

# *Introducción a la perturbación, regeneración y sucesión de bosques tropicales*



Desarrollada por:  
Gillian Bloomfield

ELTI is a joint initiative of:

**Yale** SCHOOL OF FORESTRY &  
ENVIRONMENTAL STUDIES

Smithsonian Tropical Research Institute  PANAMA

# Introducción

*"Los bosques tropicales primigenios, sin perturbaciones y que permanecen estables desde 'el inicio de los tiempos' son un mito." TC Whitmore*

Las perturbaciones son importantes y están siempre presentes en los ecosistemas de bosque tropical.

Las interacciones complejas entre el rango de perturbación y los distintos procesos de regeneración afectan a las estructuras y funciones del bosque tropical.



# *Contenido de la presentación*

- Introducción a las perturbaciones naturales
- El potencial de regeneración
  - Estrategias reproductivas de las especies
  - Estrategias de crecimiento de las especies
  - Los cuatro elementos del potencial de regeneración
- Los procesos de sucesión forestal y florística de comunidades
  - Las clasificaciones de la sucesión
  - Las cuatro etapas en el desarrollo del bosque
  - Trayectorias alternativas de la sucesión



# *Perturbación forestal*

Los tres elementos de las perturbaciones forestales pueden llegar a ocasionar efectos profundos en la estructura, composición y funciones del bosque.

## **Origen**

Natural

Antropogénico

## **Frecuencia**

Aguda

Crónica

## **Severidad**

Mortalidad parcial

Mortalidad completa



# *Perturbación forestal*

## El Origen

### **Natural** – Eventos que ocurren naturalmente:

- Derribos por el viento
- Huracanes o tifones
- Incendios forestales
- Inundaciones

### **Antropogénico** – Eventos causados por el ser humano:

- Deforestación (minería, desmonte)
- Degradación (fragmentación, extracción de recursos maderables o cosecha de PFNMs)



# *Perturbación forestal*

## Frecuencia

**Aguda** – Eventos individuales que alteran o destruyen el bosque:

- Desmonte
- Huracanes o tifones
- Incendios forestales
- Minería

**Crónica** – Eventos recurrentes de degradación continua del bosque:

- Cosecha indiscriminada de recursos maderables o PFNMs
- Incendios
- Desmonte prolongado



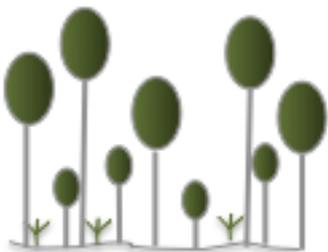
# *Perturbación forestal*

## Severidad

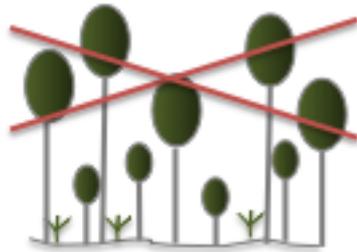
**Mortalidad parcial** – Eventos que derriban o remueven los árboles del dosel, pero que respetan el sotobosque, el banco de semillas del suelo, los rizomas y los tocones.

**Mortalidad completa** – Eventos que destruyen todo el material vegetal en la superficie, de tal manera que los procesos de regeneración dependen completamente de las semillas sobrevivientes en el suelo y/o de las semillas que sean depositadas posteriormente en el sitio afectado.

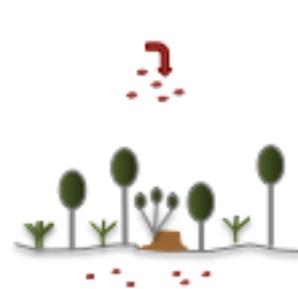
Bosque en pie



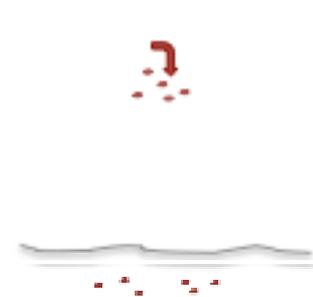
Perturbación



Mortalidad parcial



Mortalidad completa



# *Perturbación natural*

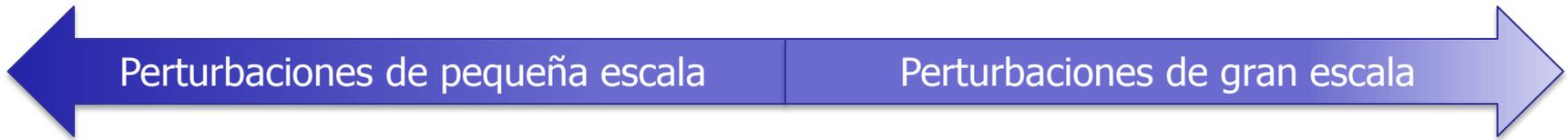
Las escalas de las perturbaciones **naturales** del bosque.

## **Derribo de arbolado**

Agudo o crónico, mortalidad parcial

## **Huracanes**

Agudo, mortalidad parcial



## **Desprendimiento de tierras**

Agudo, mortalidad completa

## **Flujos de lava**

Agudo, mortalidad completa



# *Perturbación del bosque*

## Consideraciones: Incendios

Los incendios forestales son una perturbación singular porque puede ser clasificado como:

- Por causas naturales o antropogénicas
- Agudo o crónico (si es recurrente)
- Mortalidad total o parcial
- De gran escala o localizado

Algunos bosques tropicales secos presentan regímenes de perturbación que incluyen incendios crónicos y no-letales. Las especies dominantes de estos ecosistemas cuentan con adaptaciones para:

- Raíces y tallos re-germinativos,
- Semillas que germinan después de un incendio, y/o
- Semillas dispersadas por el viento que colonizan rápidamente después de un incendio forestal.



# *Dinámica de los bosques y recuperación*

Así como la perturbación es una parte natural de los bosques tropicales, también lo es la regeneración natural y los procesos de sucesión

## Regeneración Natural

= Los procesos naturales mediante los cuales un ecosistema forestal se recupera después de experimentar una perturbación.

## Sucesión

= Después de una perturbación, las comunidades vegetales colonizan, cambian a lo largo de un periodo de tiempo y modifican al sitio perturbado.



# *Dinámica de los bosques y recuperación*

Los procesos de regeneración forestal y de sucesión dependen de factores en dos escalas diferentes:

- El **potencial de regeneración** a nivel especie de las especies presentes en el sitio
- Las **trayectorias de sucesión** a nivel comunidad del ecosistema perturbado

Ambas son fuertemente impactadas por la escala de ***severidad*** (mortalidad) del evento de perturbación forestal



# *Potencial de regeneración*

= La potencial que tienen ciertas especies de estar presentes o llegar a un sitio después de un evento de perturbación.

Influenciada por el evento de perturbación y los siguientes cuatro elementos:

- Regeneración avanzada
- Brotes o retoños de raíces y tocones
- Bancos de semillas en el suelo
- Lluvia de semillas

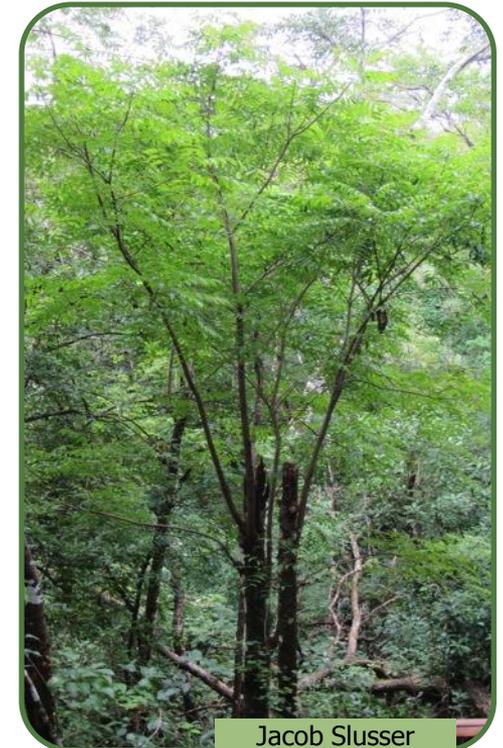
Para definir estos cuatro elementos, debemos recurrir a las estrategias de **reproducción** y de **crecimiento** de las especies arbóreas.



# *Estrategias reproductivas*

## Reproducción vegetativa

= el método por el cual el material vegetal (tallos, raíces, o tocones) puede generar nuevos brotes sin la necesidad de mezclas genéticas de dos plantas individuales.



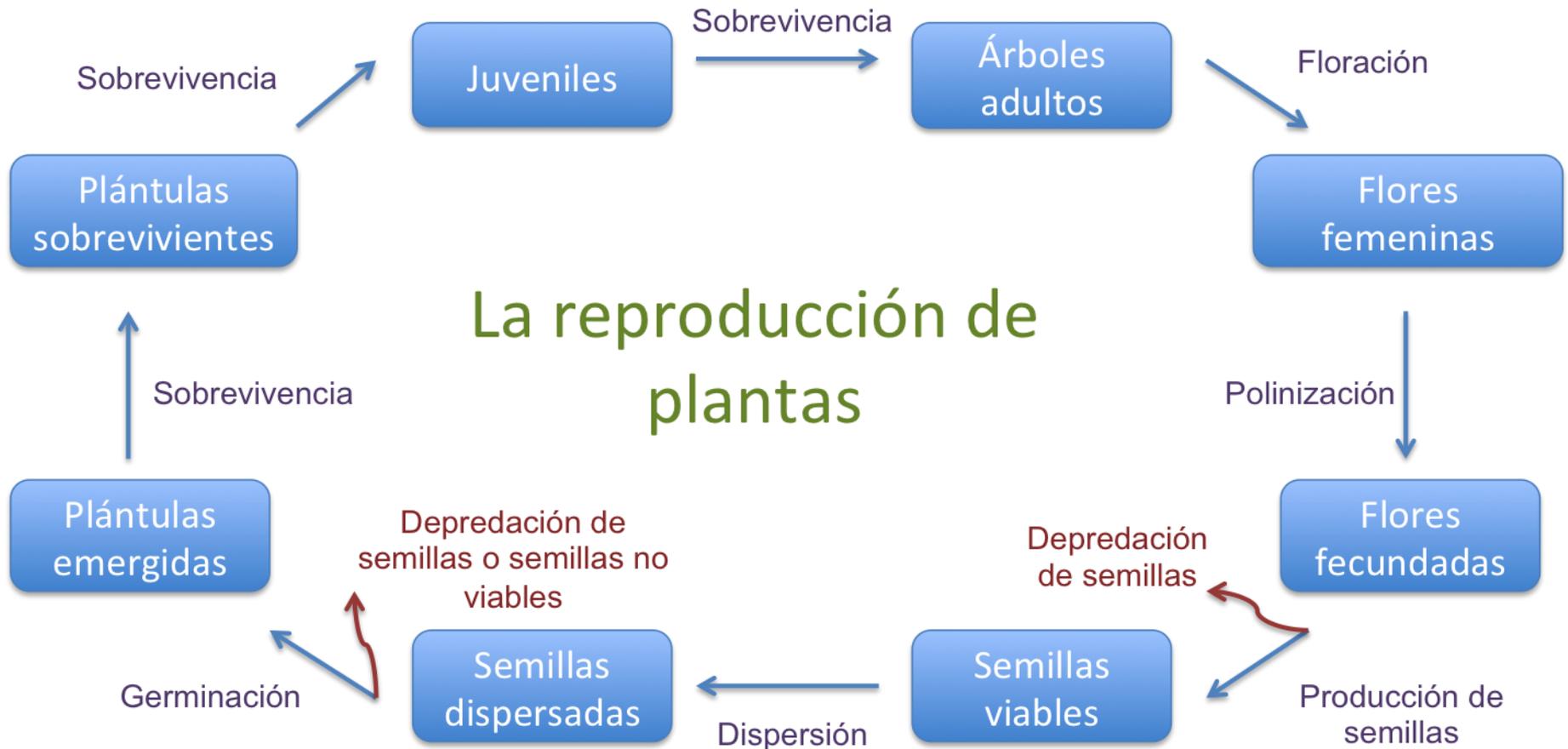
Después de una perturbación, algunas especies de árboles pueden producir **brotes en las raíces o en los tocones** que pueden llegar a crecer y ser árboles que formen parte del dosel.

La reproducción vegetativa es más común en los bosques secos que en los bosques húmedos.

# Estrategias reproductivas

## Reproducción sexual

= Se refiere al método mediante el cual se forma un nuevo individuo a partir de la mezcla genética de dos plantas "padre".



# Estrategias reproductivas

## Reproducción sexual

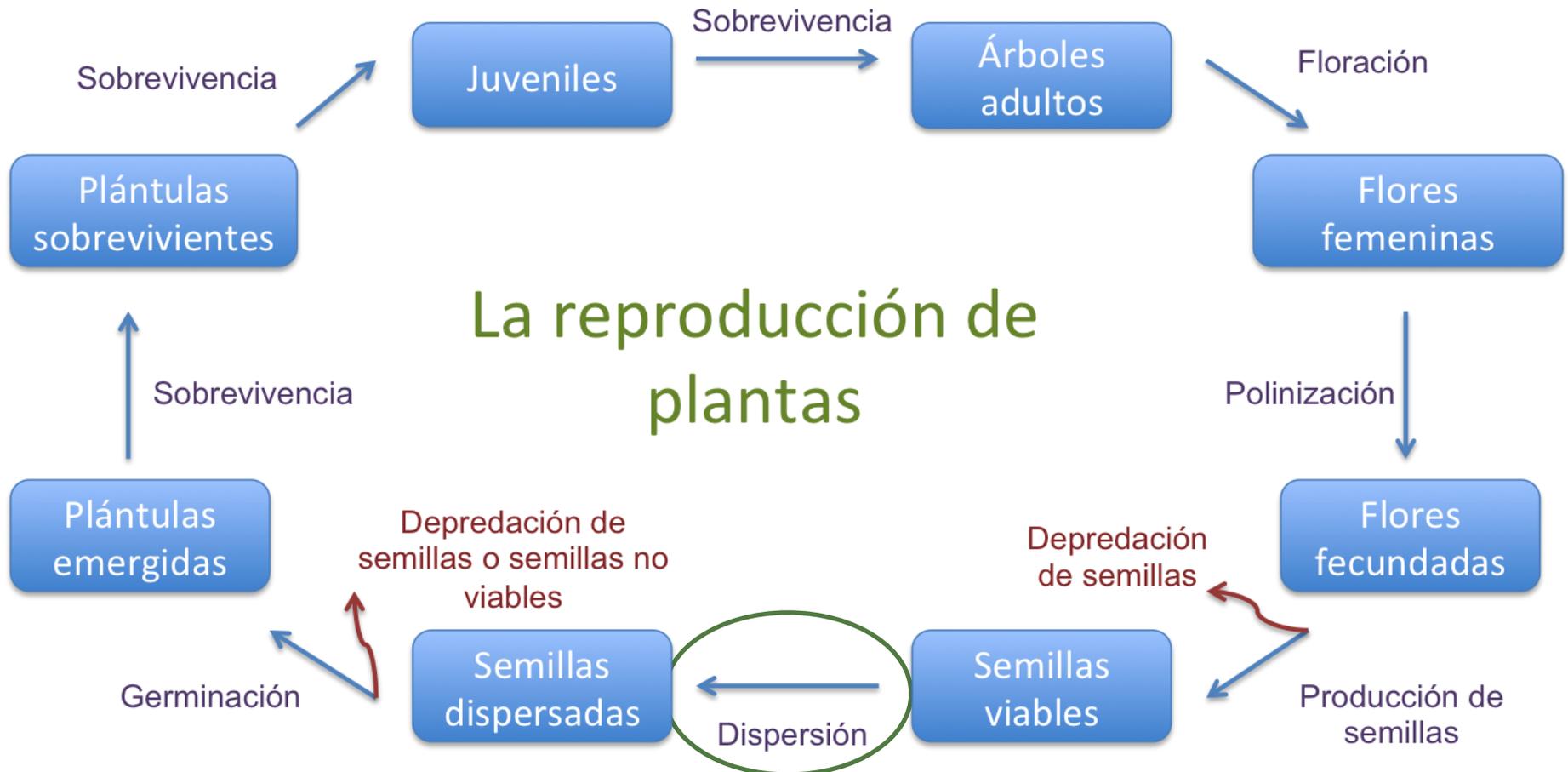
= Se refiere al método mediante el cual se forma un nuevo individuo a partir de la mezcla genética de dos plantas "padre".



# Estrategias reproductivas

## Reproducción sexual

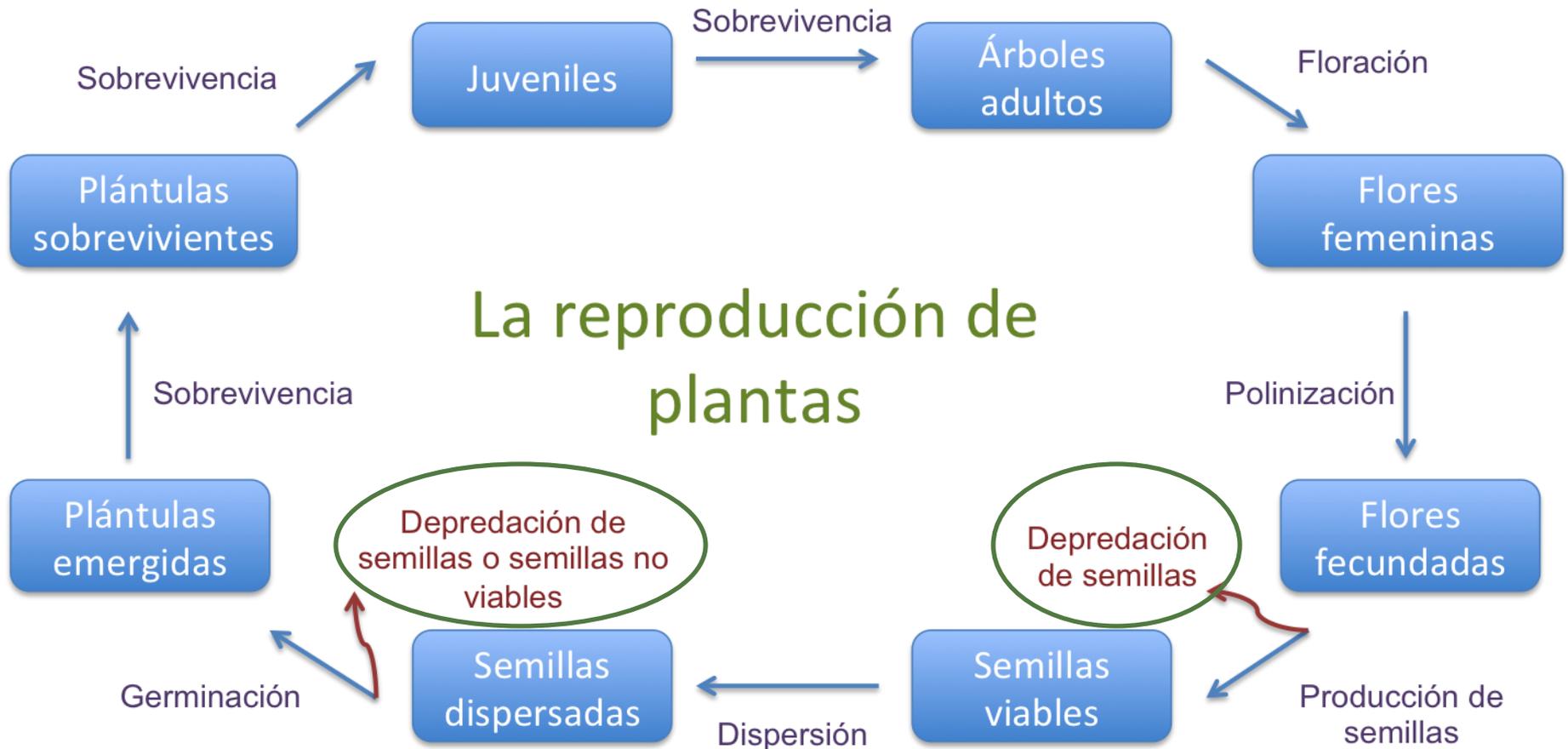
= Se refiere al método mediante el cual se forma un nuevo individuo a partir de la mezcla genética de dos plantas "padre".



# Estrategias reproductivas

## Reproducción sexual

= Se refiere al método mediante el cual se forma un nuevo individuo a partir de la mezcla genética de dos plantas "padre".



# Estrategias reproductivas

## Reproducción sexual

= Se refiere al método mediante el cual se forma un nuevo individuo a partir de la mezcla genética de dos plantas "padre".



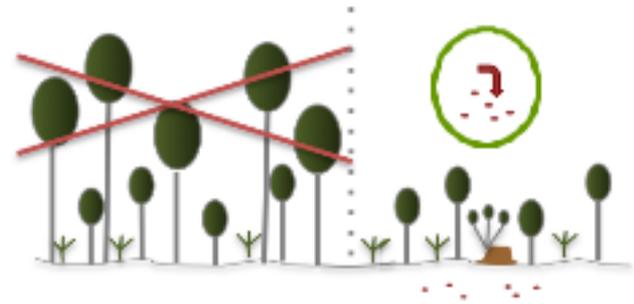
# Estrategias reproductivas

## Lluvia de semillas

= las semillas que han sido dispersadas por viento, gravedad o animales hacia un sitio después de una perturbación.

### Potencial de regeneración

Elemento 4: **Lluvia de semillas**



- Las plantas de los bosques cercanos fungen como fuentes de semillas.
- Las semillas que llegan a un sitio en regeneración después de una perturbación son pequeñas, ligeras y numerosas.

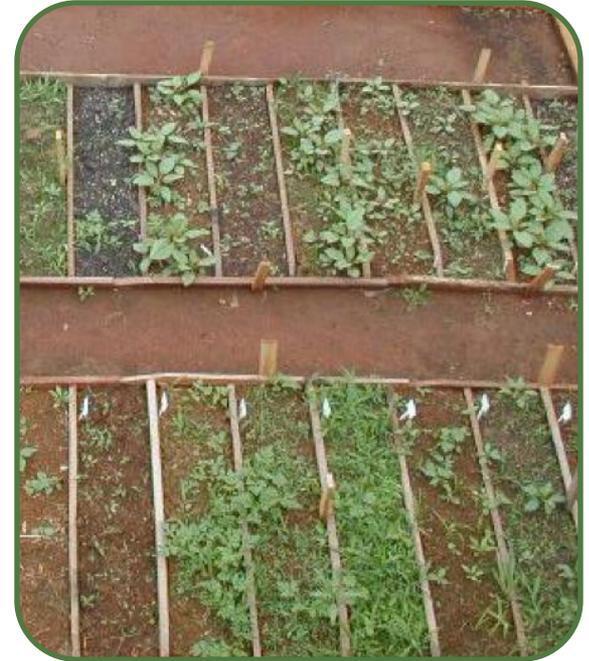


# Estrategias reproductivas

## Banco de semillas

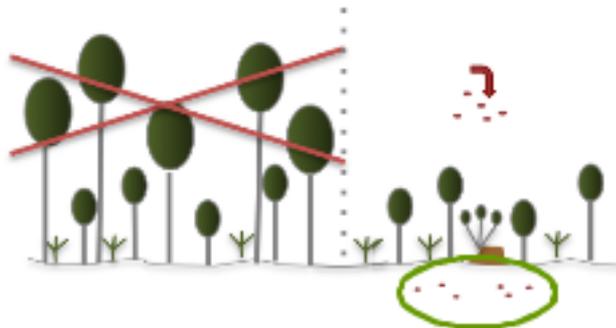
= las semillas viables en el suelo que conservan el potencial de germinar después de una perturbación.

Estas semillas se consideran **"ortodoxas"**, lo que significa que son tolerantes a la desecación y que pueden germinar después de almacenamiento.



### Potencial de regeneración

Elemento 3: **Banco de semillas**



Pruebas de germinación y composición de especies dentro de un banco de semillas conducidas por el Laboratorio de Ecología y Restauración Forestal

LERF, ESALQ/USP

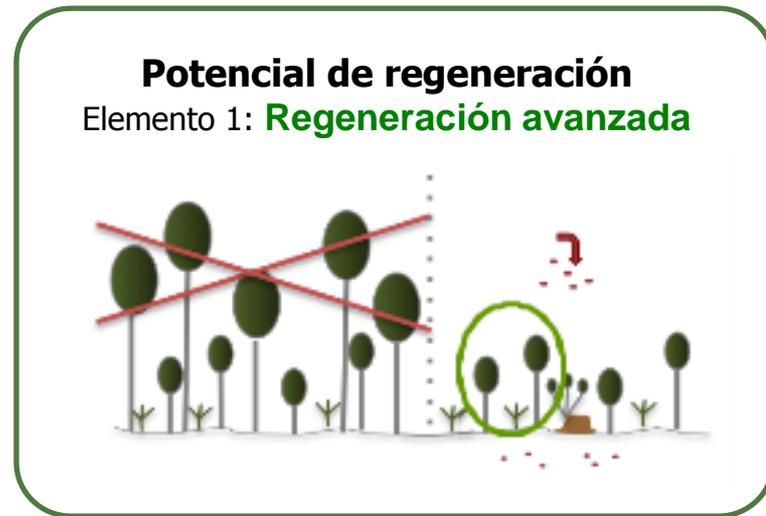


# *Estrategias de crecimiento*

## Regeneración avanzada

= los árboles que germinan y crecen en el sotobosque y que pueden llegar a lograr dominancia, después de un evento de perturbación con mortalidad parcial.

Los árboles que conforman la regeneración avanzada provienen de semillas medianas a grandes en tamaño que son dispersadas por gravedad o animales.



En muchas ocasiones, estas semillas se clasifican como "**recalcitrantes**", (son semillas sensibles a la desecación)

# *Estrategias de crecimiento*

## Regeneración avanzada

Las especies que componen la regeneración avanzada cuentan con diferentes tasas de crecimiento y de tolerancia a la sombra.

- **Las especies tolerantes a la sombra** pueden crecer y sobrevivir en el sotobosque hasta que su crecimiento sobrepasa los árboles que conforman el dosel existente o han sido removidos o han muerto.  
(Por ejemplo: jagua – *Genipa americana*)
- **Las especies tolerantes a la sombra intermedia** pueden germinar y comenzar pero requieren de luz solar directa o un claro para que puedan lograr un establecimiento exitoso.  
(Por ejemplo: caoba - *Swietenia macrophylla*)

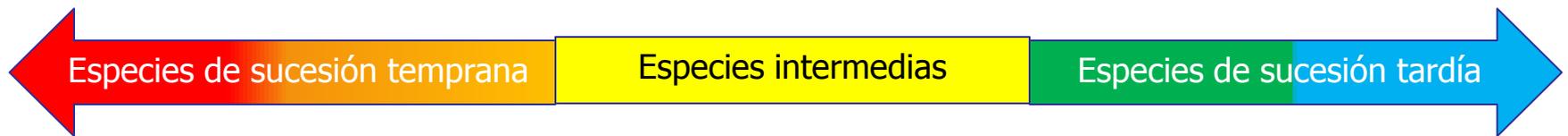


# *Estrategias de crecimiento*

## Etapa de sucesión

Al combinar la estrategia de semillas, crecimiento y requerimientos de luz, las especies forestales pueden ser clasificadas en dos categorías basándonos en cuándo ocurre su crecimiento como parte del proceso de sucesión.

También existen las especies intermedias que pueden presentar diferentes estrategias de crecimiento.



# *Estrategias de crecimiento*

## Especies de sucesión temprana

- Comienzan su crecimiento en sitios con alta luz solar
- Presentan intolerancia a la sombra
- Crecimiento acelerado y dispersión de semillas pequeñas por viento o por la acción de animales pequeñas.

En términos de la recuperación del bosque:

- Presentes en los **bancos de semillas del suelo** y su germinación se dispara por el cambio en las condiciones de luz
- Son dispersadas al sitio poco después del evento de perturbación por medio de la **lluvia de semillas**.



# *Estrategias de crecimiento*

## Especies de sucesión temprana

Existen dos subcategorías de especies de sucesión temprana:

### **Pioneras colonizadoras**

- Periodo de vida corto
- Forman copas tipo sombrilla
- Especies neotropicales:
  - Cecropia spp.* (Guarumo)
  - Luhea spp.* (Guácimo colorado)
  - Guazuma spp.* (Guácimo)
  - Ochroma spp.* (Balsa)

### **Pioneras de larga vida**

- Periodo de vida largo
- Forman coronas más densas en las copas
- Especies neotropicales:
  - Astronium spp.* (Zorro)
  - Spondias spp.* (Ciruela)
  - Sweitenia spp.* (Caoba)
  - Tabebuia spp.* (Roble)



# *Estrategias de crecimiento*

## Especies de sucesión tardía

- Las especies que comienzan su crecimiento bajo el dosel:
  - Con condiciones de luz solar disminuida
  - Presentan tolerancia a la sombra
  - Crecimiento lento y dispersión de semillas medianas o grandes por la gravedad o por animales grandes.

Son parte de la **regeneración avanzada:**

- Obtienen la dominancia del sitio una vez que las especies de sucesión temprana comienzan su declive.



# *Estrategias de crecimiento*

## Especies de sucesión tardía

Existen cuatro subgrupos de especies de sucesión tardía:

- Árboles de dosel generalistas al sitio
- Árboles de dosel restringidos al sitio
- Árboles del sub-dosel
- Árboles del sotobosque



# Estrategias de crecimiento

## Árboles de dosel de sucesión tardía

Mapas de Ashton et al. 2001

### Especialistas – Restringidos al sitio

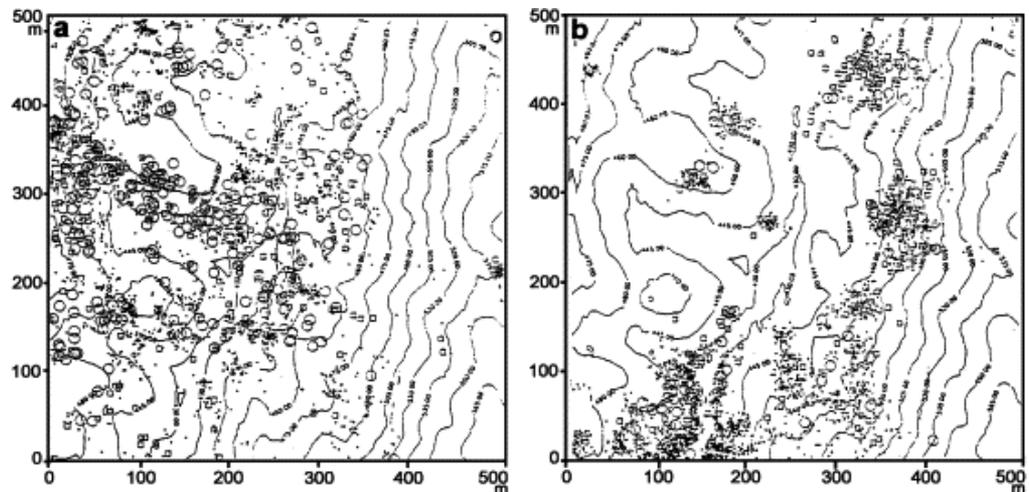
- Están adaptados a condiciones específicas del sitio como especialistas
- Dominan el dosel, se encuentran creciendo juntos
- Tienen ventaja sobre otras plantas en las ubicaciones deseadas, pero limita su rango en general

En el Neotrópico:

*Calophyllum spp.* (María)

*Copaifera spp.* (Cabimo)

*Hymenaea spp.* (Algarrobo)



# Estrategias de crecimiento

## Árboles de dosel de sucesión tardía

Mapas de Ashton et al. 2001

### Generalistas al sitio

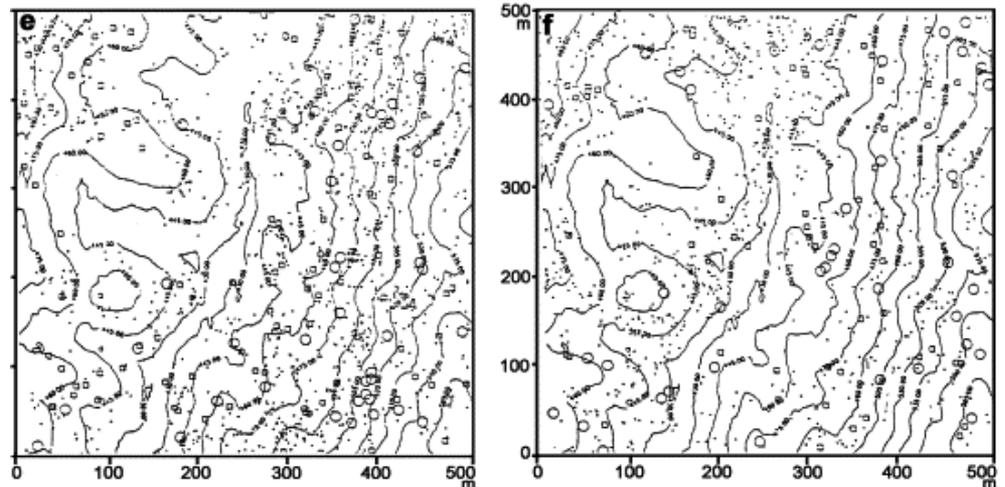
- Están adaptados a un amplio rango de condiciones de sitio.
- No dominan el dosel, se encuentran espaciados dentro del paisaje.
- Tienen dispersión adaptados para establecerse lejos del árbol padre.
- A menudo tienen semillas grandes con frutos, dispersadas por animales.

En el Neotrópico:

*Anacardium spp.* (Espavé)

*Andira spp.* (Almendro del río)

*Tachigali spp.* (árbol suicida)



# Estrategias de crecimiento

## Árboles del sub dosel y sotobosque

Especies del sub dosel y del sotobosque nunca llegan a los niveles más altos del dosel del bosque. Estas especies presentan:

- Gran tolerancia a la sombra
- Fuerte dependencia de la propagación vegetativa
- Los bajos niveles de luz solar reducen las posibilidades de atraer polinizadores y agentes de dispersión para la reproducción sexual

### Especies del sub dosel

Especies neotropicales:

*Poulsenia spp.* (cucua, mastate)

*Pouteria spp.* (nisperillo)

*Protium spp.* (copal, chutra)

### Especies del sotobosque

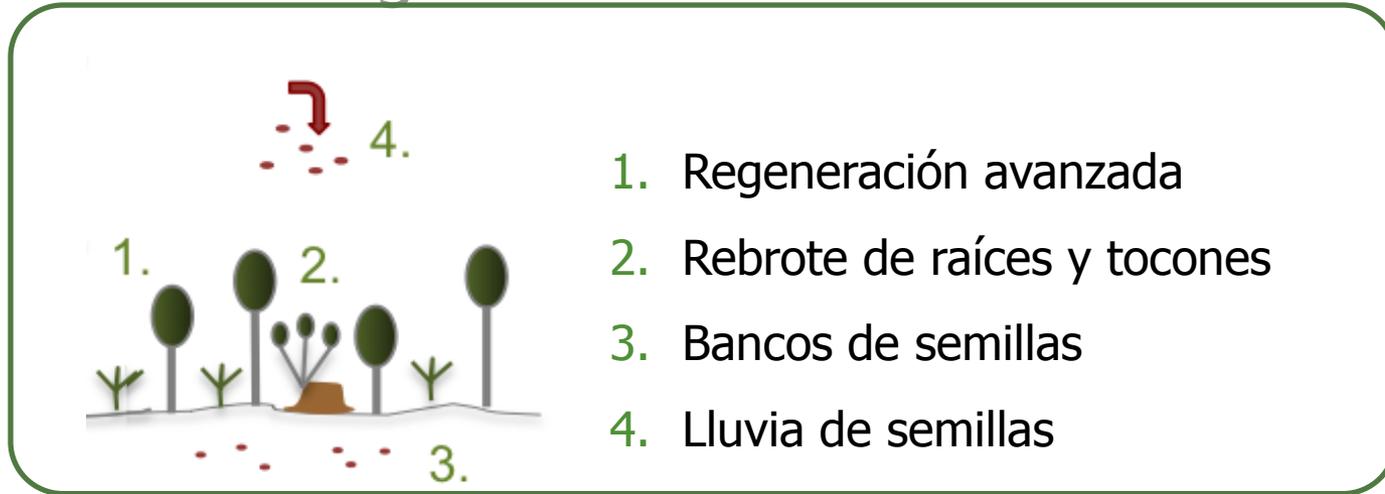
Especies neotropicales:

*Casearia aculeata* (Espino blanco, corta lengua)



# *¡Poniendo todo en contexto!*

## Potencial de regeneración



La habilidad de estos cuatro elementos de regeneración es determinada por:

1. La combinación de la escala de severidad (mortalidad) del evento
2. La estrategia de reproducción/crecimiento que tienen las especies.

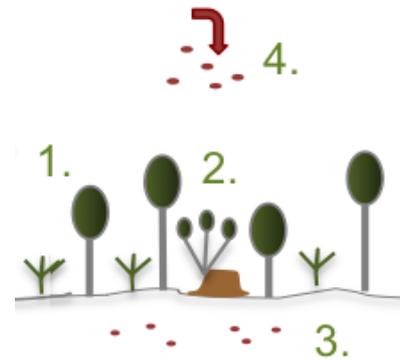


# *¡Poniendo todo en contexto!*

## Potencial de regeneración: Ejemplos

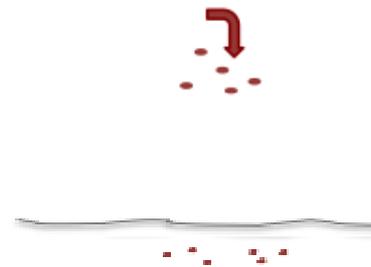
Después de una perturbación de **mortalidad parcial**, pueden ocurrir los cuatro elementos para la regeneración de las especies arbóreas.

*P.ej.: Huracán, Tala*



Después de una perturbación de **mortalidad completa**, el potencial de regeneración depende principalmente de la lluvia de semillas y del banco de semillas (si acaso el suelo continua presente).

*P.ej.: Flujo de lava, desprendimiento, deforestación*



# *Trayectorias de sucesión*

Adicionalmente al potencial de regeneración, un componente importante para la dinámica del bosque en el tiempo es la:

## Sucesión

= Se refiere a los cambios en las comunidades vegetales en un periodo posterior a un evento de perturbación, en el cual diferentes grupos de plantas obtienen la dominancia en las diferentes etapas del desarrollo forestal.

Los efectos de las perturbaciones a la vegetación y el suelo tienen influencia en ambos:

- El tipo de sucesión (**primaria** o **secundaria**), y
- Las trayectorias de florística (**de relevo** o **inicial**).



# *Categorías de sucesión*

## Sucesión primaria

= el proceso de recuperación del bosque después de una perturbación con mortalidad completa en la cual el suelo es removido, al grado que las especies de árboles no pueden establecerse

## Sucesión secundaria

= el proceso de recuperación del bosque que ocurre después de una perturbación en la cual el suelo permanece intacto y las especies de árboles se pueden recuperar

La **sucesión secundaria** ocurre después de que suceden la mayoría de las perturbaciones naturales en los trópicos.

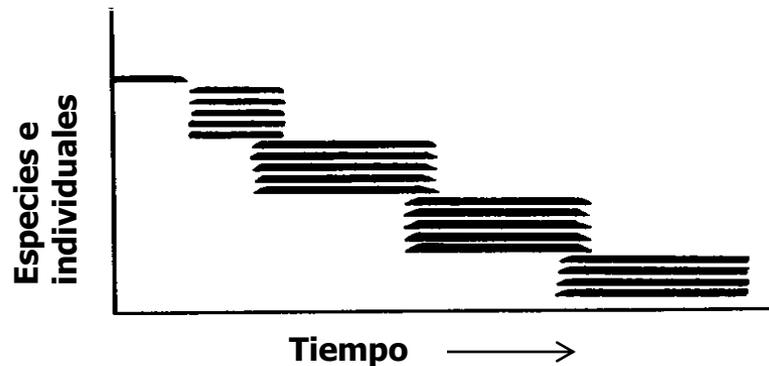
La **sucesión primaria** es rara después de una perturbación natural en los trópicos, ocurriendo después de erupciones volcánicas y desprendimiento de tierras severos.

# Categorías de florística

Existen dos tipos de modelos distintos que explican la dominancia de diferentes tipos de especies en diferentes etapas de la sucesión.

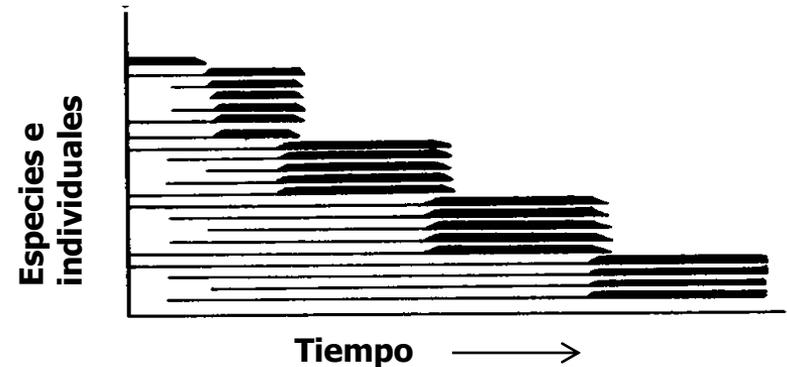
## A. Florística de relevo

Perturbación



## B. Florística inicial

Perturbación



(Adaptado de Egler, 1954)

- A. Florística de relevo:** Un grupo invade un sitio y es reemplazado por otro grupo de especies invasoras una vez que las primeras han transformado el sitio.
- B. Florística inicial:** Todas las especies invaden al mismo tiempo después del evento de perturbación pero aseguran su dominancia en momentos distintos.

La **florística inicial** ocurre después de la mayoría de las perturbaciones naturales en los trópicos.

# *Las trayectorias de sucesión*

## Perturbaciones naturales vs. antropogénicas

En los bosques tropicales, la gran mayoría de las perturbaciones naturales conlleva a un proceso de sucesión secundaria compuesto por florística inicial.

Las perturbaciones antropogénicas pueden llegar a interferir con los procesos naturales de la regeneración y sucesión.

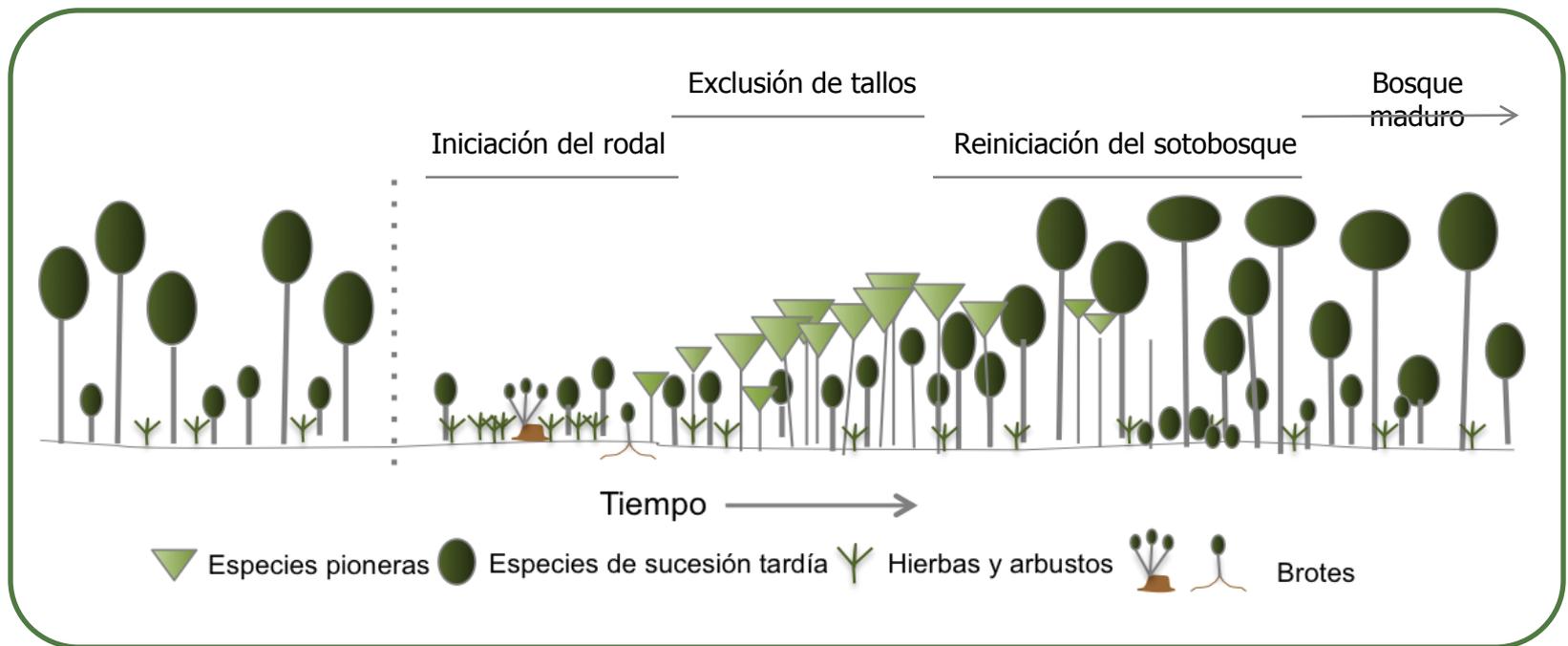
En estos casos, el proceso de florística de relevo puede ocurrir tal que las condiciones del suelo y el microclima son modificadas por algunas especies, permitiendo entonces que pueda llegar a suceder la eventual colonización y el establecimiento de otras especies.



# Las trayectorias de sucesión

En esta presentación vamos a recalcar cuatro etapas en la sucesión:

- Iniciación del rodal
- Exclusión de tallos
- Reiniciación del sotobosque
- Bosques maduros



# *Las trayectorias de sucesión*

## Duración de la sucesión

Puede variar ampliamente dentro de los bosques tropicales

Depende en las condiciones particulares de clima, suelo y topografía dentro del sitio.

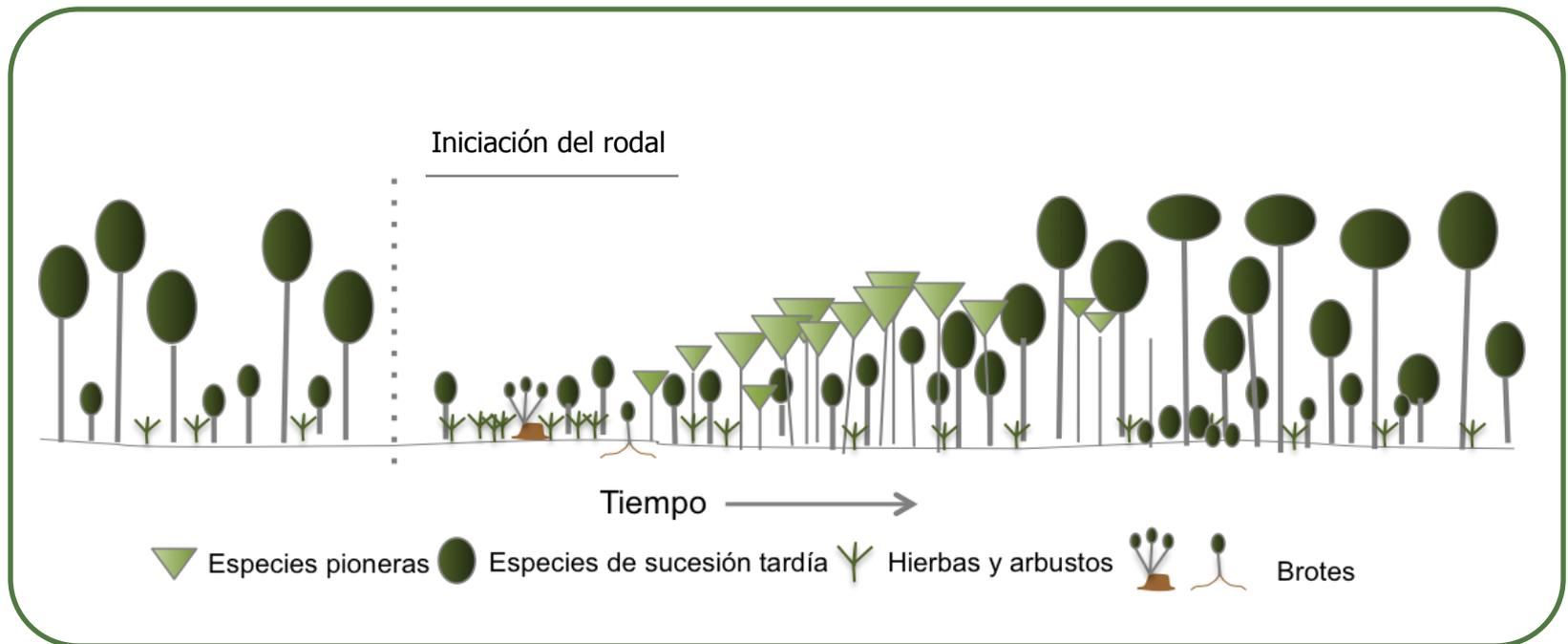
**Ejemplo:** En las tierras bajas caribeñas de Costa Rica, la temporalidad de las etapas de sucesión, después de una perturbación de mortalidad total, se observó como se muestra a continuación:

- Iniciación del rodal : 0-10 años
- Exclusión de tallos: 10-25 años
- Reiniciación del sotobosque: 25-200 años
- Bosque maduro: > 200 años



# *Fase 1: Iniciación del rodal*

= Es la primer etapa que ocurre después de muchas de las perturbaciones de mediana y de gran escala. La luz solar y el espacio para crecer que están disponibles son vastos y todavía la competencia entre los árboles no es fuerte.



# *Fase 1: Iniciación del rodal*

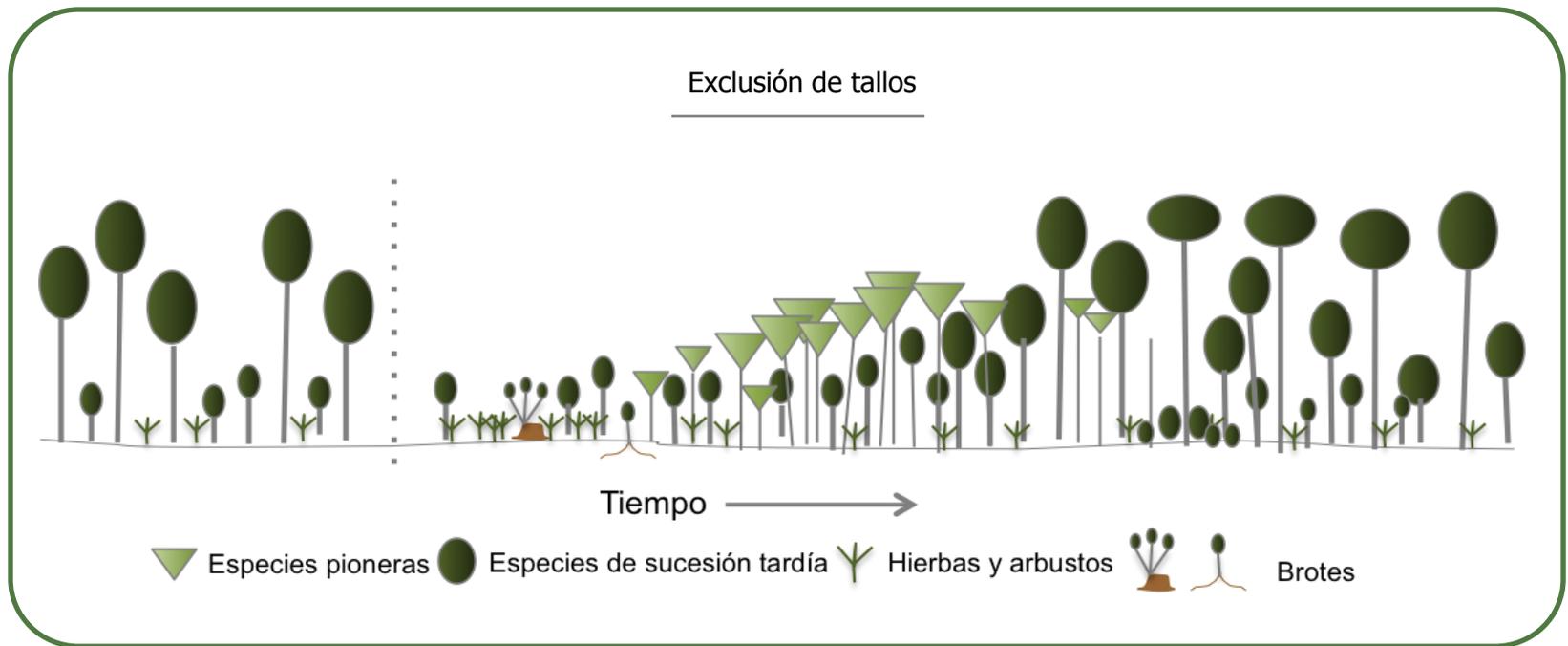
Esta fase se caracteriza por:

- La colonización/germinación de las plantas herbáceas y las especies pioneras de árboles por el conducto de la lluvia de semillas y la germinación del banco de semillas en el suelo,
- Un crecimiento acelerado en altura y diámetro de las pioneras de sucesión temprana y que aman la luz solar,
- Si se trató de una perturbación de mortalidad parcial se pueden apreciar los retoños y brotes de los tocones y raíces, y el crecimiento de la regeneración avanzada.



## *Fase 2: Exclusión de tallos*

= Comienza una vez que existe una densidad adecuada de tallos de árboles para iniciar la competencia entre ellos mismos por los recursos que se encuentran sobre y debajo de la superficie.



## *Fase 2: Exclusión de tallos*

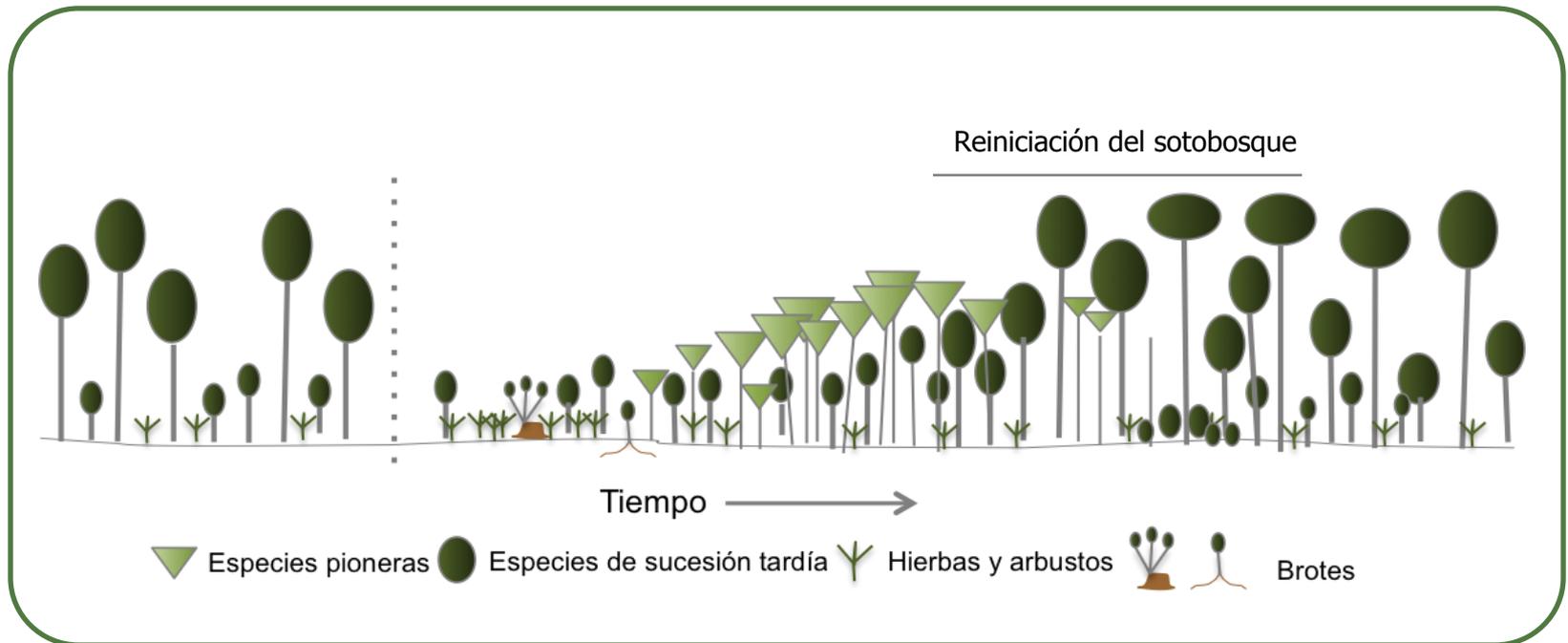
Esta fase se caracteriza por:

- La competencia por la luz solar y el espacio de crecimiento llega a un nivel tal que algunos de los árboles que conforman el dosel sobreviven mientras otros mueren, a causa de un proceso llamado auto-aclareo,
- Se presenta una alta tasa de mortalidad en las especies no arbóreas (tales como arbustos y herbáceas) y de especies pioneras de vida corta,
- Se aprecia la dominancia en el dosel de las coronas de especies pioneras de larga vida.



## *Fase 3: Reiniciación del sotobosque*

= Proceso que comienza cuando una nueva generación de árboles comienza a crecer en el sotobosque a causa de la regeneración avanzada y cuando los árboles de especies de sucesión tardía en el dosel incrementan su tamaño y se turnan menos tolerantes a la sombra.



## *Fase 3: Reiniciación del sotobosque*

Esta fase se caracteriza por:

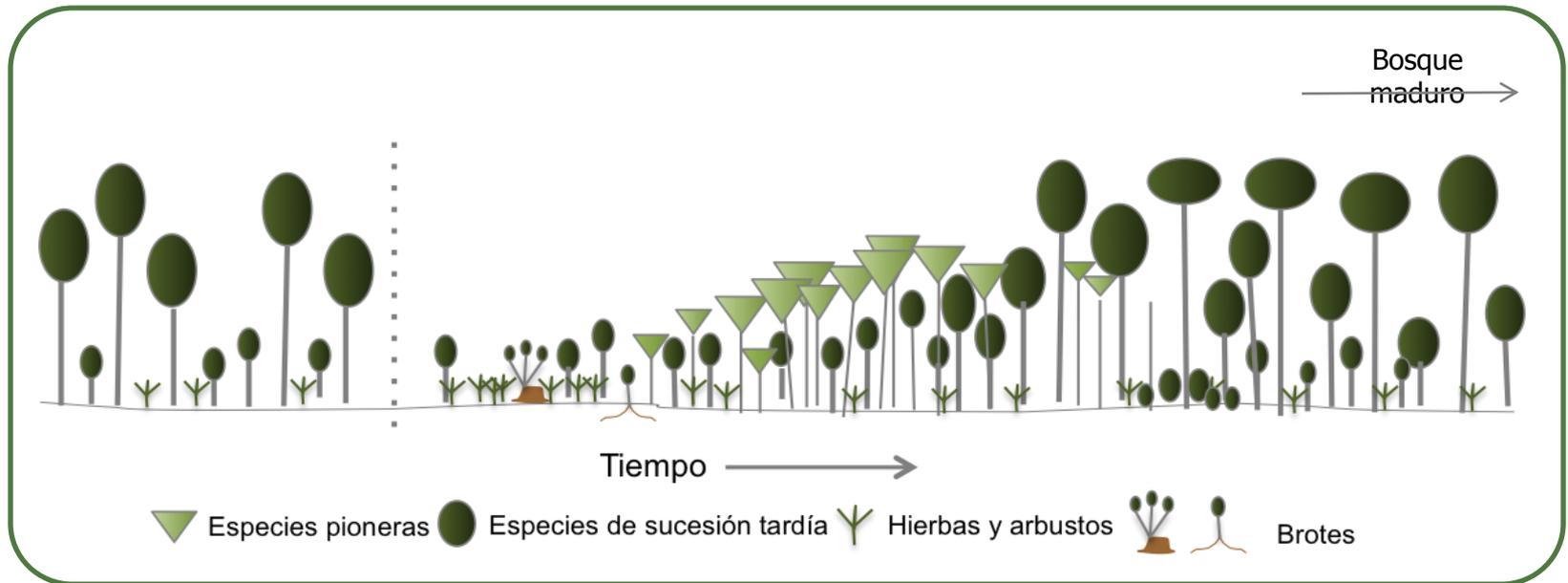
- Los huecos del dosel se comienzan a formar por efecto de la muerte de las pioneras y otros tallos de árboles que cayeron ante la competencia,
- Un cambio en la morfología de las coronas de los árboles del dosel, modificando coronas profundas por coronas poco profundas,
- Se aprecia el crecimiento a causa de la regeneración avanzada debido al incremento de las condiciones de luz solar en el sotobosque,
- A lo largo del tiempo se desarrollan estratos múltiples en el dosel debido a la presencia de árboles disparejos en edades (mayoritariamente de sucesión tardía), y
- La estructura de la reiniciación del sotobosque avanzada comienza a parecerse a una de un bosque maduro.



## *Fase 4: Bosque maduro*

= Ocorre al final del proceso de sucesión cuando el bosque contiene una estructura vertical y horizontal compleja. La composición incluye grandes arboles viejos, residuos leñosos y una estructura de dosel estratificada con vegetación en el sotobosque.

- La distinción entre un bosque secundario y un bosque maduro es borrosa.
- Puede que los bosques nunca lleguen a alcanzar la etapa de maduración si las perturbaciones de gran escala se presentan con mucha frecuencia.



## *Fase 4: Bosque maduro*

### Dinámicas de los procesos de autoaclareo

La cuarta fase en la sucesión se caracteriza por presentar perturbaciones de pequeña escala. Como el derribo de arbolado que conlleva a la apertura de “parches” o huecos en el bosque. Esos huecos pueden ser colonizados por:

- El crecimiento lateral de ramas de los árboles del dosel,
- El crecimiento de plántulas o brotes de la regeneración avanzada en el sotobosque,
- La reproducción vegetativa de árboles, arbustos o lianas, o
- Menos común, el germinado del banco de semillas del suelo o de semillas dispersadas al claro justo después de la perturbación.

Estas dinámicas de autoaclareo contribuyen al alto grado de heterogeneidad estructural y de diversidad de especies en los bosques tropicales maduros y de sucesión avanzada.



## *Fase 4: Bosques maduros*

### Pensamientos que cambian: bosques maduros

Por muchos años, la etapa de bosque maduro se consideraba como el **clímax** o punto de estabilidad final de la sucesión.

Los términos de bosques **primarios** o **vírgenes** se habían utilizado para describir bosques maduros o viejos que nunca habían sufrido por las acciones del ser humano.

La estabilidad percibida en los bosques maduros puede ser ocasionada solamente por la larga escala de tiempo entre perturbaciones naturales de los bosques.

Los bosques maduros no son considerados, por muchos científicos e investigadores el día de hoy, como el punto de estabilidad final resultado de una trayectoria rectilínea, sino como la cuarta fase de un proceso cíclico. Lo anterior debido a la larga escala de tiempo en que ocurren las perturbaciones naturales y a la casi ubicua influencia pasada y presente del ser humano.



# *Sucesión alterada o detenida*

El proceso de sucesión puede alterarse o detenerse si la degradación y la competencia son tan altas que la oportunidad y la tasa de recuperación de un árbol sean reducidas considerablemente.

En estos casos, las intervenciones para facilitar o acelerar la recuperación del bosque pueden ser:

- La reducción de la competencia,
- La mejora de la calidad del suelo,
- La reducción de depredadores de semillas, o
- El incremento de la dispersión.



# *Sucesión alterada o detenida*

Ejemplos: Lianas y enredaderas



# *Sucesión alterada o detenida*

Ejemplo: Paja cañalera, Panamá



# Conclusiones

- ★ Las perturbaciones y la regeneración natural son parte integral de la dinámica de los bosques.
- ★ El tipo de perturbación, en especial la severidad, tiene influencia sobre:
  - El **potencial de regeneración** de las especies en el sitio perturbado, en relación a sus estrategias de reproducción y de crecimiento,
  - La tasa y las etapas involucradas en **la sucesión forestal**, específicamente cuando los sitios perturbados requieren etapas más largas para la fase de iniciación del rodal.
- ★ Después de las perturbaciones antropológicas, los bosques tropicales se pueden recuperar mediante trayectorias similares. También es posible que requieran acciones de restauración para acelerar o iniciar el proceso de sucesión.



# *¿Preguntas?*



Fotografía: Colección de ELTI

United States NOAA, 2005

Carl Osborne, 2007

Gillian Bloomfield, 2012

ELTI is a joint initiative of: