



# Ciclo de vida de los árboles

# Ciclo de vida de los árboles



## Contenidos

- Etapas características del ciclo de vida de los árboles
- Producción y dispersión de semillas.
- Banco de semillas.
- Germinación.
- Establecimiento, estrategias.
- Reproducción asexual, tipos de multiplicación vegetativa.
- Fenología.



# Ciclo de vida de los árboles

## Introducción

En este tema se considerará la historia vital de los árboles, prestando atención particular a los factores específicos del ambiente que influyen en la reproducción y crecimiento de los individuos y sus poblaciones.

La biología reproductiva de las plantas (la producción, dispersión y germinación de sus semillas) constituye un elemento clave para comprender los patrones de distribución y abundancia de las especies.

La influencia de semillas y plántulas no solo involucra a procesos poblacionales (por ejemplo, persistencia, dispersión, variabilidad genética) sino que puede también afectar unidades de vegetación mayores, tales como comunidades, paisajes y floras locales.

# Ciclo de vida de los árboles

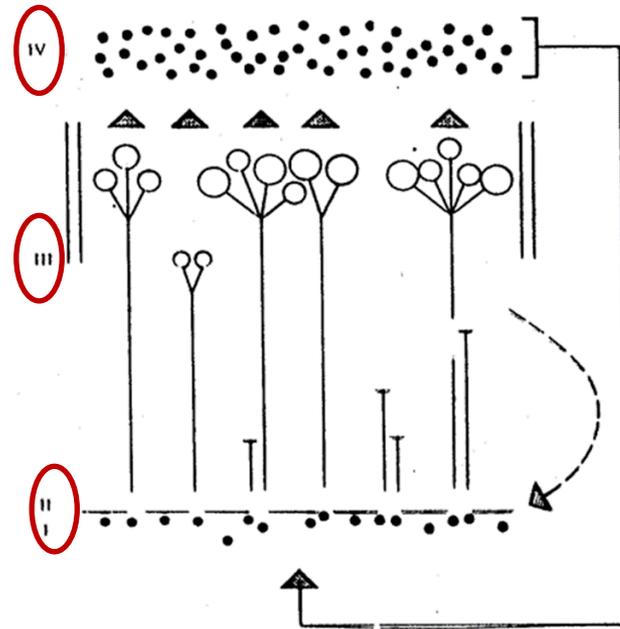
Se distinguen etapas características en la mayoría de las especies arbóreas

- Producción y dispersión de semillas
- Germinación y emergencia de plántulas
- Establecimiento
- Crecimiento juvenil
- Crecimiento adulto
- Reproducción
- Madurez- Senescencia



# Ciclo de vida de los árboles

El establecimiento y persistencia de las poblaciones, a su vez, presenta diferentes fases:



**Fase IV:** La reproducción ocurre y las semillas se dispersan en el piso forestal.

**Fase III:** crecimiento en altura y masa

**Fases I y II:** los individuos de una especie establecen una población a partir de un "banco" de semillas almacenadas en el suelo o en el piso forestal.

# Ciclo de vida de los árboles



La permanencia del bosque en un área dada depende de



la regeneración y establecimiento de los árboles.

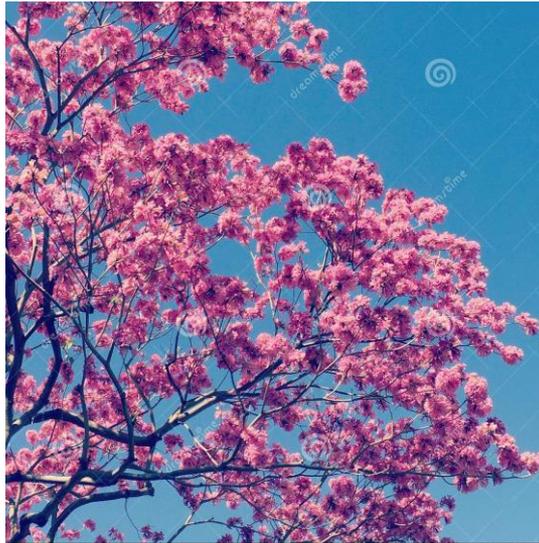


Hay diferentes procesos importantes que deben ocurrir para asegurar la continuidad del bosque:



1. **Producción y dispersión de semillas**
2. **Formación de un banco de semillas**
3. **Germinación rápida y abundante**
4. **Establecimiento exitoso**
5. **Supervivencia**

# Ciclo de vida de los árboles



## Floración

El ciclo de vida de una planta de semilla

se divide en una etapa de crecimiento vegetativo

y una vez alcanzado un tamaño o edad determinado, según la especie,

la planta es capaz de florecer,

Se inicia el período reproductivo

# Floración

- La iniciación de la floración consiste en un cambio fisiológico interno que se traduce en que
- algunos puntos de crecimiento del tallo desarrollan flores en lugar de permanecer como puntos de crecimiento vegetativo.

En el inicio de la floración intervienen factores internos y ambientales, por ejemplo, un período de frío, o un cierto número de días con una determinada duración de las horas de luz, entre otros.

También la pérdida de ramas o raíces (daño) pueden desencadenar los procesos que llevan a la producción de las estructuras reproductivas.



# Floración

Las especies arbóreas poseen una amplia variedad de sistemas reproductivos, mecanismos de polinización, tipos de floración y estructuras poblacionales. Sin embargo, la mayoría posee rasgos reproductivos que facilitan la polinización cruzada, tales como la autoincompatibilidad fisiológica, la separación física o temporal de la floración. Se reconocen diferentes tipos de especies:

**Monoicas**, presentan flores masculinas y femeninas en la misma planta



**Dioicas**, plantas con flores femeninas y otras con flores masculinas.



**Poligámicas**, plantas con flores hermafroditas.



# Floración

El inicio del período de floración depende de la especie y de las condiciones ambientales, por ejemplo:

antes de los  
10 años



entre  
los 10 y 20 años



entre  
los 20 y 40 años



entre  
los 40 y 60 años





# Floración

## Iniciación de los primordios florales

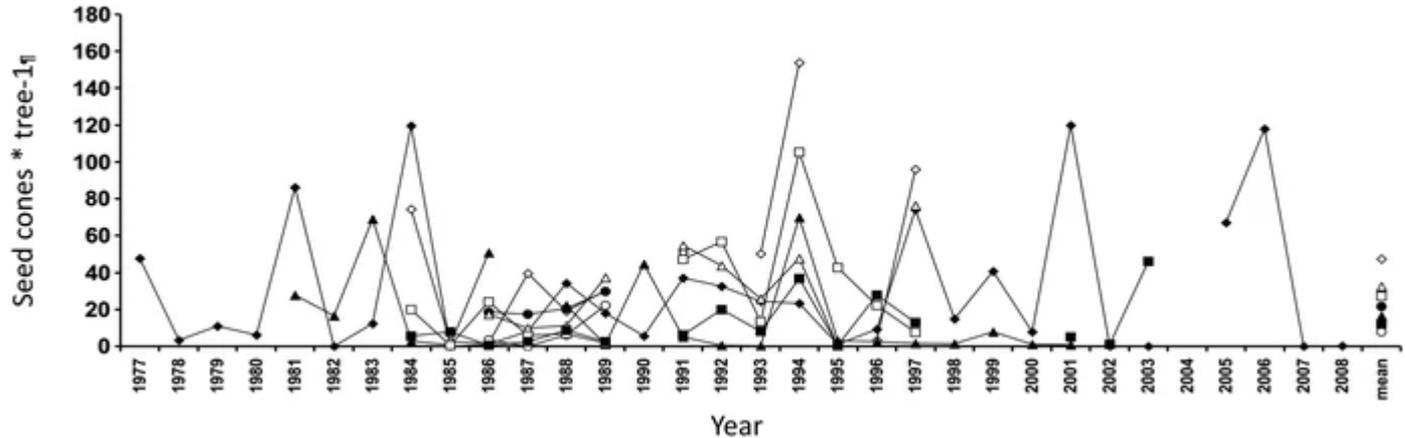
- La iniciación de los primordios florales es muy variable y puede ocurrir pocos meses antes o aún hasta en términos de 1 o 2 años antes de la formación de las flores.
- En muchos pinos las yemas florales se producen en la primavera y verano del año anterior o de años anteriores.
- En las angiospermas leñosas de clima templado los árboles florecen una vez al año, y el ciclo reproductivo se extiende desde primavera hasta el otoño, pero en algunos casos los frutos inmaduros permanecen durante el invierno hasta el año siguiente y las semillas caen en el verano siguiente.

# Producción de semillas

- Dentro de una misma especie algunos individuos son buenos productores de semillas y otros malos o nulos productores de semillas, esto se debe a que **la capacidad de floración es un rasgo altamente heredable.**
- El proceso de fructificación es afectado por el ambiente, los árboles con **mayor acceso a recursos** serán **mejores productores de semillas.**
- En varias especies se observan años de elevada producción de semillas, seguidos por períodos de varios años en los que la producción de semillas es muy escasa.
- Este fenómeno recibe el nombre de semillazón (masting o mast seeding)
- Ocurre con mayor frecuencia en especies longevas porque éstas son menos afectadas por el costo de no reproducirse en algunos años

# Producción de semillas

La semillazón ("masting") es la producción sincronizada e intermitente de semillas en poblaciones de especies longevas.

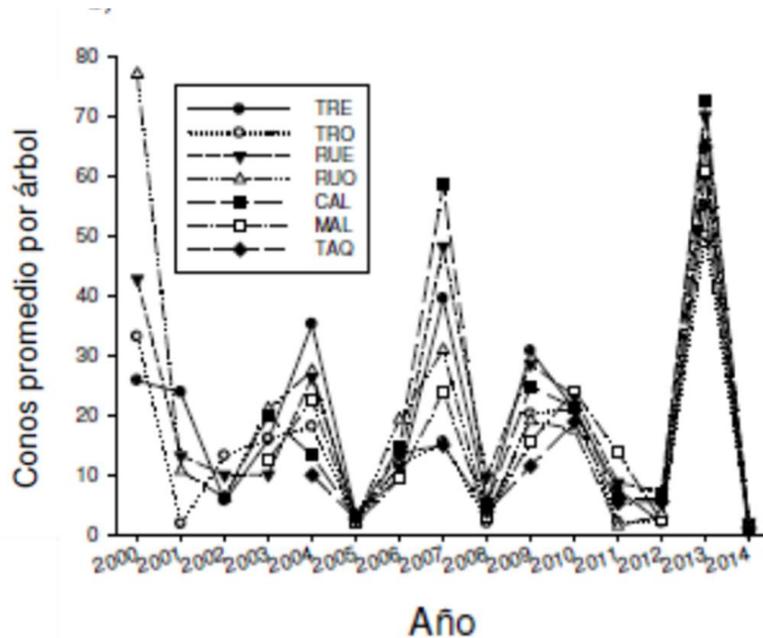


Datos de *Pinus ponderosa* var. *scopulorum*, provenientes de varios sitios en Colorado, USA.

Mooney, K. A., Linhart, Y. B., & Snyder, M. A. (2011). Masting in ponderosa pine: comparisons of pollen and seed over space and time. *Oecologia*, 165(3), 651-661. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00442-010-1742-x.pdf>

# Producción de semillas

Producción de conos promedio por árbol de *Araucaria araucana* en siete poblaciones monitoreadas entre 2000 y 2014 en el Parque Nacional Lanín



Administración de Parques Nacionales



es.wikipedia.org

Sanguinetti, J. (2014). Producción de semillas de *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch durante 15 años en diferentes poblaciones del Parque Nacional Lanín (Neuquén-Argentina). *Ecología austral*, 24(3), 265-275. [http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia Austral/article/download/3/4](http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/download/3/4)



# Producción de semillas

Del trabajo de Sanguintetti (2014) se obtuvieron datos de producción de conos y semillas por árbol y se identificaron factores ambientales relacionados con el patrón espacio-temporal de la producción de conos

- La producción media para las poblaciones muestreadas entre 2000 y 2014 fue **19 conos** por árbol
- Se observó un rango de variación interanual de **1 a 62 conos por año por árbol**.
- La producción promedio estimada de semillas por árbol fue **2372** semillas.
- El rango de variación interanual fue de **61 a 9287 semillas por árbol**.
- La mayor variación temporal en la producción de semillas respecto a la de conos se debió al hecho de que hubo significativamente más semillas por cono en los años más productivos.
- El patrón espacio-temporal de la producción de conos en *Araucaria araucana*, en el Parque Nacional Lanin está influenciado principalmente por la **exposición solar** y de manera secundaria por la **composición** y la **estructura forestal**.
- Los árboles **más productivos** están ubicados en poblaciones con **exposición norte** y en **altitudes intermedias** y en **bosques mixtos** con valores moderados de área basal/ha.
- *A. araucana*, al parecer, presenta picos máximos de producción de conos cada 6-7 años y una variación media de 8 veces entre años de **Alta** y **Baja** productividad.



# Producción de semillas

- Las causas y las ventajas selectivas de la semillazón han sido explicadas mediante diversas hipótesis, que pueden reunirse en dos grupos:

- **Hipótesis de la coincidencia de recursos**

- **Hipótesis de la economía de escala**

Sanguintetti y Kitberger (2008)  
[doi:10.1111/j.1442-9993.2007.01792.x](https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2007.01792.x)

Sanguintetti y Kitberger (2009)  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2009000300001>

# Producción de semillas

## Hipótesis de la coincidencia de recursos

Propone que las plantas varían su esfuerzo reproductivo en respuesta a fluctuaciones en la disponibilidad de los recursos, generalmente correlacionadas con el clima (por ejemplo, temperatura o precipitación).

De acuerdo con esta hipótesis, es esperable que exista una correlación positiva entre el crecimiento y la reproducción para un mismo año.



*Sorbus aucuparia* infructescence.  
(Credit: Magdalena Żywiec)

Tomado de <https://www.amnat.org/an/newpapers/AugBogdziewicz.html>

# Producción de semillas

## Hipótesis de la Economía de escala

Propone que concentrar el esfuerzo reproductivo en pocos eventos es una estrategia más eficiente, por lo cual la evolución debería favorecer la ocurrencia de un ocasional e intenso evento reproductivo en lugar de varios pequeños y regulares. Esta hipótesis comprende otras más específicas, entre ellas:

- a) **Hipótesis de la eficiencia de la polinización**
- b) **Hipótesis de la saciedad de los depredadores**



# Producción de semillas

## a) Hipótesis de la eficiencia de la polinización

Esta hipótesis propone que la semillazón es una estrategia exitosa porque la eficiencia de la **fertilización es desproporcionadamente alta** durante los años de alta producción de semillas



# Producción de semillas

## b) Hipótesis de la saciedad de los depredadores

Propone que la semillazón es una **adaptación** que **aumenta la supervivencia de las semillas** ya que los depredadores quedan saciados y mueren de hambre alternativamente. Para que esto ocurra deben cumplirse algunas condiciones:

(i) la producción de semillas debe ser suficiente para garantizar la saciedad de los depredadores y la supervivencia de algunas semillas durante años altamente productivos;

(ii) el intervalo entre años de alta producción de semillas debe ser lo suficientemente largo como para producir una disminución en la población de depredadores;

(iii) la sincronización espacial de la producción de semillas debe ser proporcional al rango máximo de movimiento de los depredadores más importantes.





# Producción de semillas

Algunos puntos destacados sobre producción de semillas para los bosques de Argentina y Chile:

1. Los años de buena producción para una especie no lo son necesariamente para otras.
2. La variación o ciclo en la producción anual de semillas es amplia en algunas especies y pequeñas en otras. Por ejemplo para *Fitzroya cupressoides* los ciclos son largos, en cambio para *Nothofagus nitida*, *N. obliqua*, *N. dombeyi* son típicamente cortos (anuales).
3. Los años en que la producción de semillas de una especie es nula son más bien excepcionales, pero pueden ocurrir como es el caso del alerce.
4. Cuando ocurre una alta producción de semillas de una especie, esto no abarca necesariamente todo el rango de distribución de una especie, particularmente si éste es muy amplio.
5. En los años de muy buena producción de semillas de una especie, en un área dada, muy pocos no producen semillas (árboles semilleros en reposo < 10%) y por el contrario en años de baja producción solamente algunos individuos tendrán buena cantidad de semillas.
6. Años de buena producción de semillas coinciden con alta viabilidad de las semillas, y lo contrario en años de baja producción de semillas.

# Dispersión de semillas

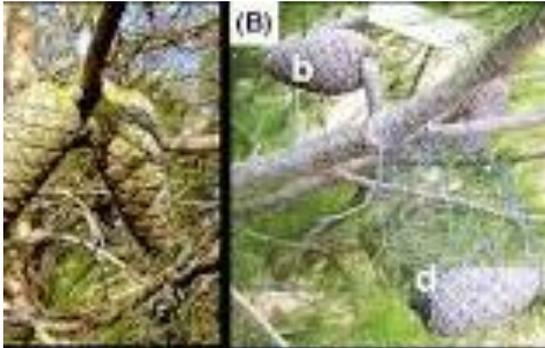


• Los principales agentes de dispersión de las semillas son:

- Viento
- Agua
- Animales
- Gravedad
- Fuego

**Los invitamos a ver un video!**  
<https://www.youtube.com/watch?v=-IEHgRiB77s>

# Dispersión de semillas



Notivol Paño, E., Martín-Sanz, R. C., Santos del Blanco, L., Tonnabel, J., Callejas-Díaz, M., Chambel, M. R., ... & Climent, J. (2017). Serotinia, carácter adaptativo clave en pino carrasco: influencia de

[http://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/3933/1/2017\\_435.pdf](http://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/3933/1/2017_435.pdf)



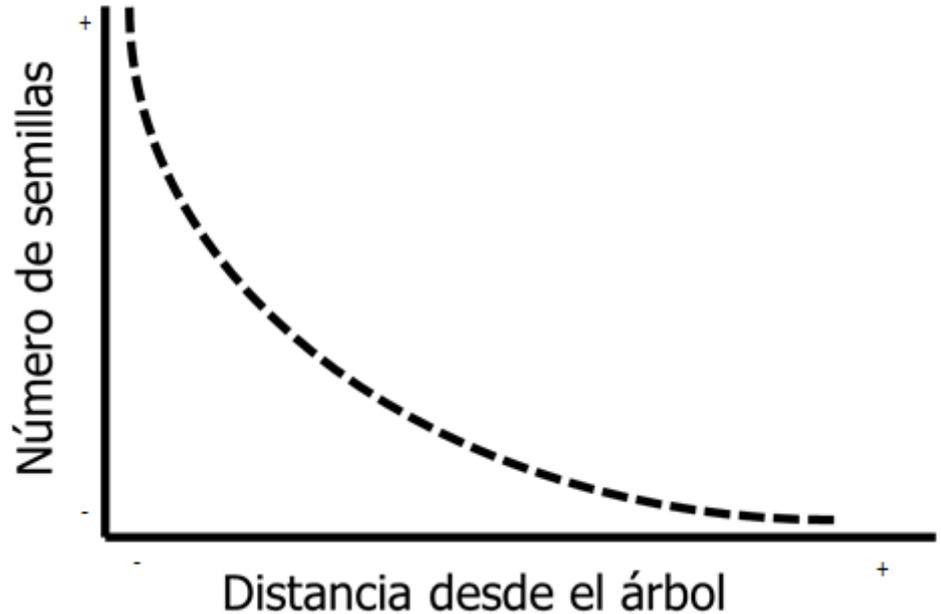
Pausas, J. G. (2010). Fuego y evolución en el Mediterráneo. Investigación y Ciencia

[https://digital.csic.es/bitstream/10261/41775/1/08-10\\_Pausas%5b2%5d.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/41775/1/08-10_Pausas%5b2%5d.pdf)

- El fuego es muy importante para la dispersión de los conos serótinicos
- Conos serótinicos: son aquellos que se abren o maduran después de un largo período, o por acción de eventos extraordinarios, como el fuego, por ejemplo.

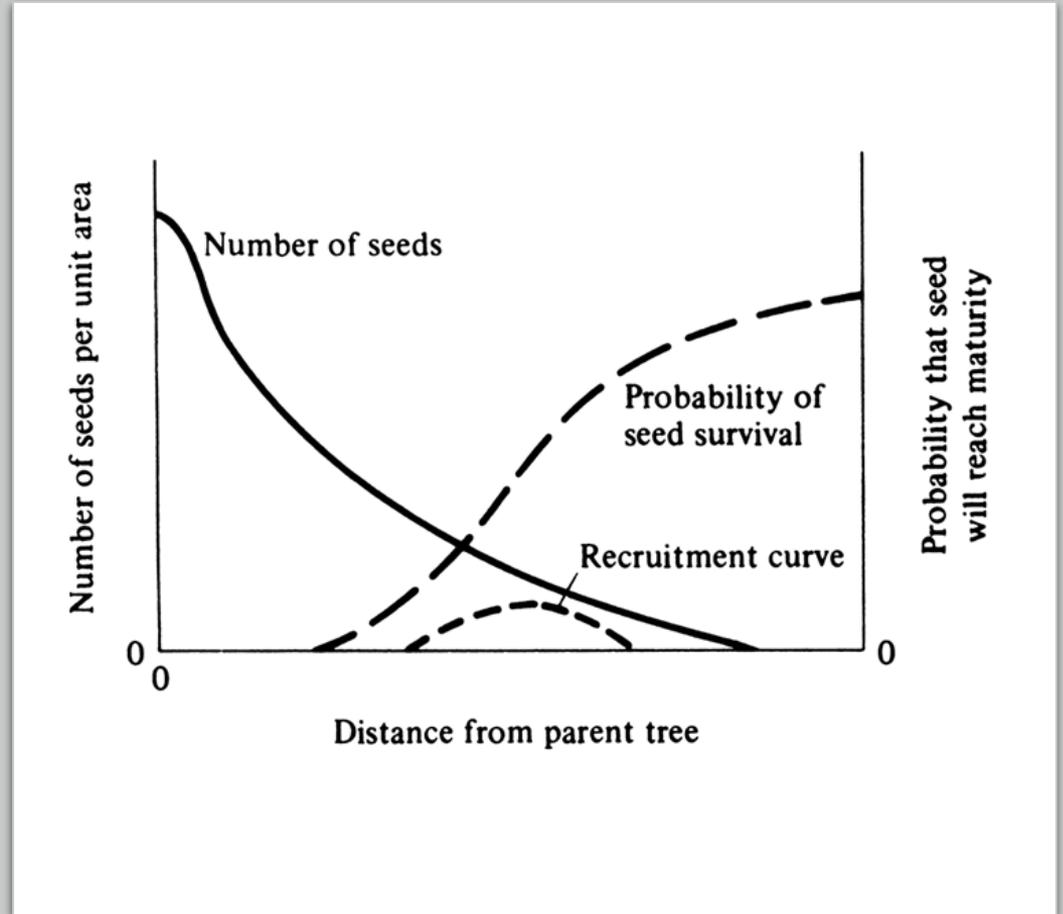
# Dispersión de semillas

- Distancia de dispersión: en general la mayor densidad de semillas se encuentra próxima al árbol semillero
- La magnitud de la distancia desde el árbol semillero dependerá del tamaño de las semillas y de los mecanismos de dispersión de cada especie.



# Dispersión de semillas

- Existen diferentes hipótesis sobre el patrón de establecimiento de las plantas en función de la distancia al árbol madre:
- El modelo *Janzen-Connell* postula que **el mayor reclutamiento** ocurre a distancias **intermedias** como consecuencia de una **mayor tasa de depredación cerca del semillero** por la atracción de los granívoros al sitio de mayor densidad de semillas.



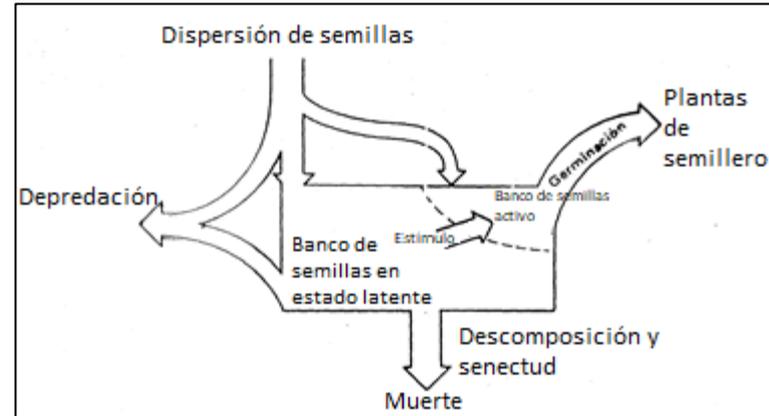


# Banco de semillas

Las semillas diseminadas en el piso forestal son almacenadas en el **banco de semillas**, durante un período corto o prolongado, hasta que germinan.

## Para germinar las semillas viables:

- 1) absorben agua
- 2) activan los procesos metabólicos y
- 3) inician el crecimiento del embrión.





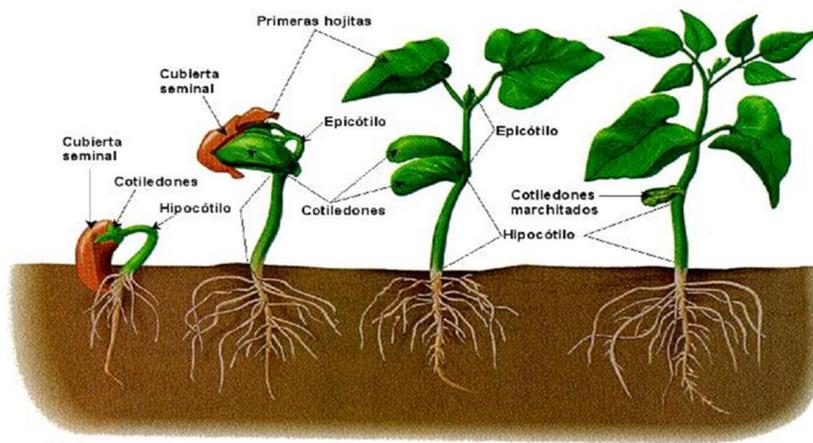
# Germinación

Las semillas que presentan estado de latencia puede ser:

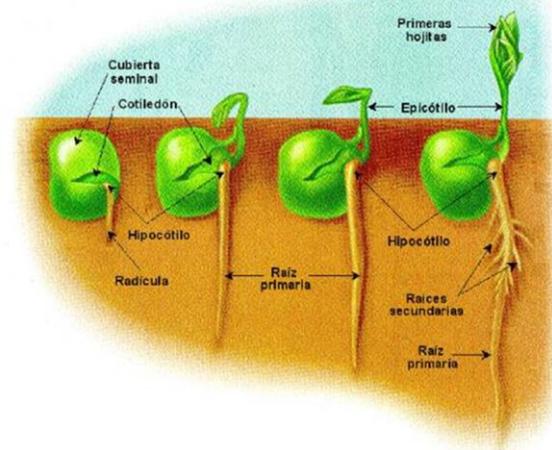
- Latencia fisiológica, derivada de un inhibidor o promotor de la germinación.
- Latencia externa, física o morfológica, donde existen estructuras que previenen o impiden la germinación por cierto tiempo, por ejemplo, la presencia de una cubierta seminal impermeable al agua, al oxígeno o una cubierta dura que impide mecánicamente la expansión del embrión.
- En zonas semiáridas existen semillas que presentan ambos tipos de latencia.

# Germinación

Según la posición de los cotiledones con respecto al suelo existen dos tipos de germinación:



**Germinación Epigea:** El alargamiento del hipocótilo lleva los cotiledones y la yema apical por encima del nivel del suelo. Una vez en el exterior, en los cotiledones se diferencian cloroplastos, que los transforma en los primeros órganos fotosintetizadores de la plántula. A continuación comienza a desarrollarse el epicótilo.



**Germinación Hipogea:** Los cotiledones permanecen enterrados y únicamente la plúmula supera el nivel del suelo. El alargamiento del hipocótilo (porción del eje de la plántula comprendido entre la radícula y el punto de inserción de los cotiledones) es precisamente nulo.

# Establecimiento



## Establecimiento y disponibilidad de luz

Existe un continuum en los requerimientos de germinación y establecimiento de las especies arbóreas, pero en general se las ha clasificado en dos grandes grupos\*, que representan los puntos extremos de ese gradiente:

**Especies pioneras**

**Especies tolerantes a la sombra o tardías.**

A estas dos categorías Spurr y Barnes (1982) agrega una tercera:

**Especies de “fase vacía” o estrategia de regeneración en claros (gaps)**

\*Ver Whitmore TC. 1989. Canopy Gaps and the Two Major Groups of Forest Trees. Ecology 70: 536-538

# Establecimiento



## Establecimiento y disponibilidad de luz

La denominación de especies **pioneras** o **tardías** se relaciona con su aparición durante el proceso sucesional. La sucesión ecológica será tratada más adelante en este curso pero por ahora podemos definirla como un proceso de reemplazo de especies a lo largo del tiempo a partir de la ocurrencia de un disturbio.

**Un disturbio** es definido como cualquier evento relativamente discreto en el tiempo que produce cambios en la estructura de una población, comunidad o ecosistema y cambia el ambiente físico y la disponibilidad de recursos (Picket & White 1985)

Se asocia un síndrome completo de caracteres con cada grupo, pioneras o tardías, los cuales confieren una ventaja selectiva a las especies pertenecientes a cada uno de ellos.

# Establecimiento



## Establecimiento y disponibilidad de luz

**Especies pioneras:** solo se establecen en grandes espacios abiertos, producto de disturbios de grandes dimensiones, como incendios, deslizamientos de laderas, entre otros. Tienen altas demandas de luz y recursos del suelos (agua y nutrientes). Producen abundantes semillas pequeñas, de amplia dispersión, que aumentan las posibilidades de alcanzar espacios abiertos, a lo que se suma un crecimiento rápido en altura, que aumenta la posibilidad de ocupar el área a la que llegan. Son intolerantes a la sombra **por lo que no regeneran debajo de su propio dosel.** Dentro de este grupo, a su vez, pueden distinguirse especies de porte bajo y longevidad breve y otras que alcanzan mayor altura en su madurez y son más longevas, denominadas pioneras longevas.

La caída de árboles de *Nothofagus pumilio* se produjo por la ocurrencia de una tormenta de viento el año 1998 en Tierra del Fuego. La fotografía fue tomada 14 años después de ocurrida la tormenta



Fotografía: Alvaro Promis, tomado de Promis A. 2018. Claros de dosel en bosques nativos templados de Chile y Argentina: Conocimientos actuales y desafíos para el futuro. En: Donoso P, Promis A, Soto D. Silvicultura en bosques nativos Experiencias en silvicultura y restauración en Chile, Argentina y el oeste de Estados Unidos. The Chile Initiative, OSU College of Forestry. [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/174736/Donoso\\_et al\\_2018\\_libro\\_Silvicultura\\_Bosques\\_Nativo\\_s.pdf?sequence=1](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/174736/Donoso_et al_2018_libro_Silvicultura_Bosques_Nativo_s.pdf?sequence=1)

# Establecimiento



## Establecimiento y disponibilidad de luz

**Especies tolerantes a la sombra o tardías:** Pueden establecerse a la sombra del bosque cerrado, cuando se producen claros pequeños, por la caída de uno o pocos árboles, se liberan las plantas, es decir, comienza el crecimiento en altura. Suelen producir menos semillas que las pioneras, de mayor tamaño, que contienen reservas alimenticias adecuadas para la germinación y el establecimiento a bajos niveles de radiación solar (germinación hipogea). Son de crecimiento lento.



# Establecimiento



## Establecimiento y disponibilidad de luz

**Especies de “fase vacía” o estrategia de regeneración en claros: Pueden germinar y establecerse en claros de diferente tamaño.**

Algunas especies sólo pueden germinar y establecerse después de formado el claro y otras tienen cierta tolerancia a la sombra y pueden germinar y sobrevivir algún tiempo bajo el dosel. Debe tenerse presente que aún claros de igual tamaño pueden presentar características muy diferentes, dependiendo de su forma, orientación, altura del bosque circundante, entre otras.

En especies que regeneran en claros es muy importante el rol de las aves o pequeños mamíferos como agentes de dispersión de las semillas.



# Reproducción asexual

## Ventajas y desventajas



## Reproducción sexual

- La descendencia o progenie no es idéntica a los padres, ya que la meiosis (que formó las gametas) y la fecundación (que originó el cigoto y embrión) recombinaron la información genética de las plantas progenitoras.
- Origina descendencia con caracteres variables (por ejemplo diferentes alturas o productividad).
- Favorece la variabilidad genética y cambios evolutivo de la especie.

Más información:

<http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema22/multiplicacion-vegetativa.htm>

<https://www.agrosintesis.com/metodos-de-propagacion-vegetativa/>

## Reproducción asexual

- **La multiplicación o propagación vegetativa o asexual** es la producción de una planta a partir de una célula, un tejido, un órgano o parte de una planta madre.
- Se obtienen plantas idénticas a la progenitora, y entre ellas (clones) ya que no hay recombinación genética.
- Se mantienen y propagan características deseables, por ejemplo: alta productividad, tolerancia a insectos, resistencia a enfermedades, tolerancia al estrés hídrico, entre otras.
- Al ser individuos clonados (idénticos) su uniformidad es una ventaja en el manejo de un cultivo.
- La misma uniformidad de la descendencia es una desventaja si cambian las condiciones, ya que todos los individuos pueden ser susceptibles a una plaga o a cambios en las condiciones climáticas.

# Reproducción asexual

## Mecanismos

- Brote del cuello radical
- Brote del tubérculo leñoso
- Brote de raíz
- Fragmentación
- Estolones



Fotografía tomada de: <http://blogs.unlp.edu.ar/uvf/actividades/actividades-realizadas/>

Más información:

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiuit-dtbfvAhUSF7kGHSrhCywQFjABegQIAhAD&url=https%3A%2F%2Fwww.casadelibrosabiertos.uam.mx%2Fcontenido%2Fcontenido%2FLibroelectronico%2Fmanual\\_plantas.pdf&usq=AOvVaw2ga3ODuNmkeZHISTeHQWN2](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiuit-dtbfvAhUSF7kGHSrhCywQFjABegQIAhAD&url=https%3A%2F%2Fwww.casadelibrosabiertos.uam.mx%2Fcontenido%2Fcontenido%2FLibroelectronico%2Fmanual_plantas.pdf&usq=AOvVaw2ga3ODuNmkeZHISTeHQWN2)

# Fenología



Es el estudio de los fenómenos periódicos o estacionales de la vida vegetal y sus relaciones con el clima.

- La inclinación del eje de rotación de la Tierra y la naturaleza elíptica de la órbita terrestre hacen que las condiciones del tiempo prevalecientes en cualquier punto del globo varíen cíclicamente a lo largo del año.
- Entendemos por fenómenos periódicos o estacionales: cambios visibles de los procesos vitales básicos que se producen en un vegetal, en el transcurso de un ciclo o período (foliación, floración, fructificación, colorido otoñal y caída del follaje).
- Los eventos fenológicos son conocidos como fenofases.
- Se distinguen fenofases vegetativas y reproductivas. Las primeras incluyen la producción de hojas nuevas y la caída de hojas. Las fenofases reproductivas son la floración y la fructificación.
- Las fenofases responden al control genético (hormonal) y factores climáticos (luz, temperatura, humedad).

# Fenología

## Foliación



Download from  
**Dreamstime.com**  
This watermarked comp image is for previewing purposes only.

41748088  
Skylinepictures | Dreamstime.com

## Caída del follaje



Download from  
**Dreamstime.com**  
This watermarked comp image is for previewing purposes only.

98492152  
Anton Petrus | Dreamstime.com

# Fenología

## Floración



## Fructificación



# Fenología



## Causas de los patrones fenológicos

***Causas próximas.*** Señales que disparan los eventos fenológicos, por ej. estacionalidad térmica, hídrica, mecanismos endógenos de las plantas.

***Causas últimas.*** Razones evolutivas de los eventos fenológicos:

- ✓ Factores abióticos como presión de selección: la temporalidad de la producción de hojas y flores ha sido seleccionada de manera que sus picos coincidan con la época de máxima radiación solar.
- ✓ Interacciones entre especies: herbivoría, polinizadores compartidos, competencia por los dispersores de frutos y semillas

# Lecturas sugeridas



[Regeneración de Austrocedrus chilensis \(Adriana Rovere, Miriam E. Gobbi y María A. Relva\)](#)  
[Descargar archivo](#) (994.6Kb) - PDF

Perea R. 2012. Dispersión y predación de semillas por la fauna: Implicaciones en la regeneración forestal de bosques templados. Ecosistemas 21 (1-2): 224-229.  
<http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=718>

Ritter, L. J., Goya, J. F., Pinazo, M. A., Campanello, P., Eichelberger, R., Rojas, L., & Arturi, M. 2016. Mecanismos de establecimiento de árboles nativos en plantaciones de Pinus taeda L. en el N de Misiones, Argentina. Revista Forestal Yvyrareta 23: 21-29. [https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/2673/Ritter%20L\\_2016\\_%20Mecanismos%20de%20establecimiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/2673/Ritter%20L_2016_%20Mecanismos%20de%20establecimiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y)