

# Estimando la especiación y la extinción dependiente de estados

---

Rosana Zenil-Ferguson  
(ella)

Profesora asistente

Departamento de Biología. Universidad de Kentucky

[roszenil@uky.edu](mailto:roszenil@uky.edu)

[@roszenil.bsky.social](https://www.bsky.social/roszenil)



# Diapositivas y archivos

<https://roszenil.github.io/portfolio/suresteworkshop/>

**SCAN ME**



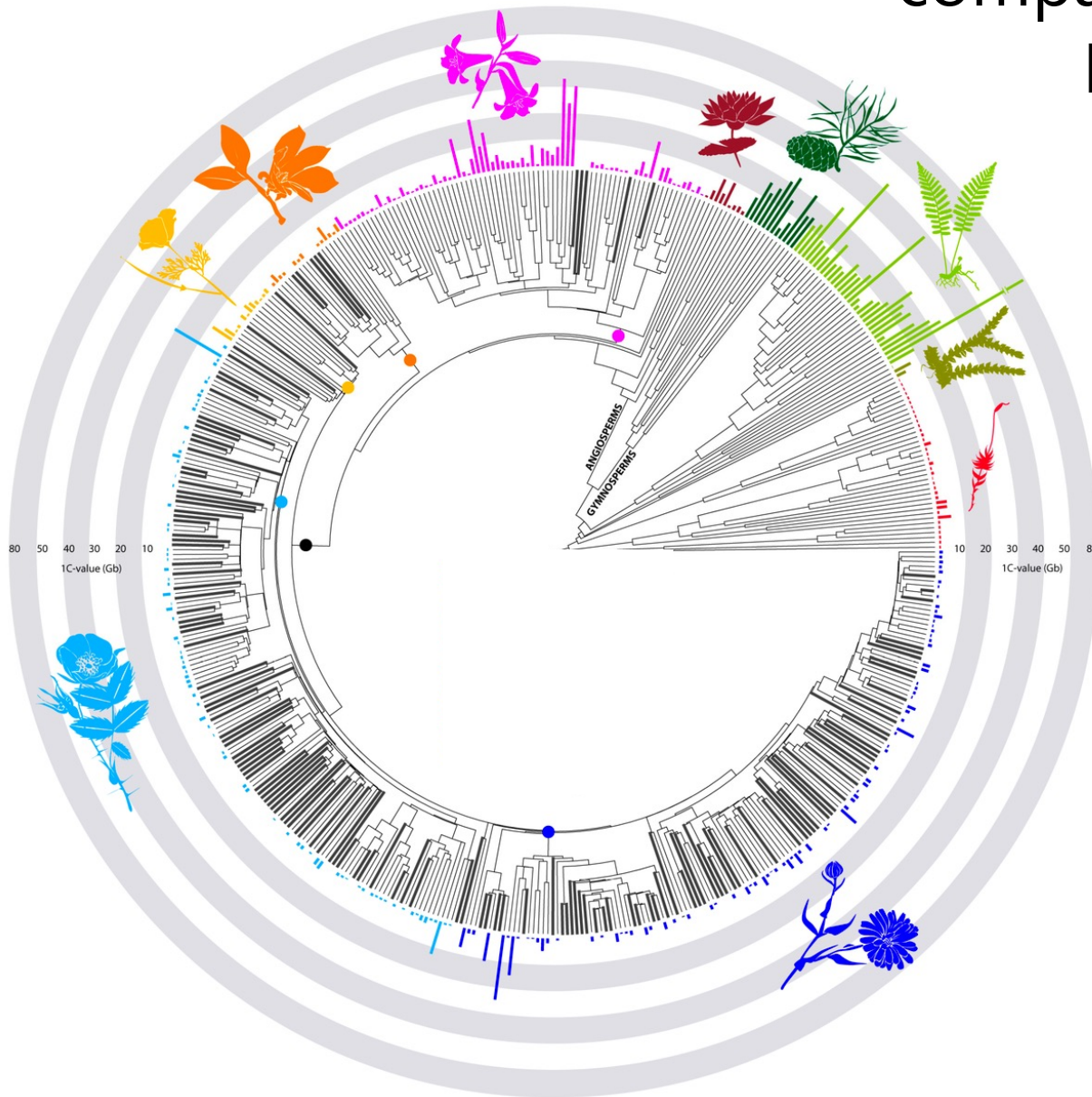
# Introducción

---

1. Métodos filogenéticos comparativos
2. Plantas con flores (angiospermas) - grandes diversificaciones
3. Caracteres que generan especiación
4. Concepto de árboles filogenéticos
5. Entendiendo el concepto de evolución en filogénias

# ¿Qué son los métodos comparativos filogenéticos?

## Macroevolución



Desarrollo de modelos estocásticos y estadística

Objetivo: Conectar procesos evolutivos a gran escala con el árbol de la vida.

Área 100% interdisciplinaria

Evolución, Botánica, Matemáticas, Estadística, y Ciencias Computacionales.

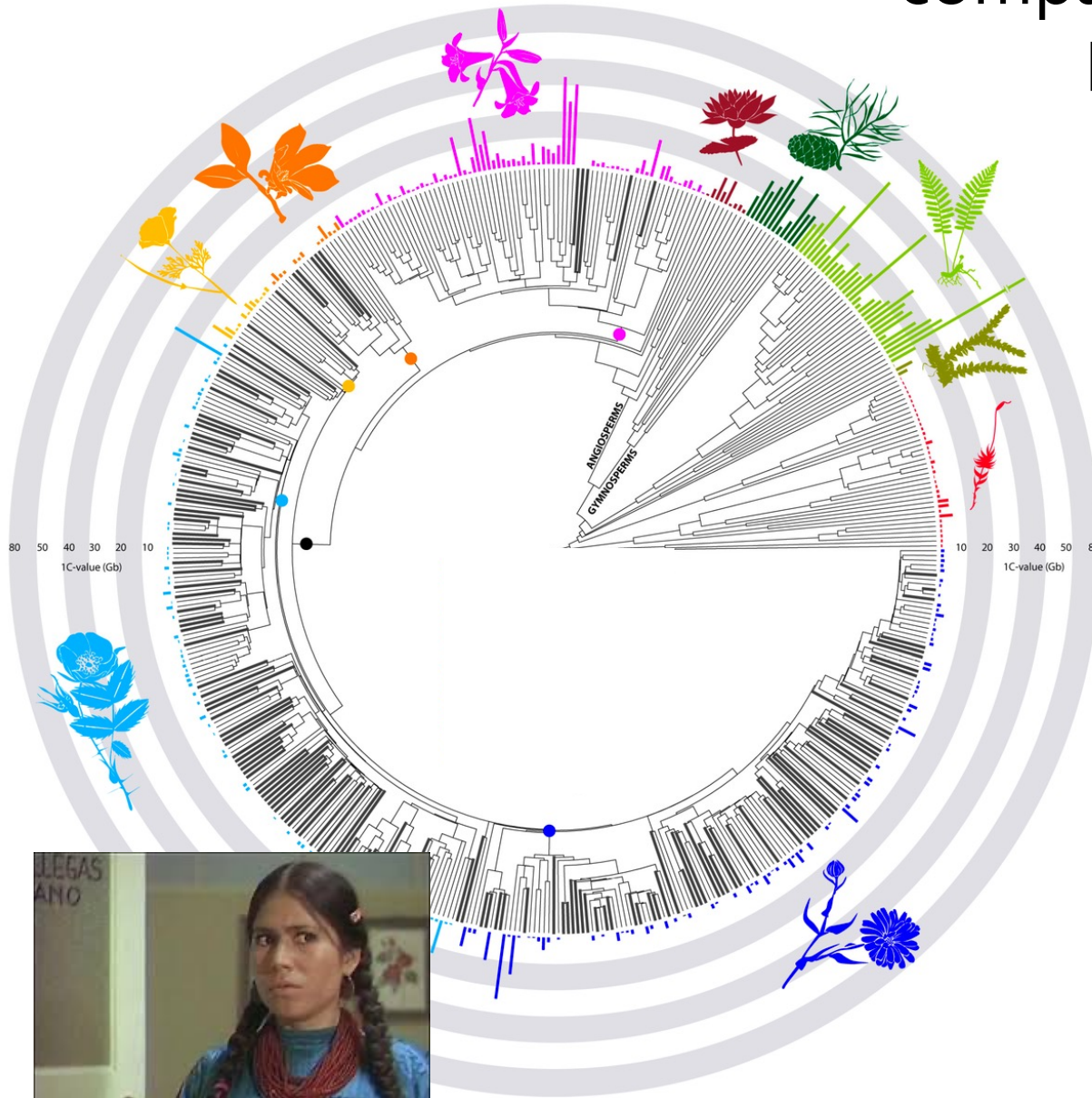
Datos

Árboles filogenéticos y rasgos (características medibles)



# ¿Qué son los métodos comparativos filogenéticos?

## Macroevolución



Desarrollo de modelos estocásticos y estadística

Objetivo: Conectar procesos evolutivos a gran escala con el árbol de la vida.

Área 100% interdisciplinaria

Evolución, Botánica, Matemáticas, Estadística, y Ciencias Computacionales.

Datos

Árboles filogenéticos y rasgos (características medibles)





# The Society of Systematic Biologists

## Graduate Student Research

Graduate student research awards (GSRAs) assist students in the initiation of their systematics projects and in the collection of preliminary data to pursue additional sources of support (e.g., Doctoral Dissertation Improvement Grants from the National Science Foundation) or to enhance dissertation research (e.g., by visiting additional field collection sites or museums). For further details, see the Graduate Student Research Awards page.

## Mini-ARTS

The Mini-ARTS awards are designed to allow SSB members (students, post-docs, and faculty) to spend a summer or semester apprenticed to an expert in a particular taxonomic group or to enhance revisionary taxonomic and systematics research in novel ways. For more details, see the [Mini-ARTS Awards](#) page.

## Publisher's Award

The award is presented to the two best papers based on student research published in *Systematic Biology* during the previous year. This \$500 award is sponsored by Systematic Biology's publisher, Oxford University Press. For further details, see the Publisher's Award and Past Publisher's Award Winners pages.

Fondos de investigación para estudiantes, postdocs y profesores!



Hay más de  
400,000 plantas  
vasculares en el  
planeta



Volcanoes photography: Maria Costantini 2021  
Plant photography: RZF and Carrie Tribble





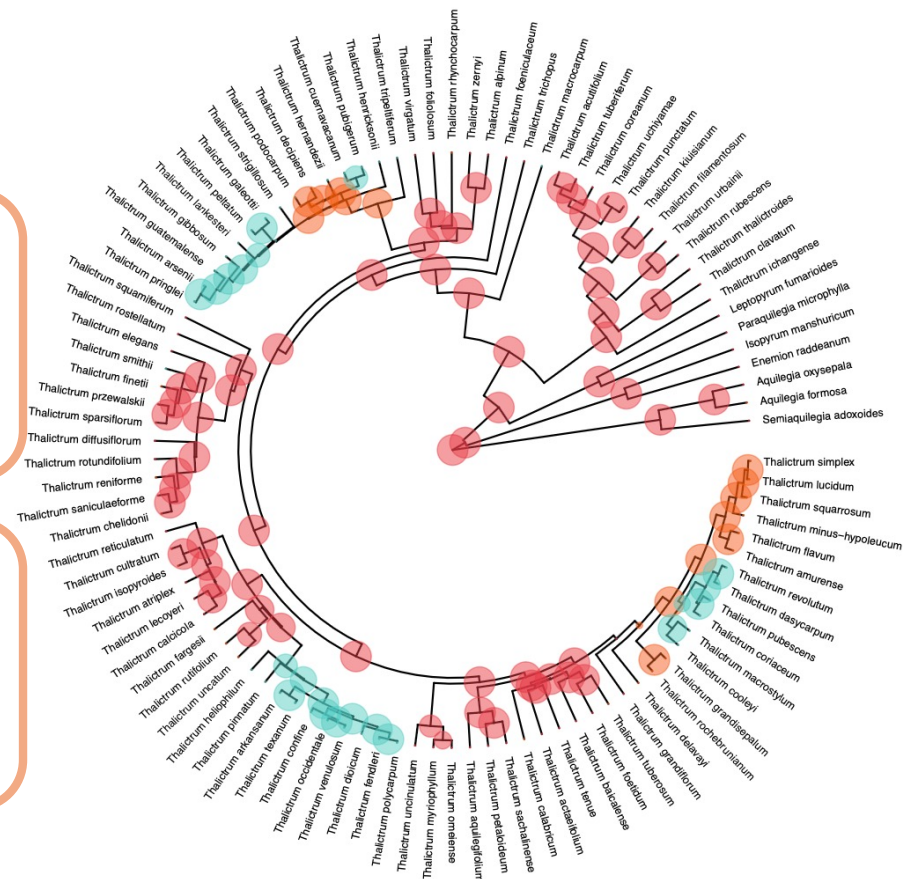
# Filogenética

## Estudio de la ancestría de las especies en el tiempo

Filo = tribu o familia  
+  
genética = génesis

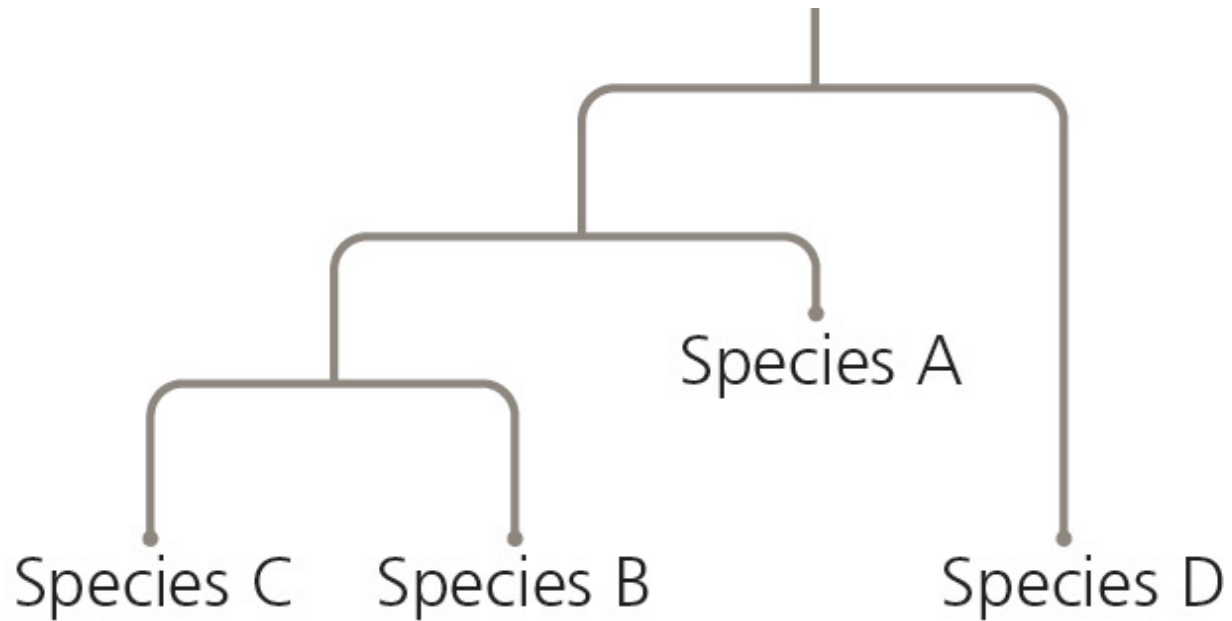
Árboles filogenéticos son la representación más directa del principio de ancestría en común

Son el corazón de la biología evolutiva y deben de tener un lugar prominente en la transmission de la teoría de la Evolución.

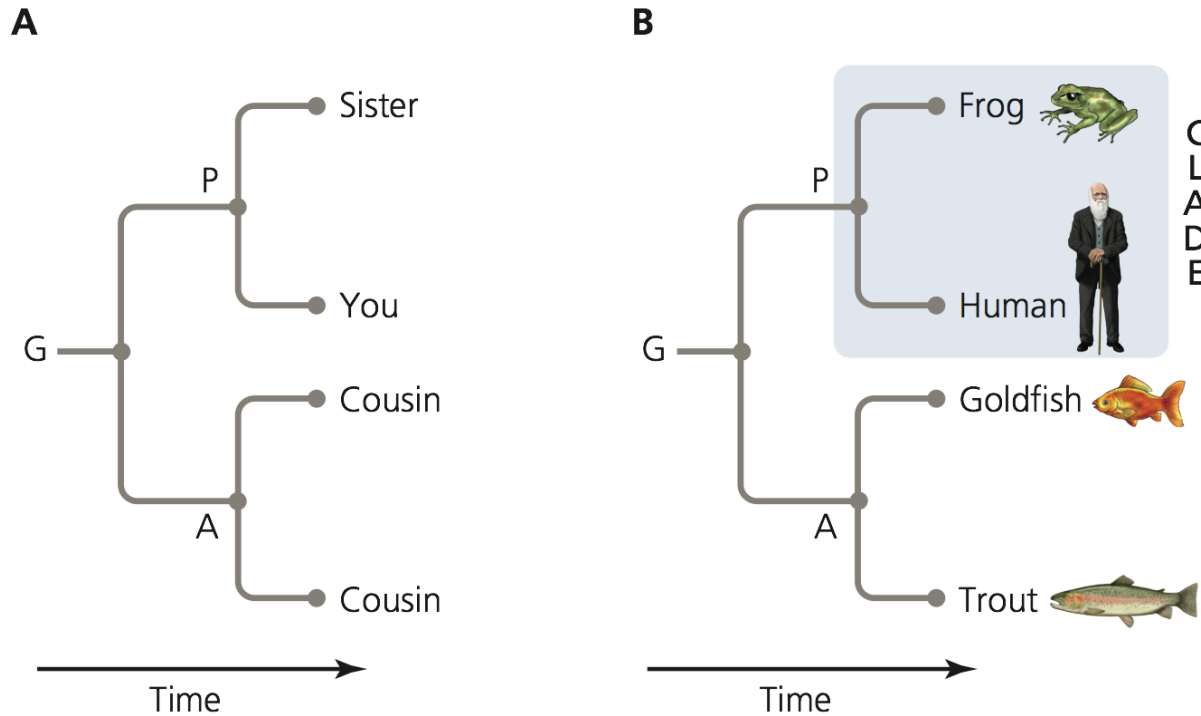


## Árboles filogenéticos o filogenias

Representación gráfica de la ancestría de las especies



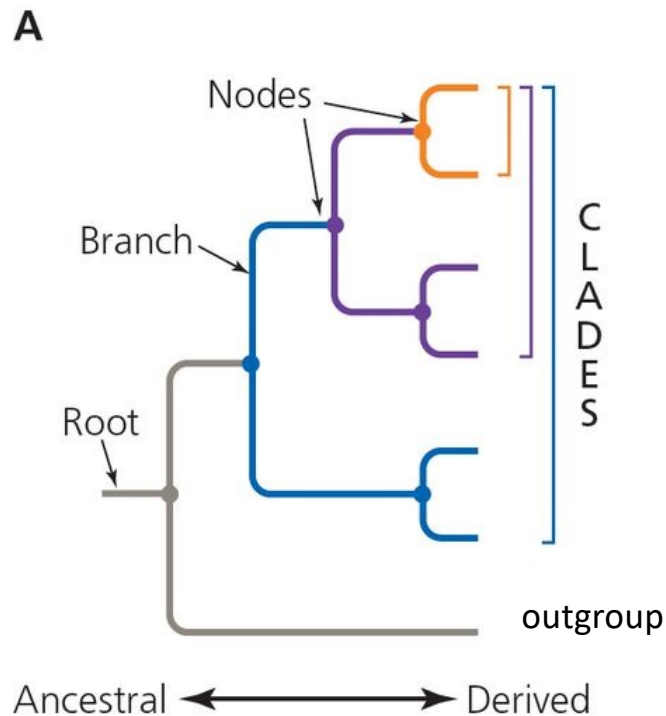
# Filogenia es como un árbol genealógico



**Clado:** Un ancestro con todos sus descendientes(= **grupo monofilético**)

# Para interpretar las filogénias siempre nos tememos que fijar en los ancestros.

## Conceptos importantes



### Nodo (Node) :

- Punto donde dos ramas se separan
- Proceso de especiación
- Ancestro en común

### Ramas (Branches) :

- Linajes, características cambian en el tiempo
- Cambios evolutivos en el tiempo

### Puntas (Tips):

- Representan especies o poblaciones

### Clado (Clade):

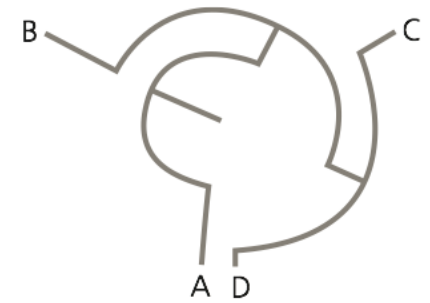
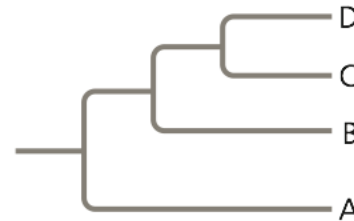
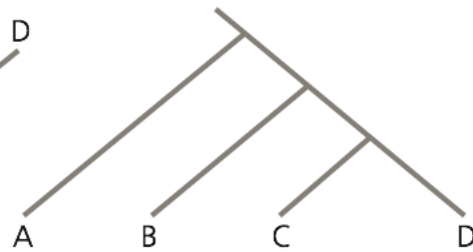
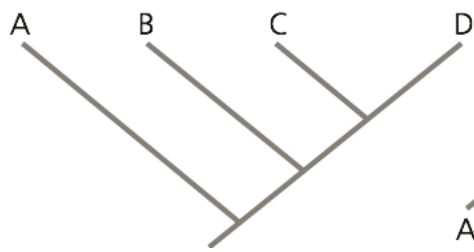
- Un ancestro con todos sus descendientes

### Árbol enraizado (Rooted tree) :

- Significa que sabemos un pariente relacionado que esta fuera de la filogenia.
- La raíz es el ancestro comun de todas las especies de nuestra muestra.

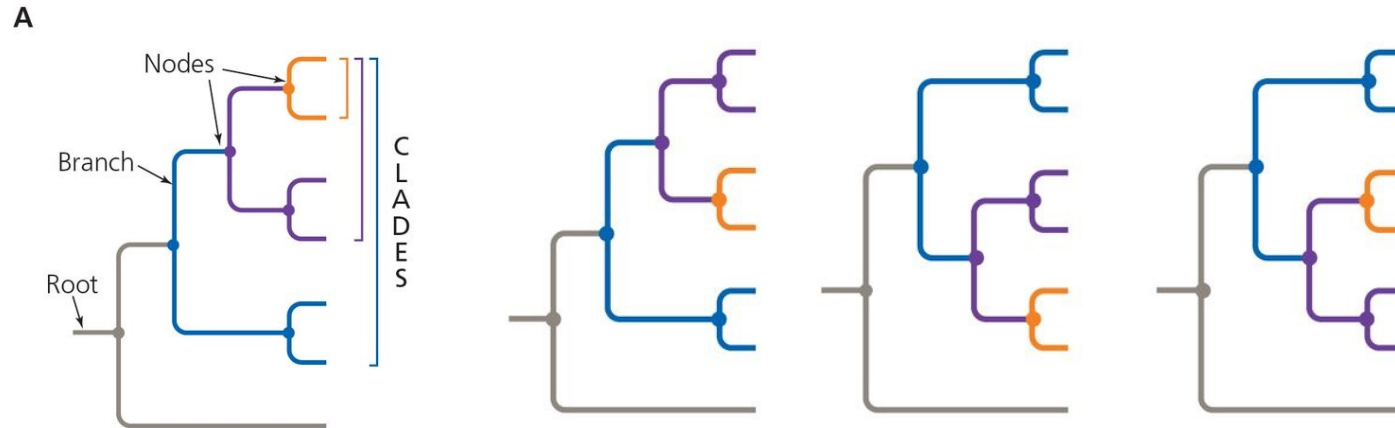


## Diferentes estilos para dibujar el mismo árbol

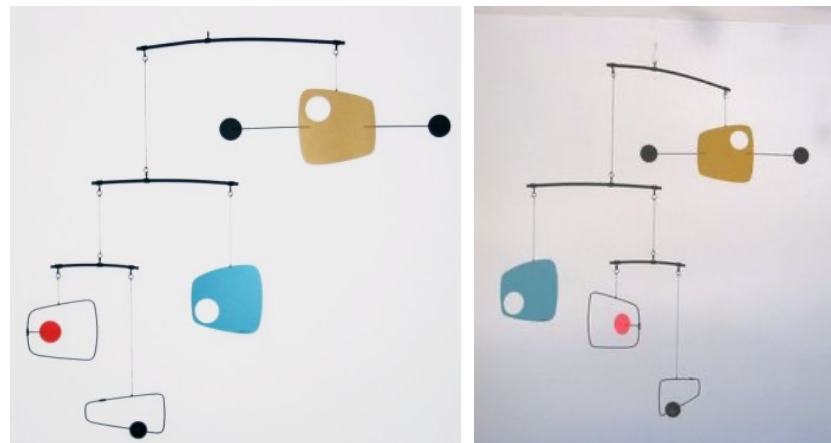


**Estos cuatro arboles representan las mismas relaciones filogenéticas!!**

Los clados pueden rotar como móviles y las relaciones se mantienen



All four trees depict the same relationships!!



# La mayoría del público no entiende evolución porque no entiende el concepto de las filogénias.



Source: *Tim Allen/Twitter*

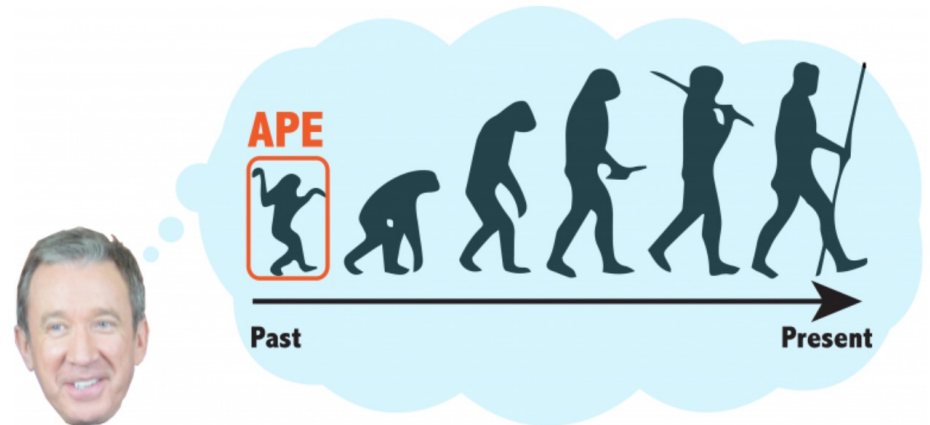
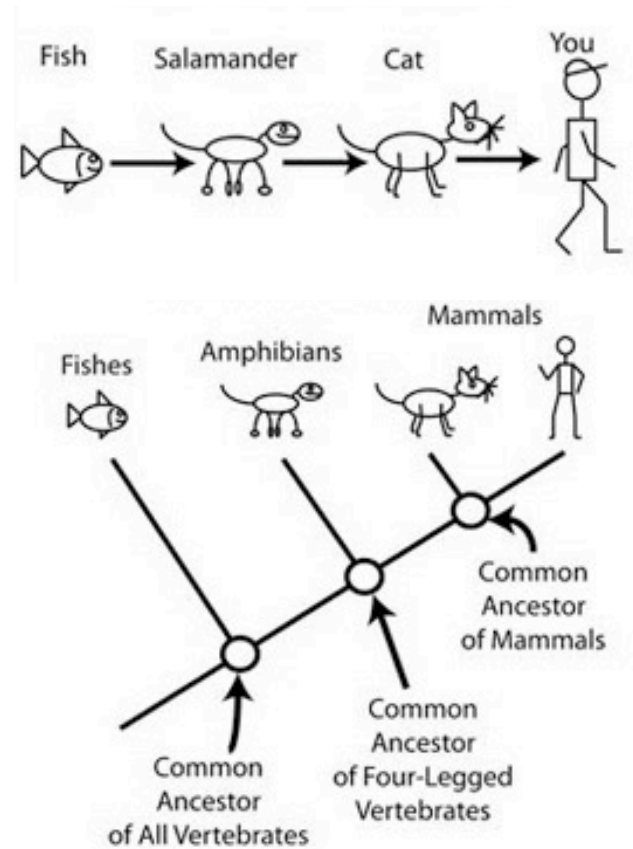
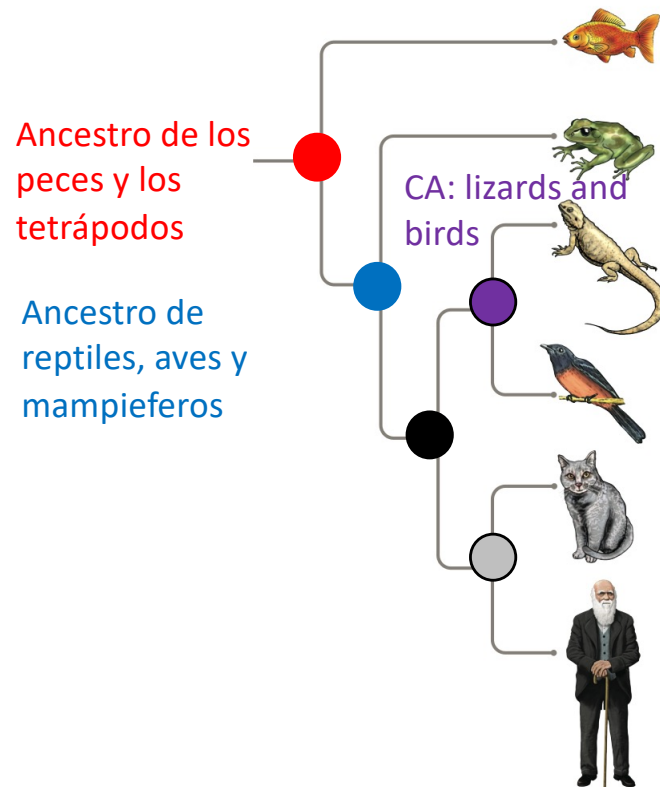


Figure 2: A (terrible) cartoon representing how many people imagine evolution happens. According to the cartoon, evolution is strictly linear, with more “primitive” creatures evolving into “less primitive” ones. Modified from [original](#), CC BY-SA 2.0

La mayoría del público no entiende evolución porque no entiende el concepto de las filogénias.



Ninguna especie que existe hoy es el ancestro de otra especie

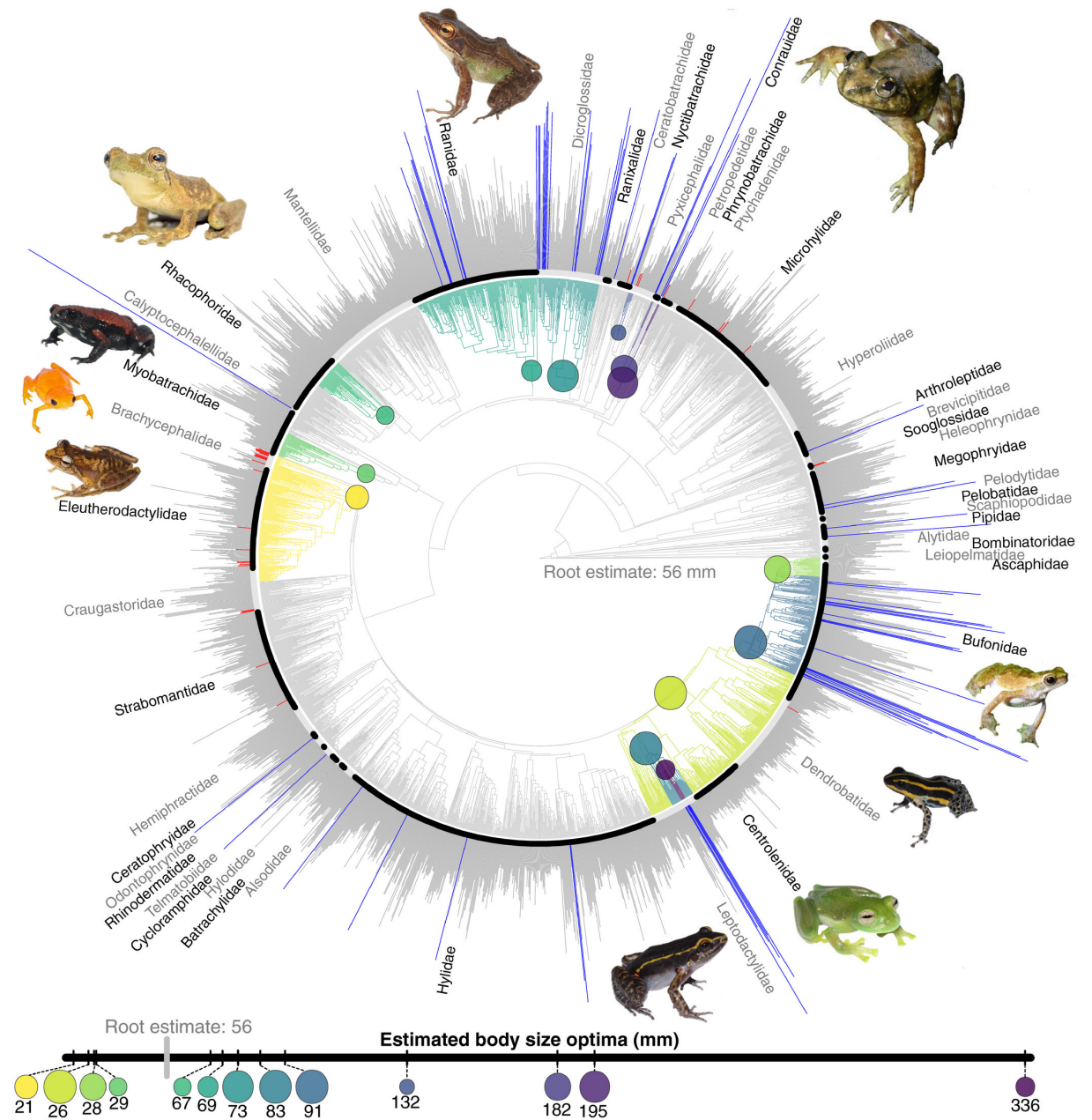
# Cadenas de Markov en Tiempo Continuo (CTMC)

---

1. Caracteres ¿qué son? Motivación (Ejemplo de trabajo)
2. Caracteres discretos y las CTMC
3. Probabilidades de transición y tasas en un árbol filogenético

# Caracteres o Rasgos

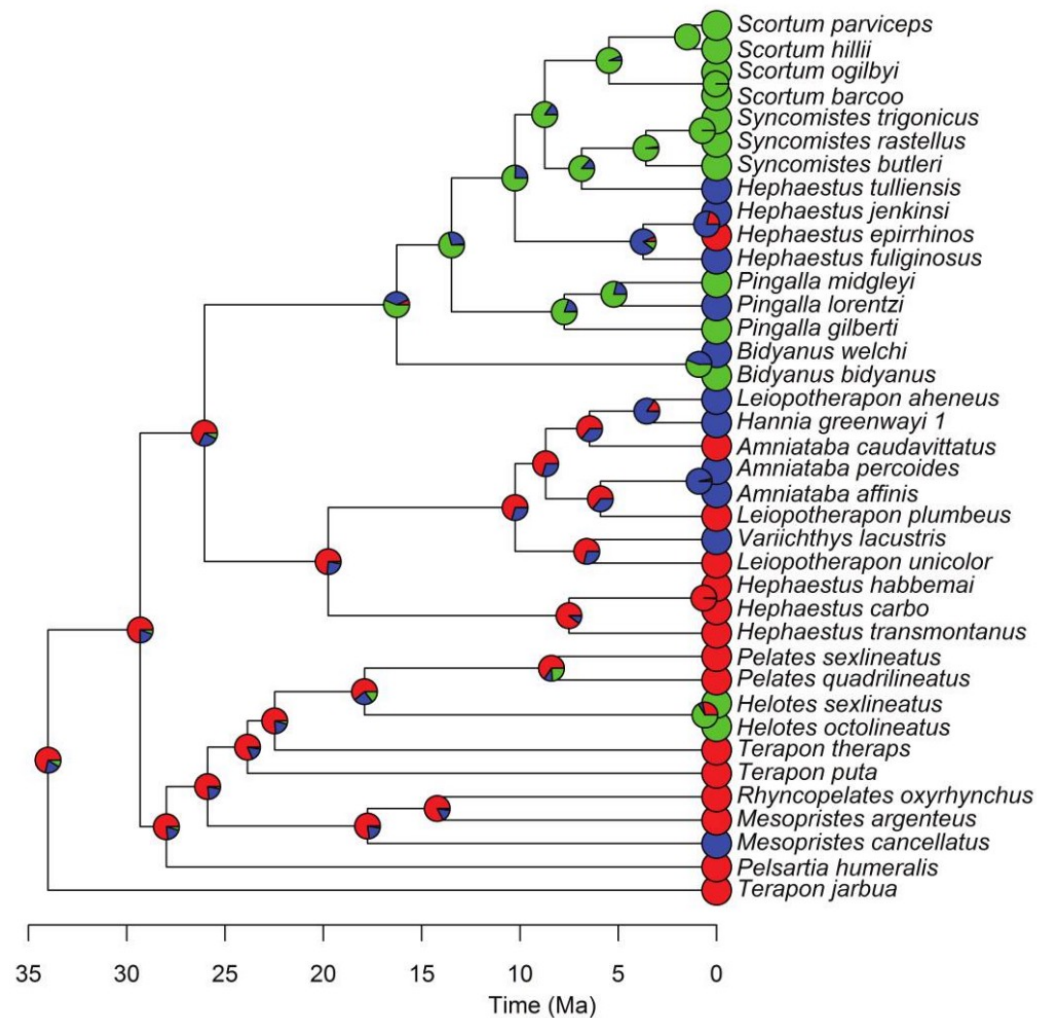
# Continuos



# Caracteres o Rasgos

# Discretos

*Diet-Driven Disparification*



Herbivory Promotes Dental Disparification and Macroevolutionary Dynamics in Grunters (Teleostei: Terapontidae), a Freshwater Adaptive Radiation. 2016

Aaron M. Davis et al. The American Naturalist.

# Ejemplo del Taller: Polinización

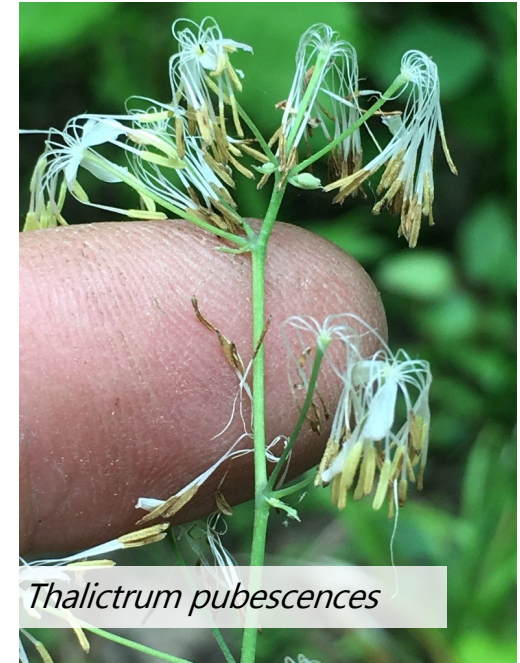
---

- Las plantas dependen de la polinización para reproducirse.
- El pólen puede ser transferido por insectos, viento, vertebrados, e incluso por ríos
- Frequentemente encontramos especies cercanas en la filogenia en donde lo único que difiere es el tipo de polinización
- Una polinización efectiva hace que las poblaciones de una especie persistan e incluso encuentren la manera de especiar





## Cumberland Falls State Park, KY



*Thalicttrum pubescences*

## Evolución de la polinización, los cromosomas y los sistemas sexuales del género *Thalicttrum*



Verónica di Stilio  
Universidad de Washington



*Thalicttrum thalictroides*



# Múltiples cambios en la polinización

Viento

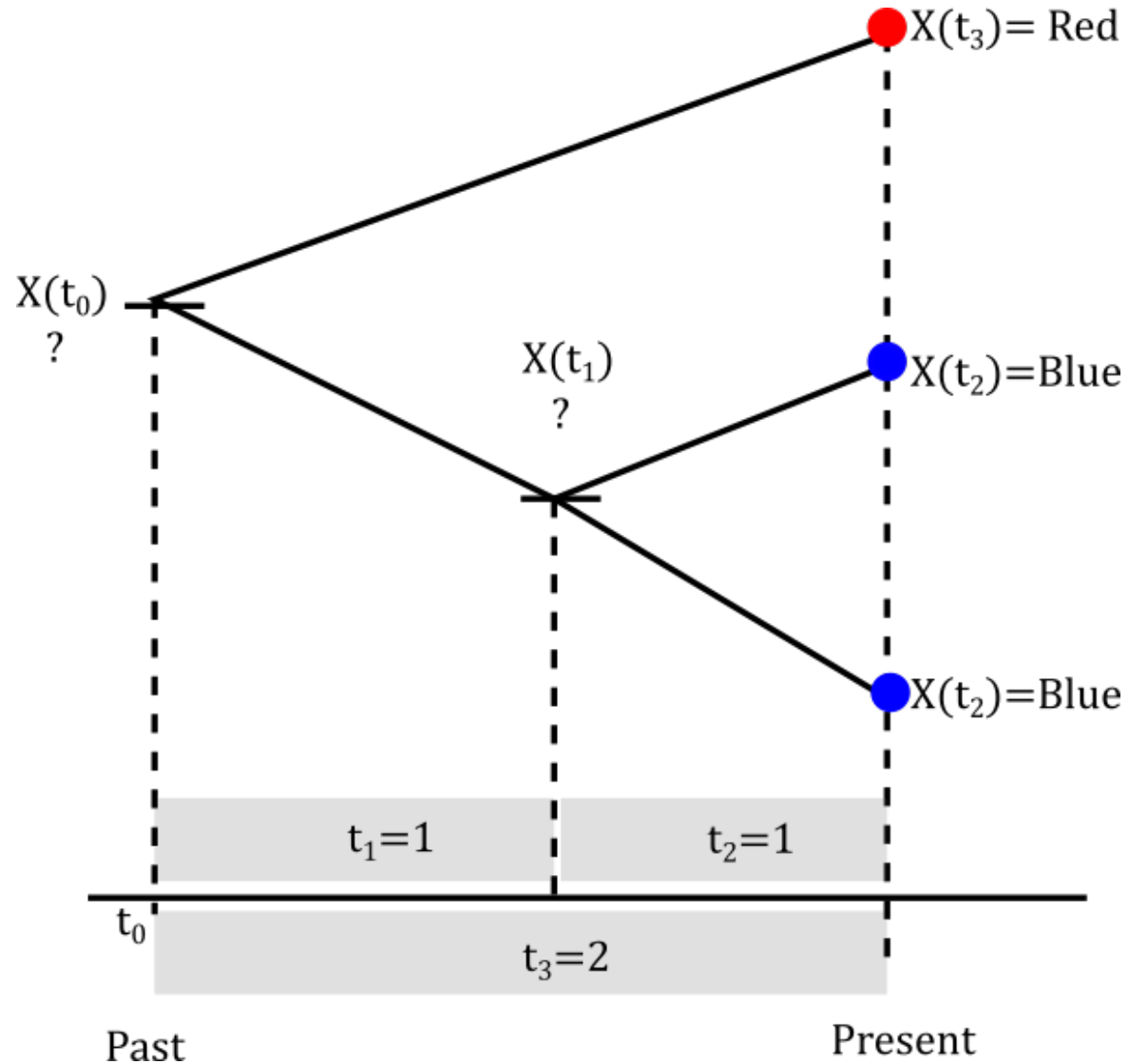


Cambios en la polinización generan oportunidades para ocupar nuevos nichos ecológicos, nuevas funciones y especiar

Insectos

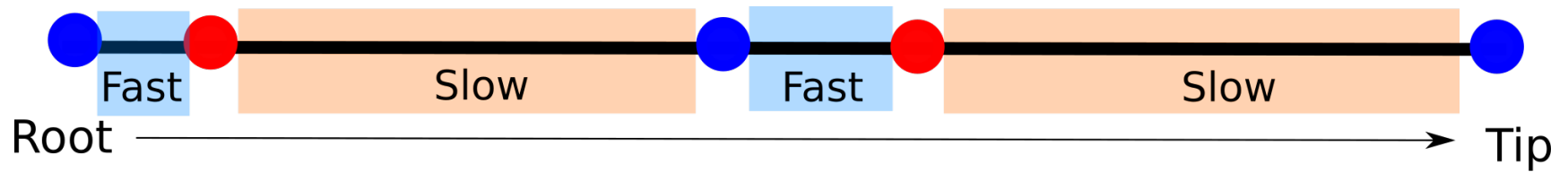


# Nuestros datos



# Modelo: Cadena de Markov en Tiempo continuo

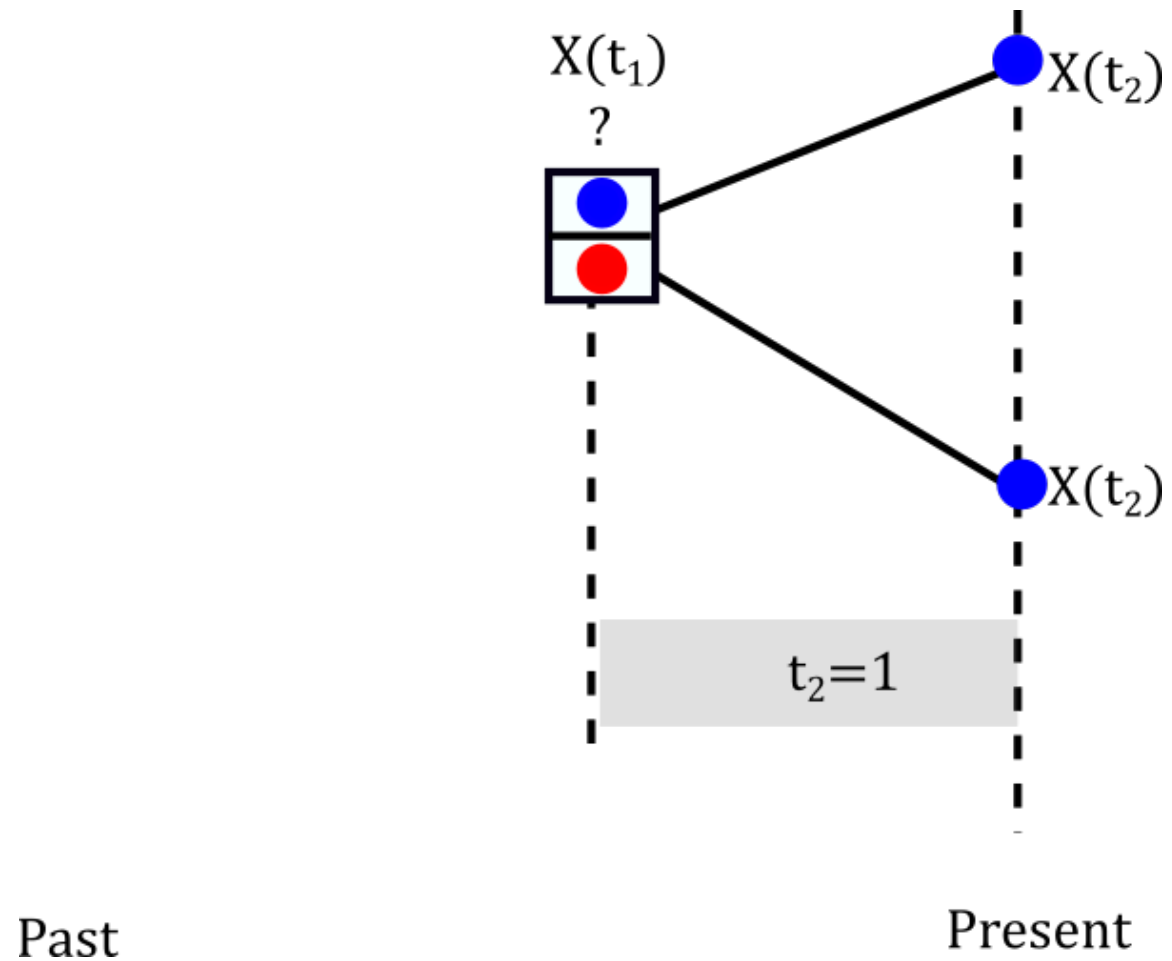
# Tasas evolutivas?



# Representación de la Q-matriz

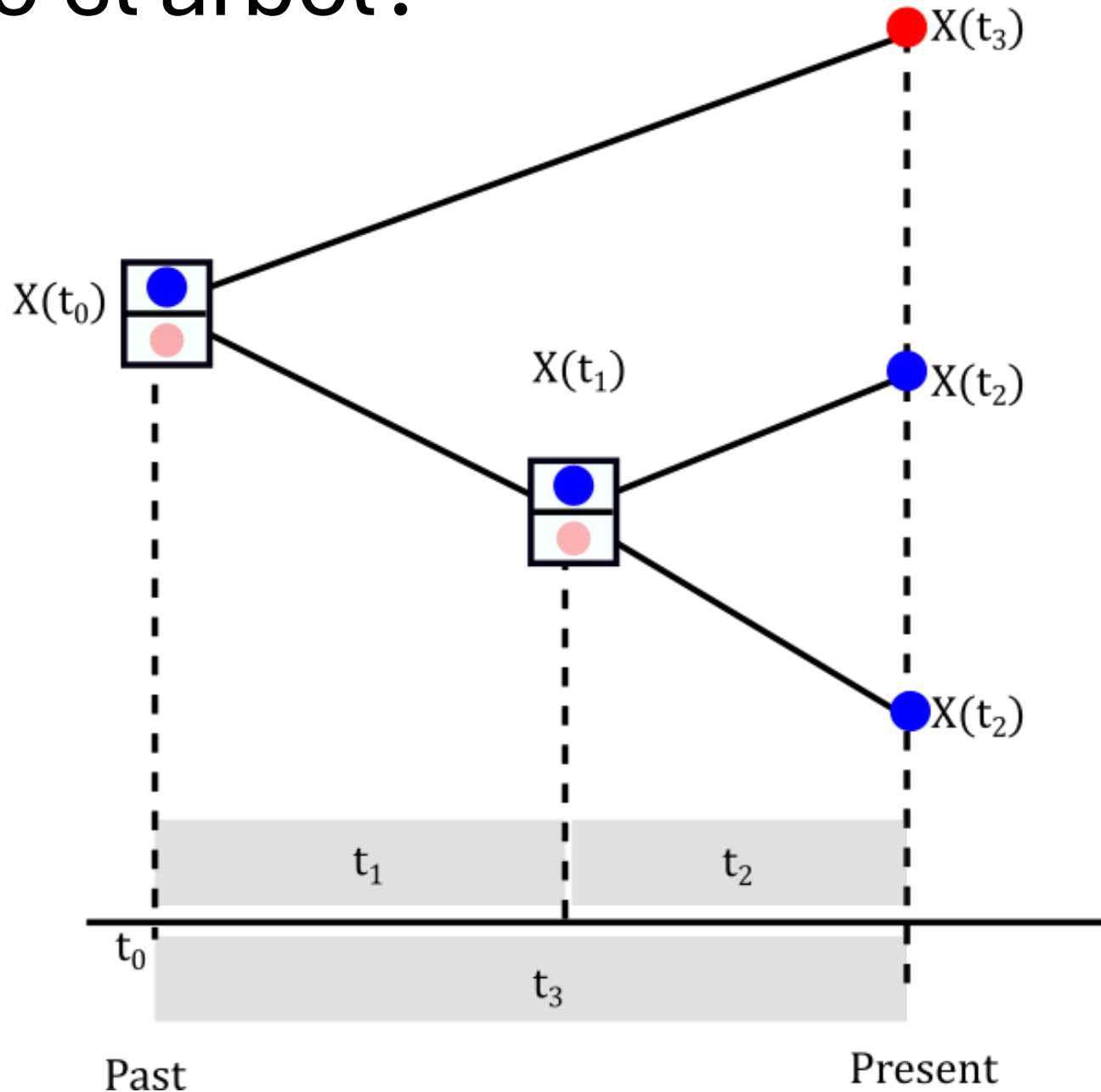
Cómo se calculan las  
probabilidades?

# El grave problema: La muestra no es independiente





# Cómo calcular las probabilidades en todo el árbol?



Caracteres  
discretos

La pesadilla de las  
computadoras

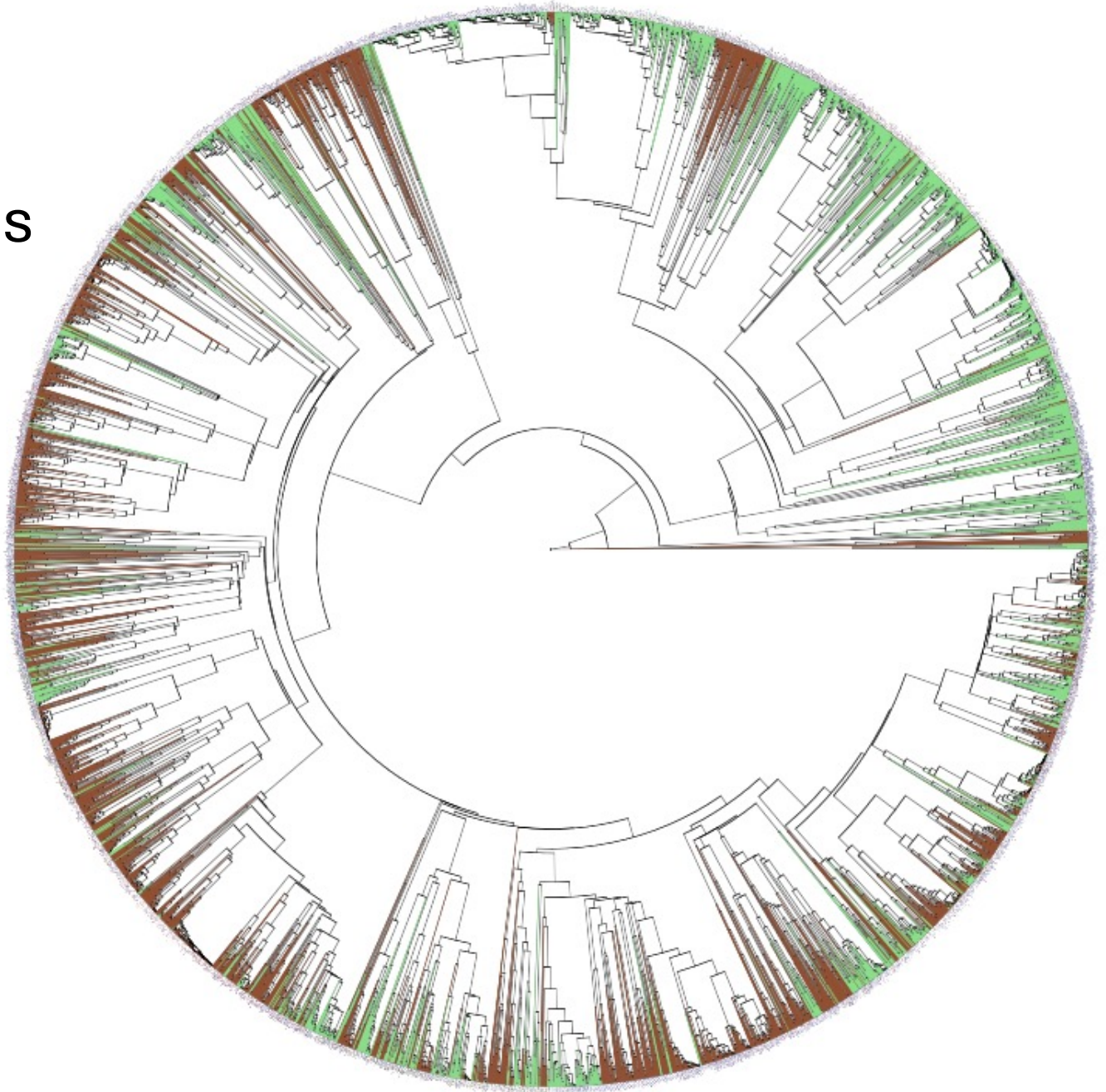
Filogénia de eudicotas  
(Zanne et al., 2014)

+

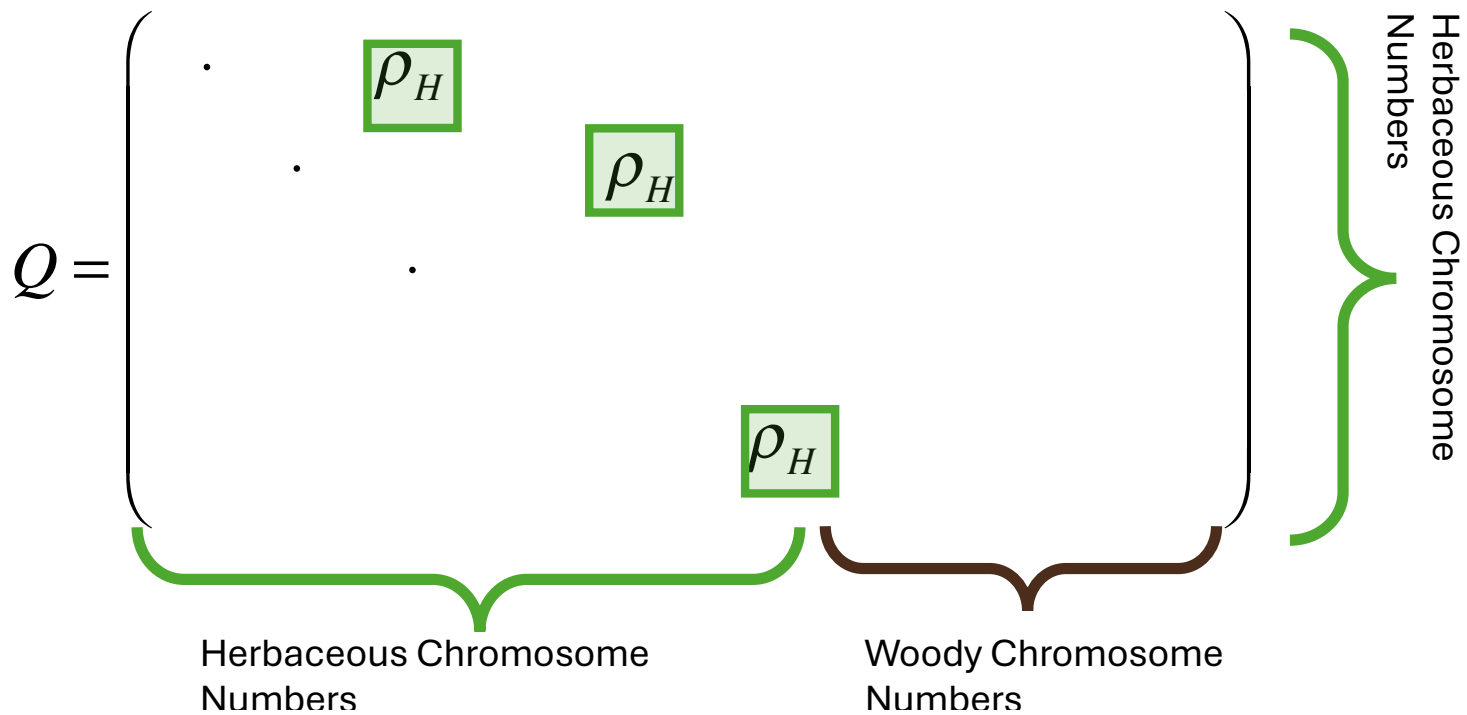
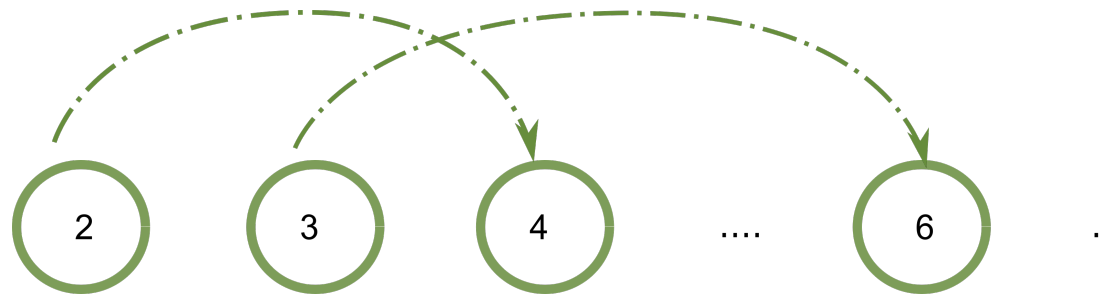
Herbacea o Maderosa

+

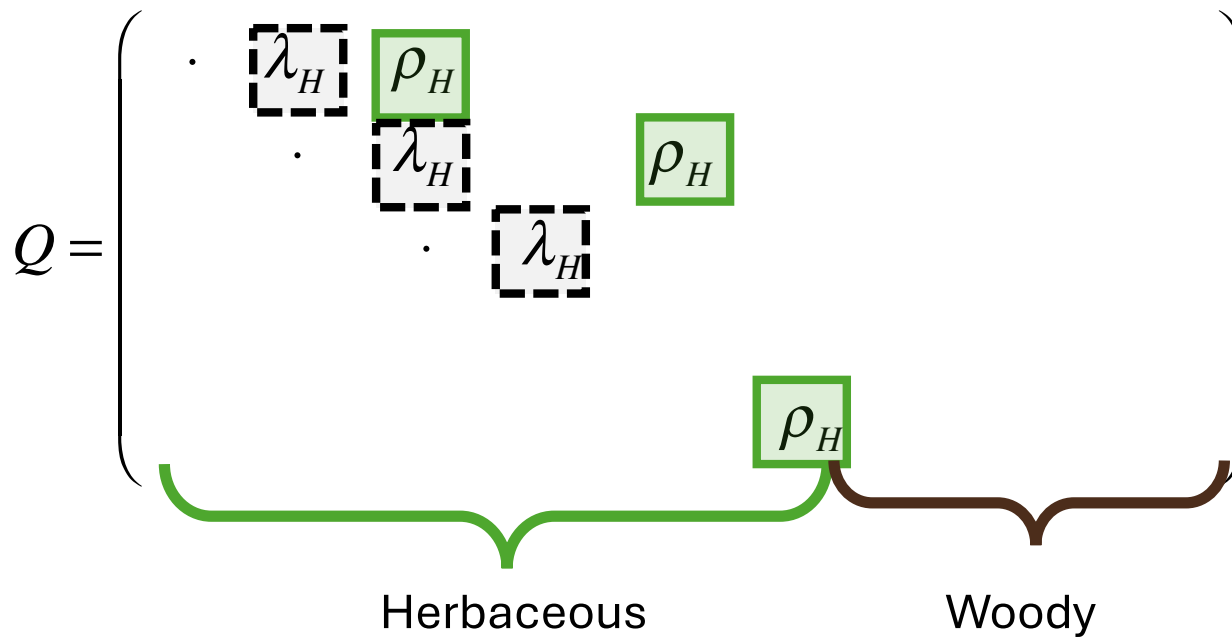
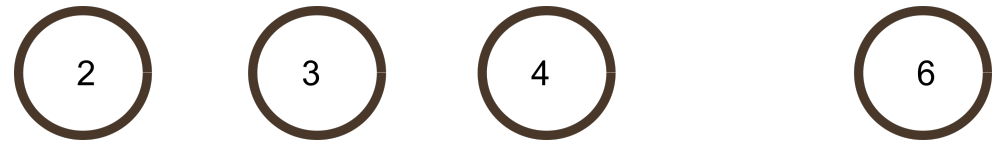
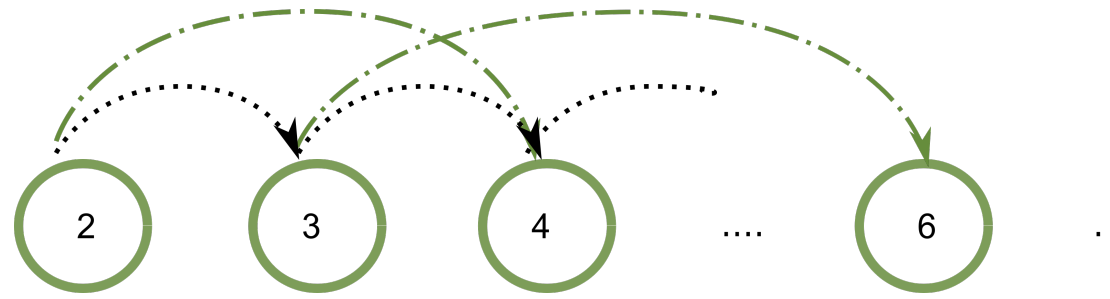
Numero de cromosomas



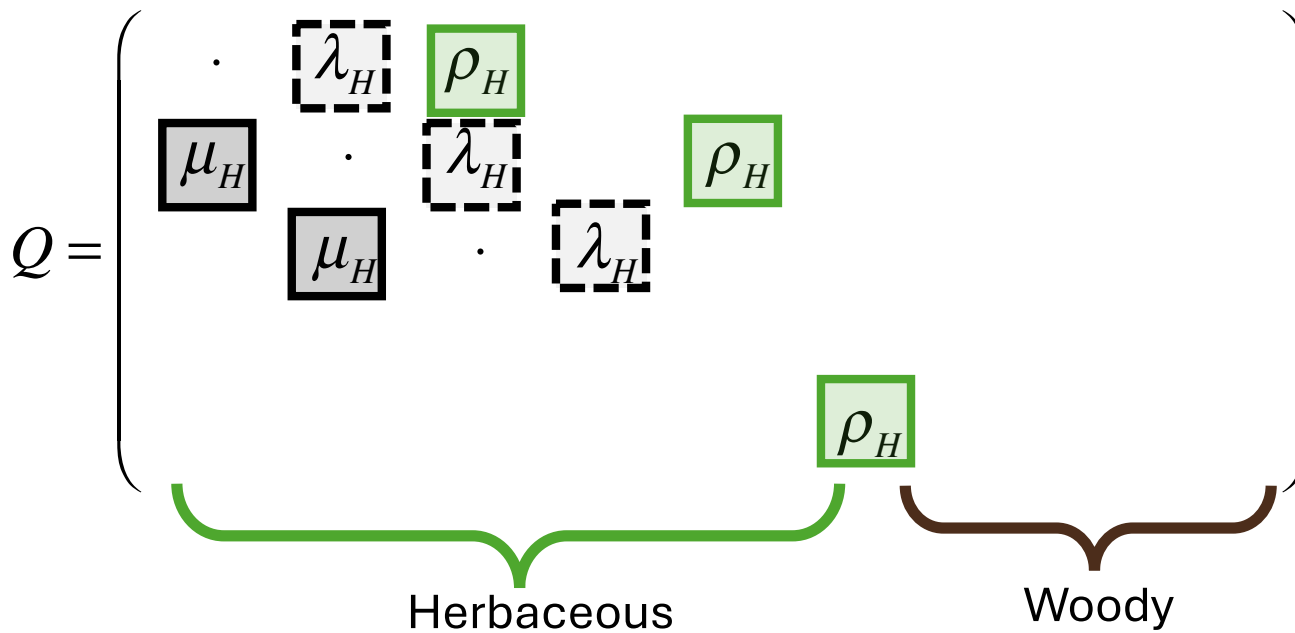
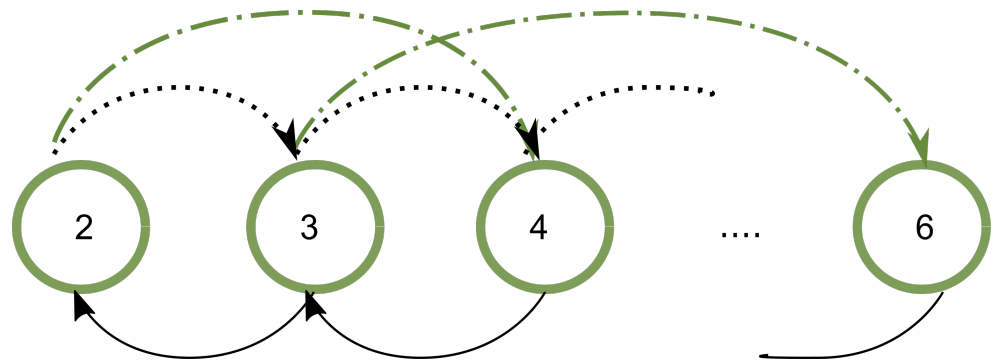
Cromosomas se duplican



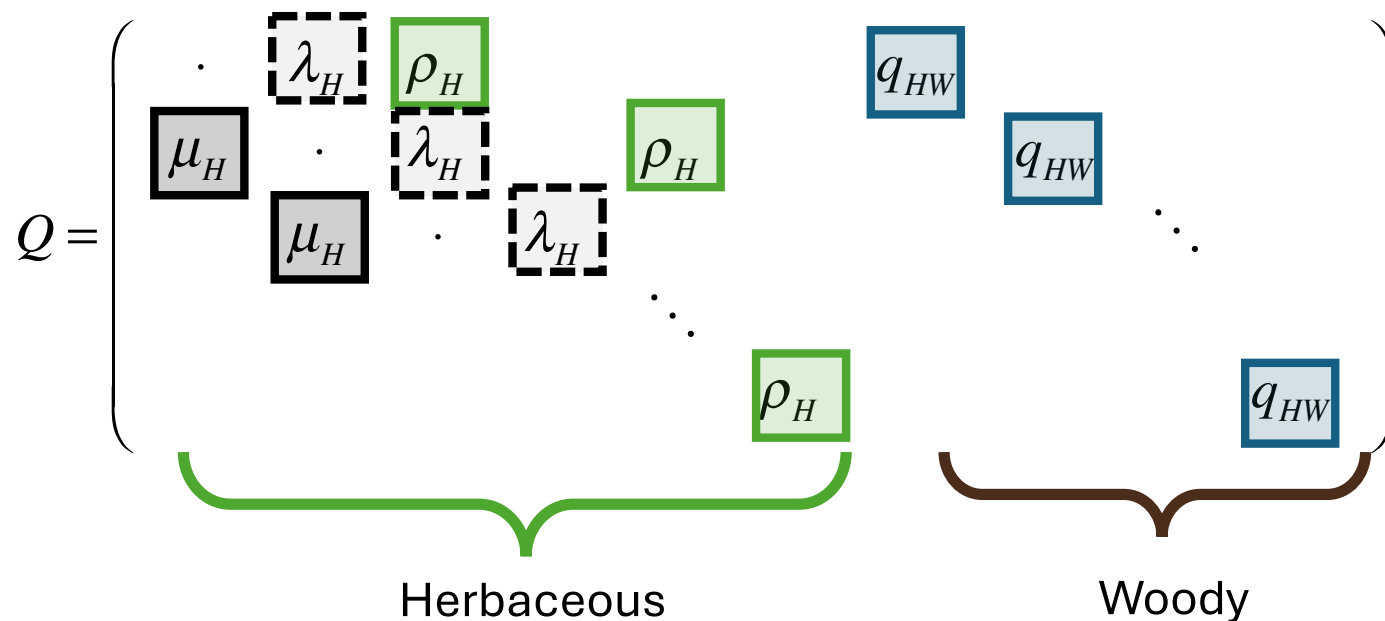
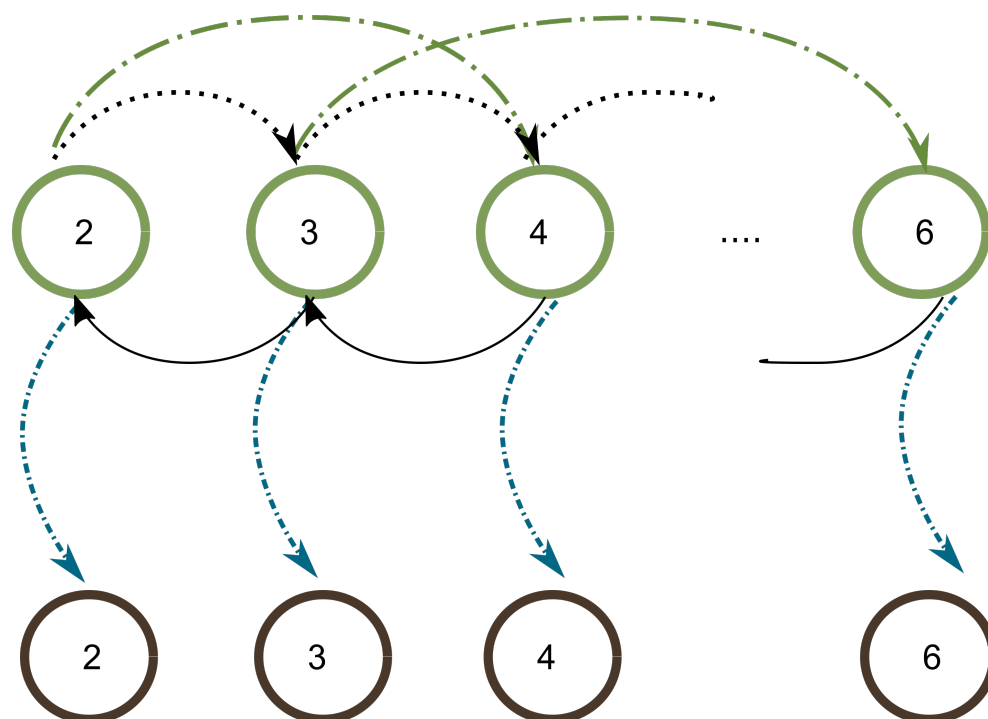
Cromosomas incrementan uno por uno



Cromosomas decrecen de uno en uno



Plantas evolucionan de herbáceas a maderosas y vice versa





# Dolor de cabeza!

HUBO UN PROBLEMA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	...	50	50+	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	...	50	50+						
1	-	$\rho_H$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0						
2	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	$\rho_H$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0						
3	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0						
4	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0						
5	0	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0							
6	0	0	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0								
7	0	0	0	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0								
8	0	0	0	0	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0								
9	0	0	0	0	0	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0								
10	0	0	0	0	0	0	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0								
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0								
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	0	0	0	...	0	0									
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	0	0	...	0	0									
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	0	...	0	0									
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	...	0	0								
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	...	0	0						
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	...	0	0				
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	...	0	0			
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	...	0	0		
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\mu_H$	-	$\lambda_H$	0	$\rho_H$	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\rho_{HW}$	0	0	...	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0						
50+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0							
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0							
50+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0							

... h ...

# Tasas de duplicación de cromosomas

