofagus

Ejemplos Tratamientos Pregerminativos

Especie	Tipo de Latencia	Tratamiento
<i>N. nervosa</i>	Interna	✓EF 30-45 días ✓GA ₃ 24 h 50 ó 150-200 ppm
<i>N. alessandrii</i>	Interna	✓EF 30 días ✓GA ₃ 24 h 25 ppm
<i>N. dombeyi</i>	Interna	✓EF 90 días
<i>N. glauca</i>	Interna	✓EF 30-60 días ✓GA ₃ 24 h 25-800 ppm
<i>N. obliqua</i>	Interna	✓EF 45-60 días ✓GA ₃ 24 h 100-200 ppm

Ejemplos Tratamientos Pregerminativos

Especie	Tipo de Latencia	Tratamiento
<i>P. lingue</i>	Interna	✓Siembra directa en otoño sin cubierta
<i>E. cordifolia</i>	Interna	✓EF 40-45 días
<i>L. sempervirens</i>	Interna	✓EF 60 días
<i>L. philippiana</i>	Interna	✓EF 60 días
<i>G. avellana</i>	Interna	✓Remojo en agua varios días

Ejemplos Tratamientos Pregerminativos

Especie	Tipo de Latencia	Tratamiento
<i>A. punctatum</i>	Combinada	✓EF 50 días y luego remojo en agua tibia por 3 días, cambiándola 2 a 3 veces al día
<i>W. trichosperma</i>	Interna	✓EF 90 días => 3.000 plantas/kg

Ciclo Sexual o Germinativo

Germinación

- Proceso de emergencia y desarrollo del embrión
=> indica la producción de una plántula normal en condiciones favorables

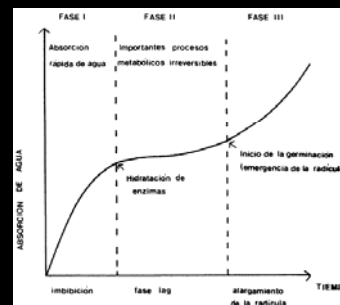
Germinación

- La germinación de las semillas comprende tres etapas sucesivas que se superponen parcialmente:
 1. La absorción de agua por imbibición, causando su hinchamiento y la ruptura final de la testa

Germinación

2. El inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las regiones en crecimiento del embrión, y
3. El crecimiento y la división celular que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plúmula. En la mayoría de las semillas el agua penetra inicialmente por el micrópilo y la primera manifestación de la germinación exitosa es la emergencia de la radícula

Germinación



- Etapas de la germinación que conducen a la emergencia de la radícula. Se inician con la absorción de agua y la activación metabólica del embrión

Germinación

- Formas de germinación:
 - Epígea => hipocotilo se alarga y eleva los cotiledones sobre el sustrato
 - Hipógea => los cotiledones permanecen bajo el sustrato y sólo emerge el epicotilo

Germinación



Cotiledones

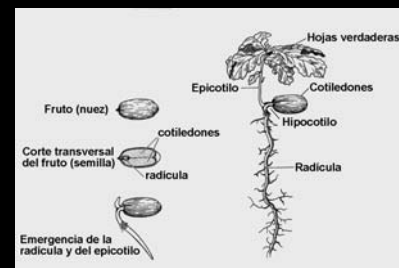
Germinación epígea de *N. glauca*

Germinación



Germinación epígea en *N. alessandrii* (30 días)

Germinación



Germinación hipógea en *Quercus robur* (Braun 1980)