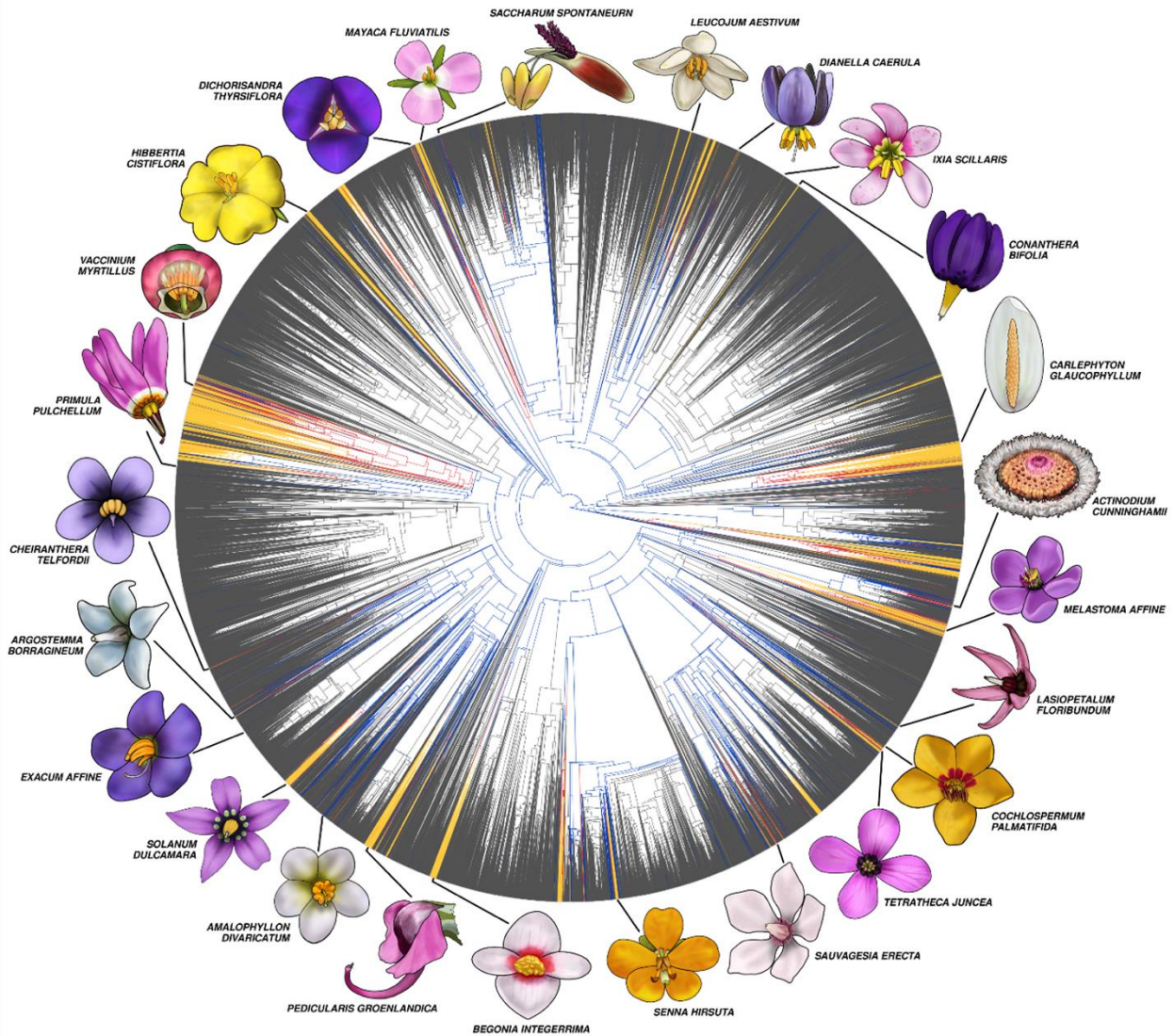


Todos los materiales del taller

<https://roszenil.github.io/mytutorials/contenido.html>



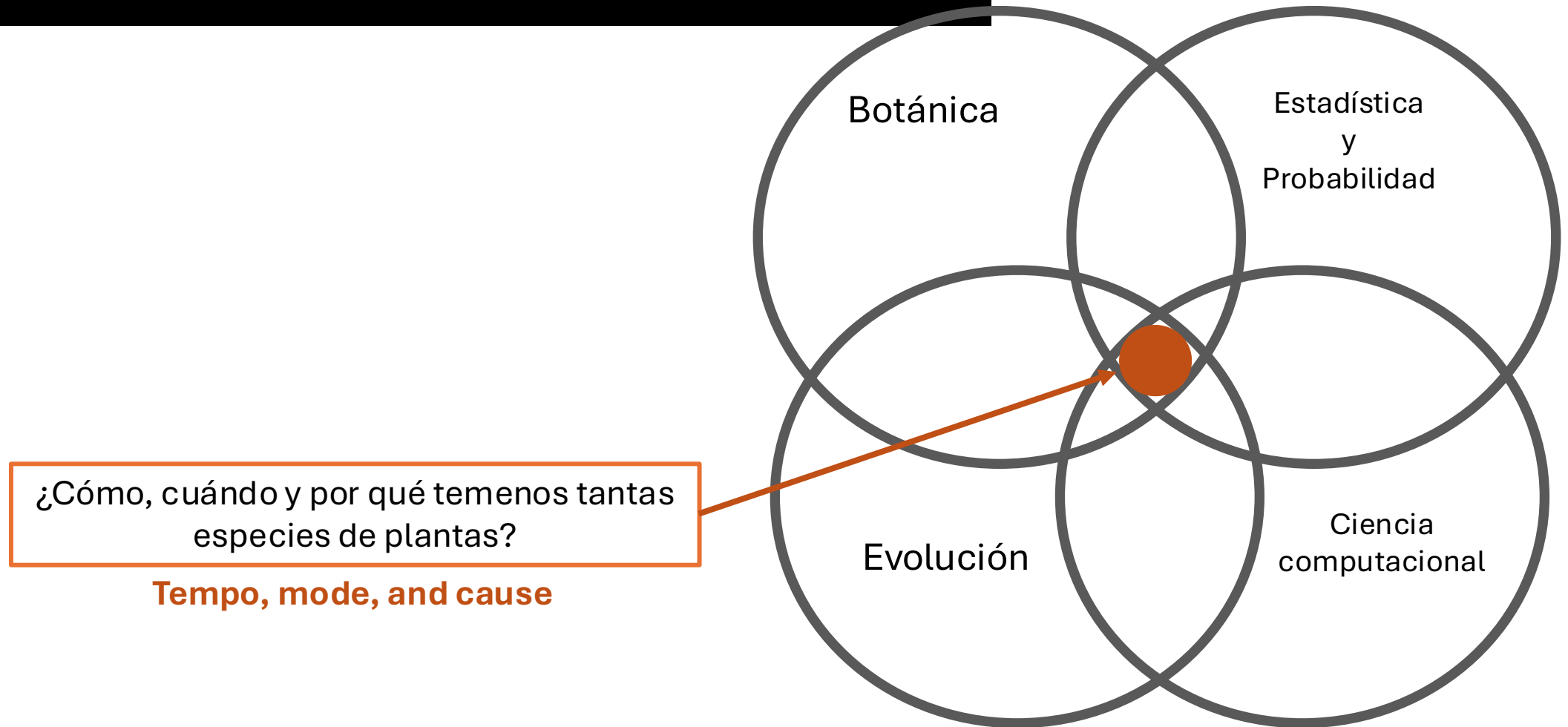
SCAN ME



Introducción a Macroevolución

Inferencia Bayesiana con modelos de cadenas de Markov en tiempo continuo

Macroevolución como ciencia interdisciplinaria



Macroevolución como ciencia interdisciplinaria

Ixchel Ramírez
Biogeografía y
plantas hepáticas
Profesora Asistente
IB- UNAM

Edison Rea
Macroevolución
de Magnolia
Doctorante
U Kentucky

Luke Campillo
Radiaciones
Adaptativas
Postdoc U Hawaii

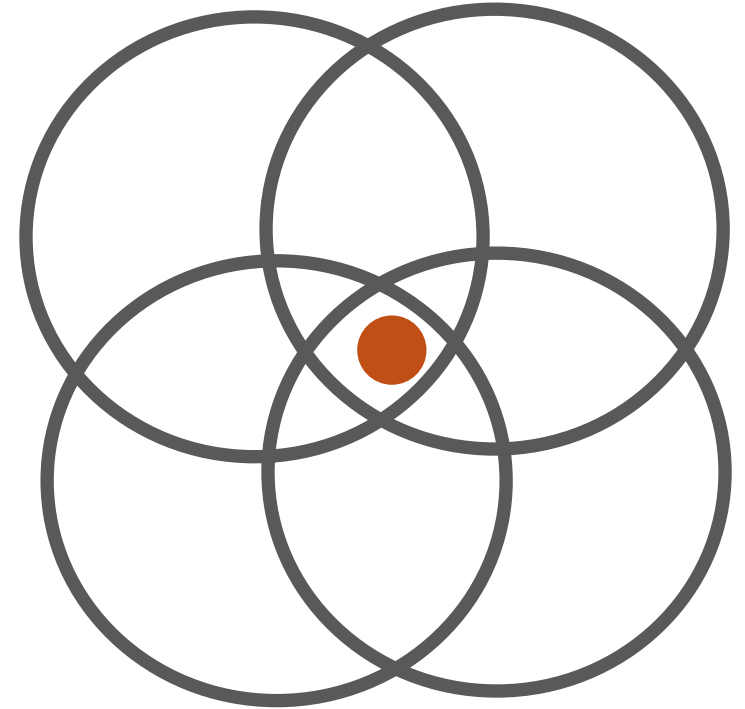
Nicolás Castillo
Desarrollo de Modelos
Macroevolutivos
Doctorante U Kentucky



Laura Lagomarsino
Macroevolución en
los Andes
Profesora Asociada
Louisiana State University

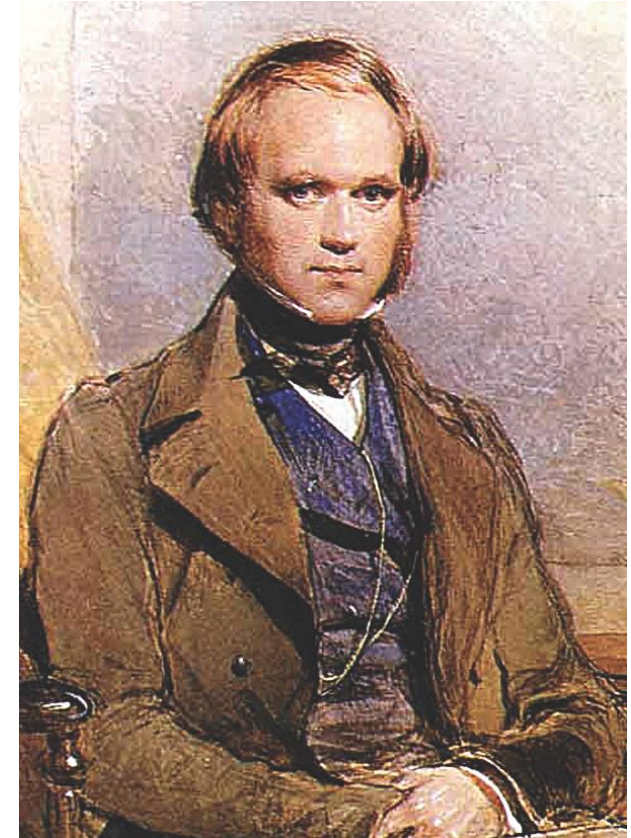
Carrie Tribble
Macroevolución de Bomarea
y desarrollo de software
Profesora Asistente
U Washington

Orlando Schwery
Desarrollo de Modelos
macroevolutivos y
Software
Postdoc U Kentucky



Charles Darwin como fundador de la teoría de la evolución

- Cómo se logra la diversidad de formas y número de las especies
- La teoría de la evolución como cualquier teoría necesita hipótesis que se pueden probar con observaciones (y simulaciones). Es repetible y tiene principios.



Charles Darwin
(1809-1882)

Teoría de la evolución y la descendencia con modificación

1. Las poblaciones de especies cambian en el tiempo (microevolución).
2. Los linajes se separan y producen nuevas especies (especiación).
3. Nuevas formas se derivan de formas que existen (macroevolución).
4. Las especies **no** son independientes pero están conectadas gracias a un ancestro común (filogenética)
5. La tierra y la vida en la tierra son antiguas. (Fechación, fósiles y biogeografía).

La única ilustración del origen de las especies - Charles Darwin 1859

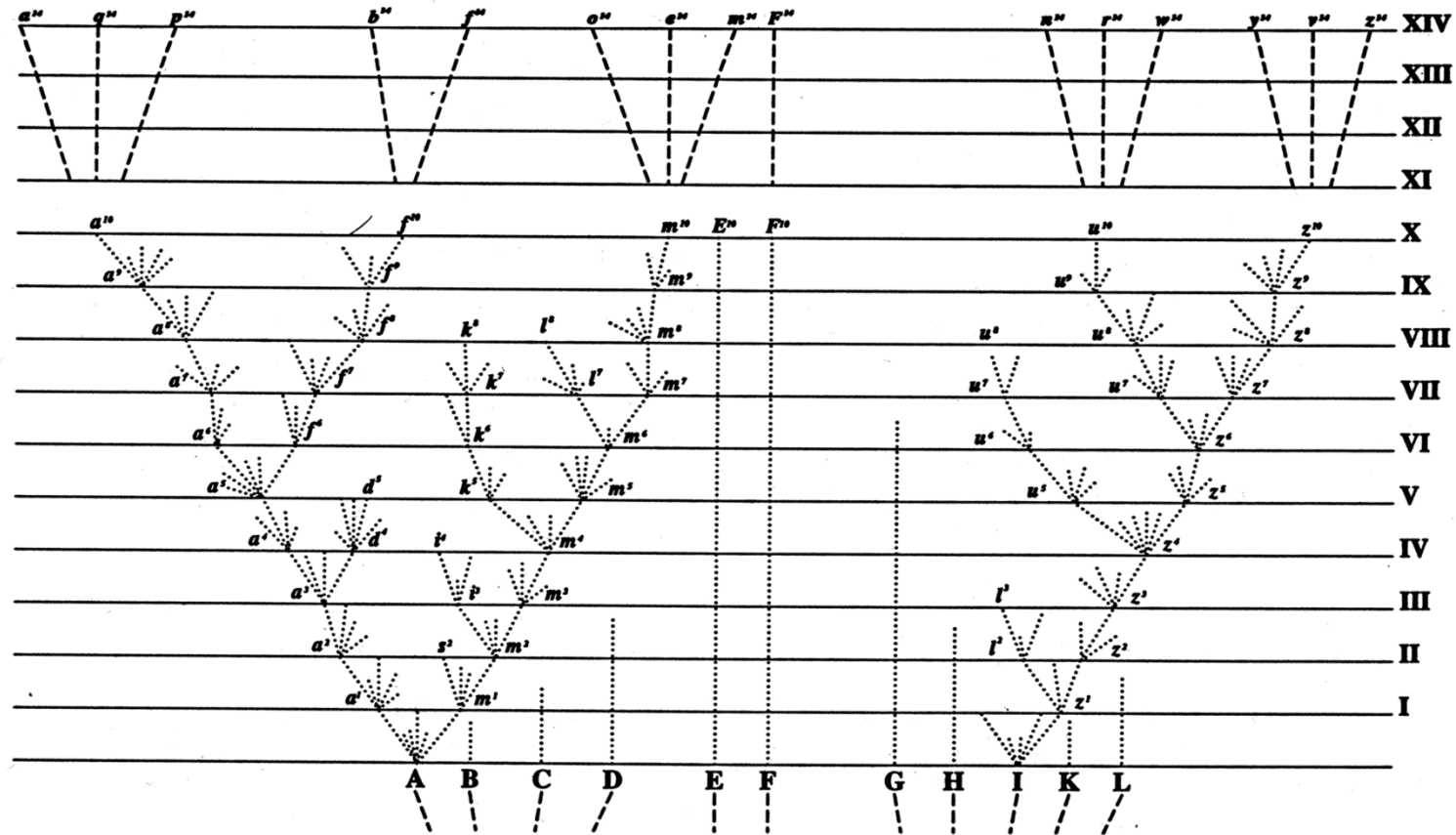


Figure 3. Darwin's diagram in *The Origin*, showing divergence from common ancestors. Horizontal lines represent time periods, from most remote (I) to most recent (XIV). Darwin was aware that most lineages go extinct, as evidenced by the lines that end at a certain

point in time. (From Charles Darwin. 1859. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Existence*. London: John Murray.)

“I have stated, that in the thirteen species of ground-finches, a nearly perfect gradation may be traced, from a beak extraordinarily thick, to one so fine, that it may be compared to that of a warbler. [...] Seeing this gradation and diversity of structure in one small, intimately related group of birds, one might really fancy that from an original paucity of birds in this archipelago, one species had been taken and modified for different ends.”
— Darwin, 1889

[YouTube Video](#)



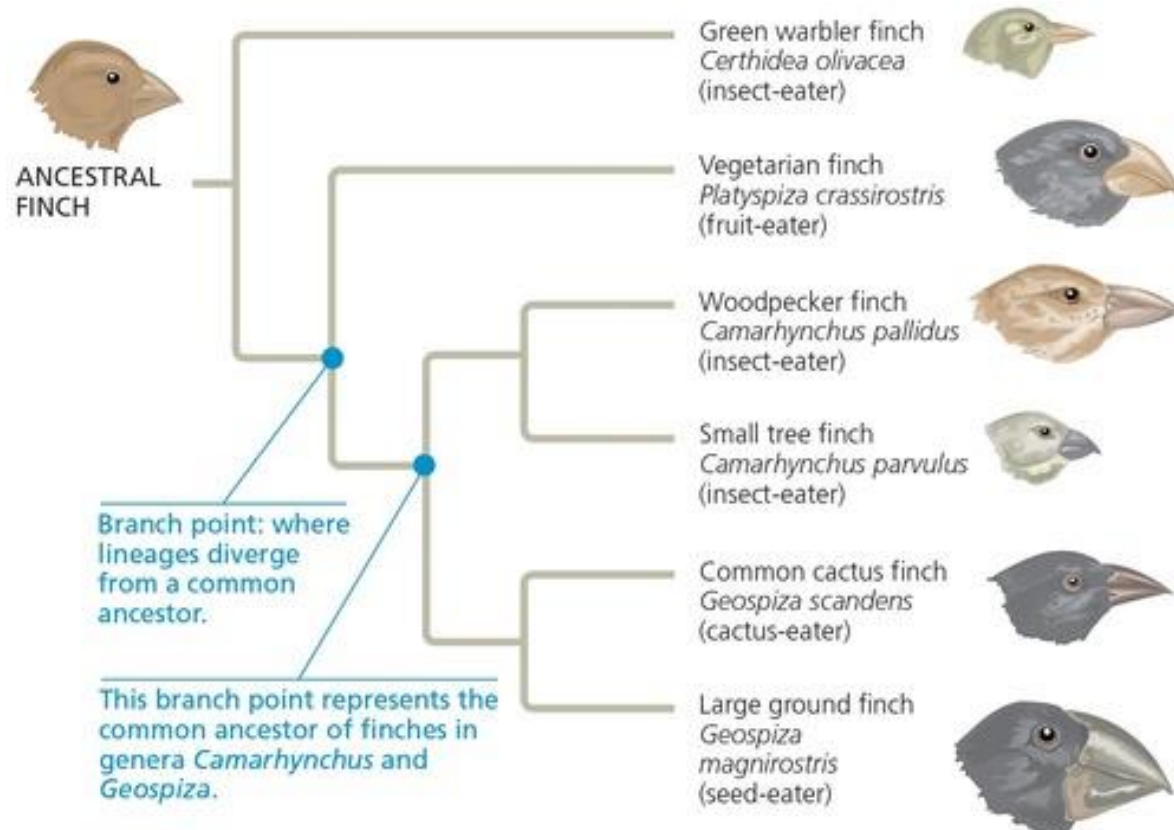
¿Por qué los pinzones de las islas Galápagos tienen picos diferentes?



Isla Baltra y al fondo Daphne Major

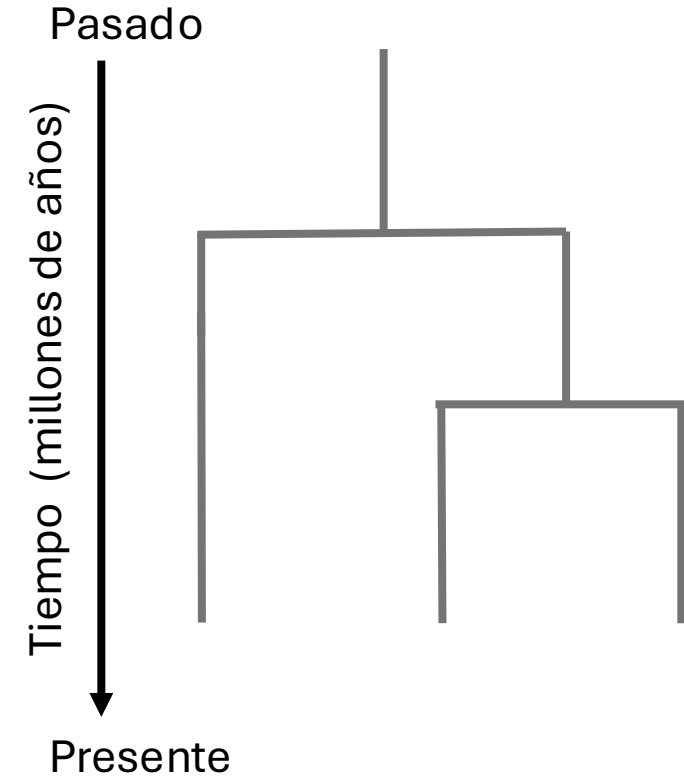
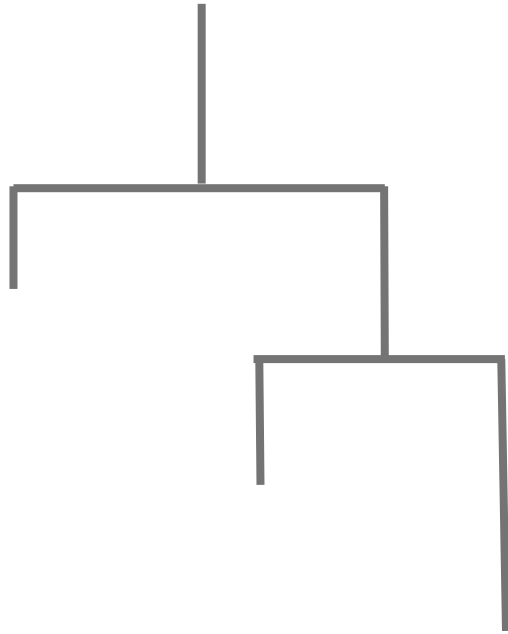
La descendencia con modificación

La descendencia con modificación implica que todas las especies tienen un ancestro en común

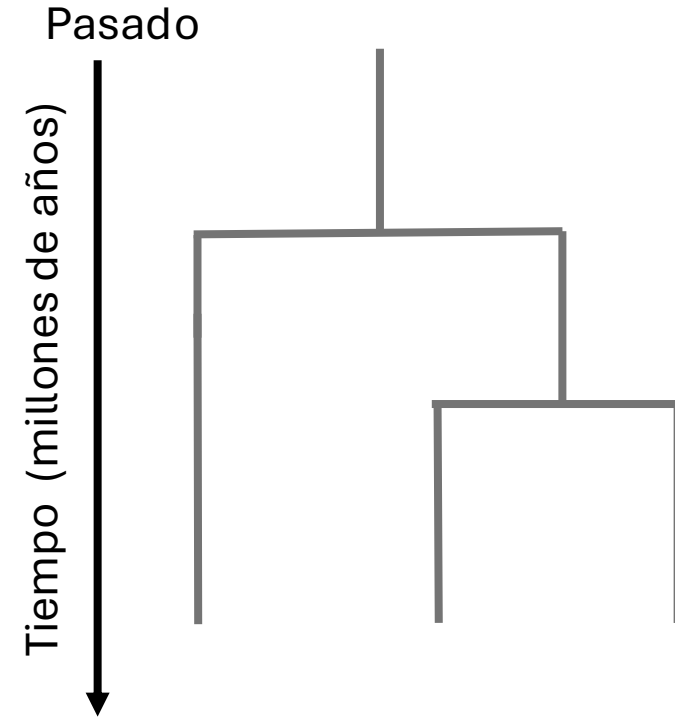
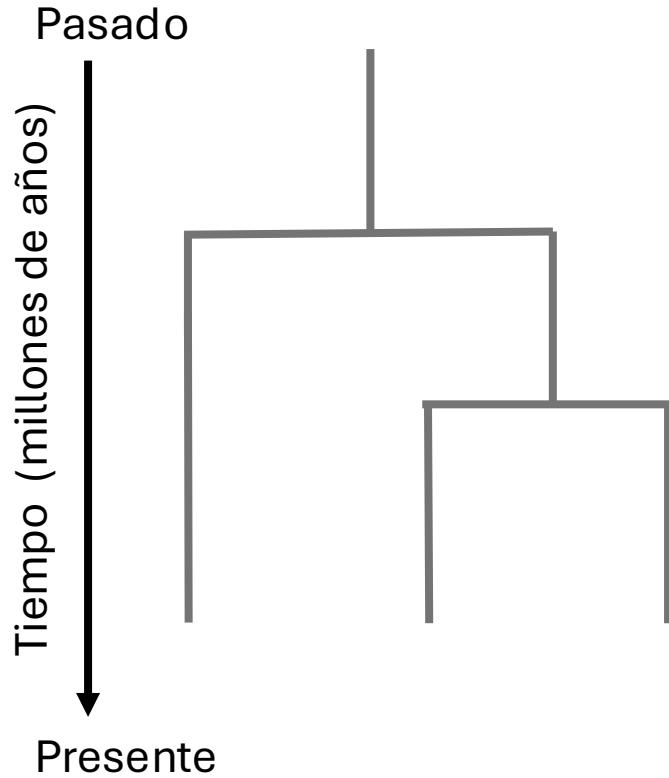


Los árboles filogenéticos son la representación más directa del principio de ancestría común que es el concepto más importante de la teoría de la evolución. Por lo tanto, este concepto debe tener un lugar prominente en la representación de la teoría de la evolución en el público en general. - David Baum

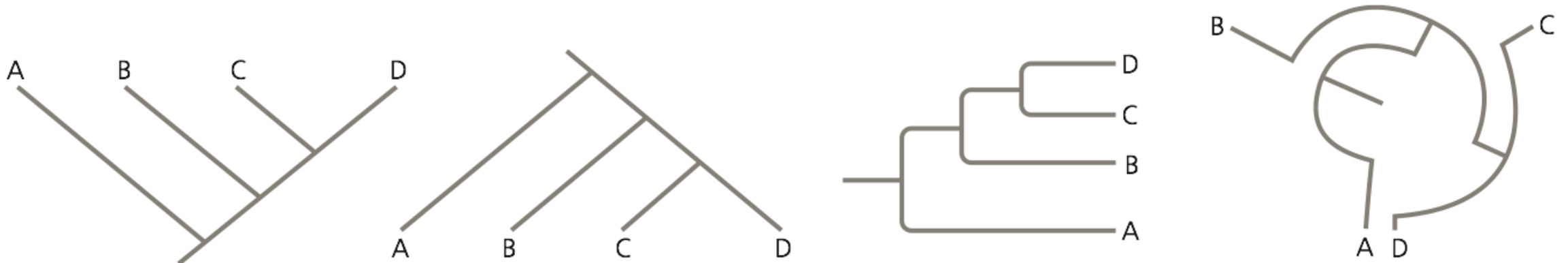
Árboles filogenéticos- Representación gráfica de las relaciones entre especies



Árboles filogenéticos- Representación gráfica de las relaciones entre especies



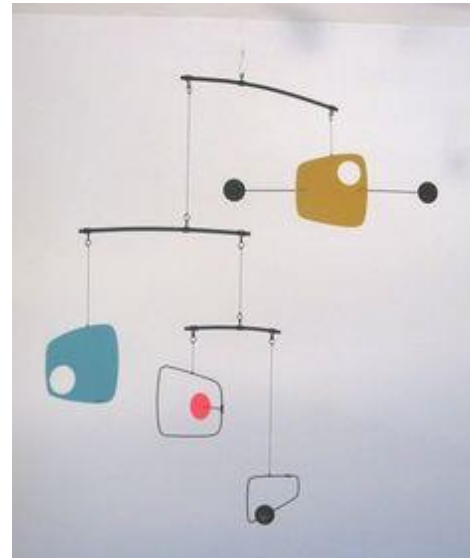
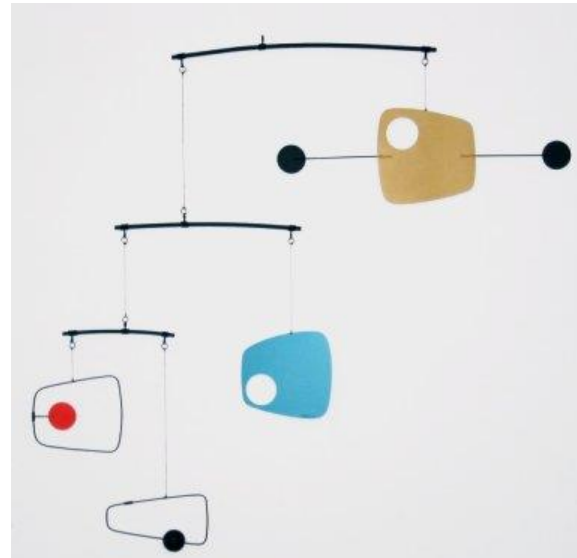
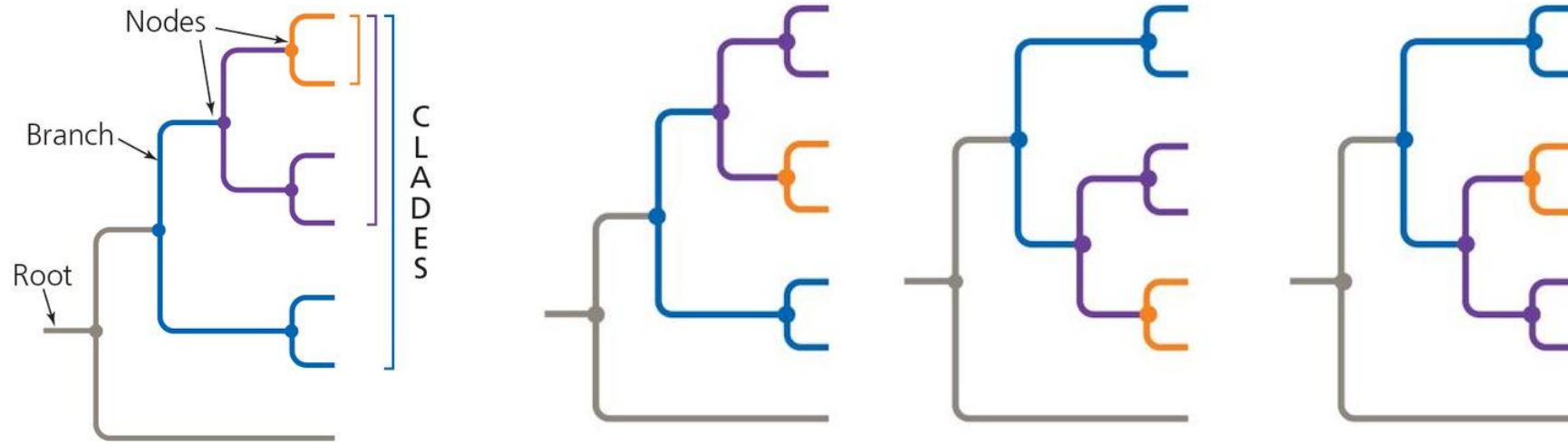
Estilos diferentes, mismo árbol filogenético



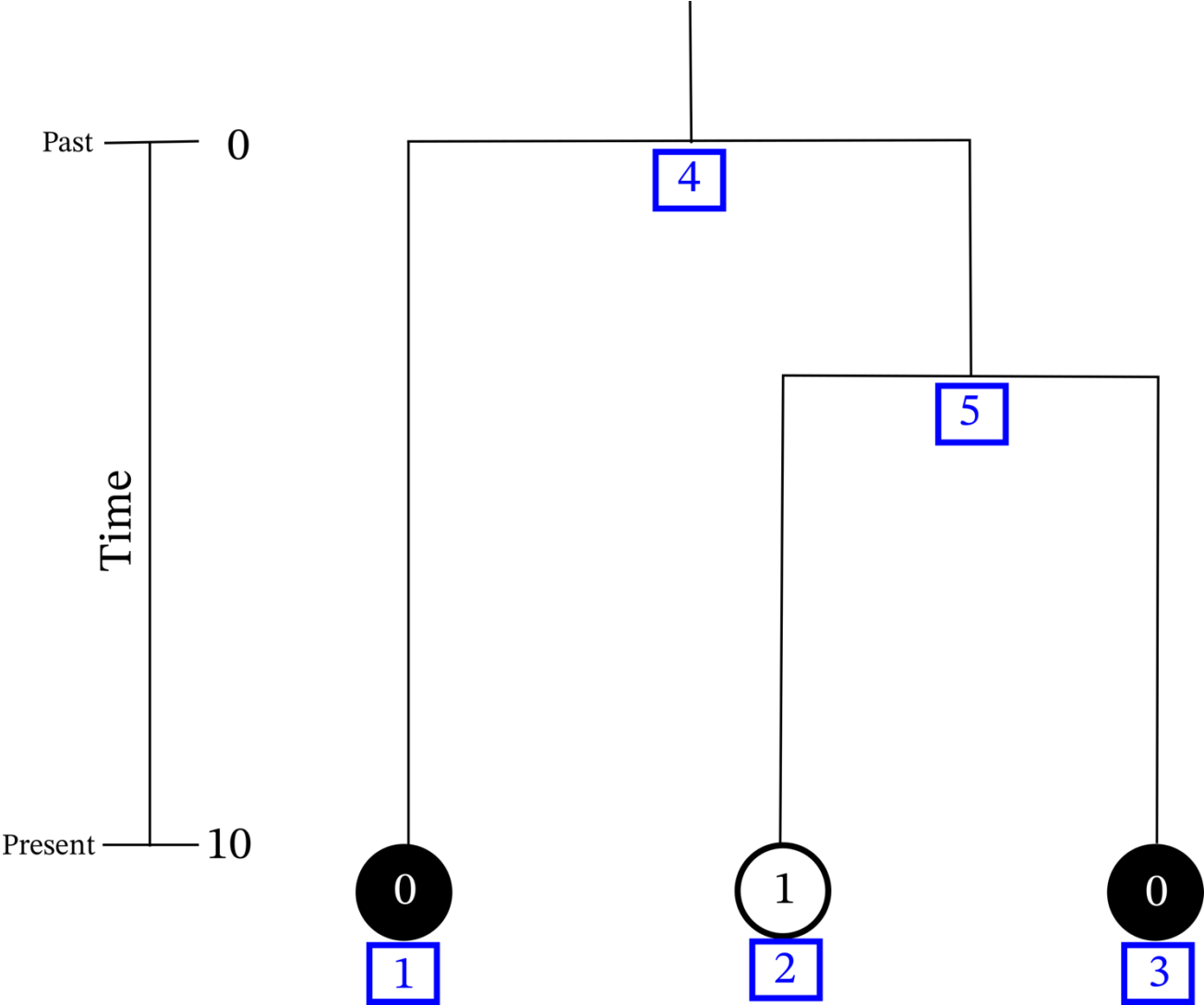
Los cuatro árboles ilustran las mismas relaciones!

Los nodps se pueden rotar y representan las mismas relaciones

A

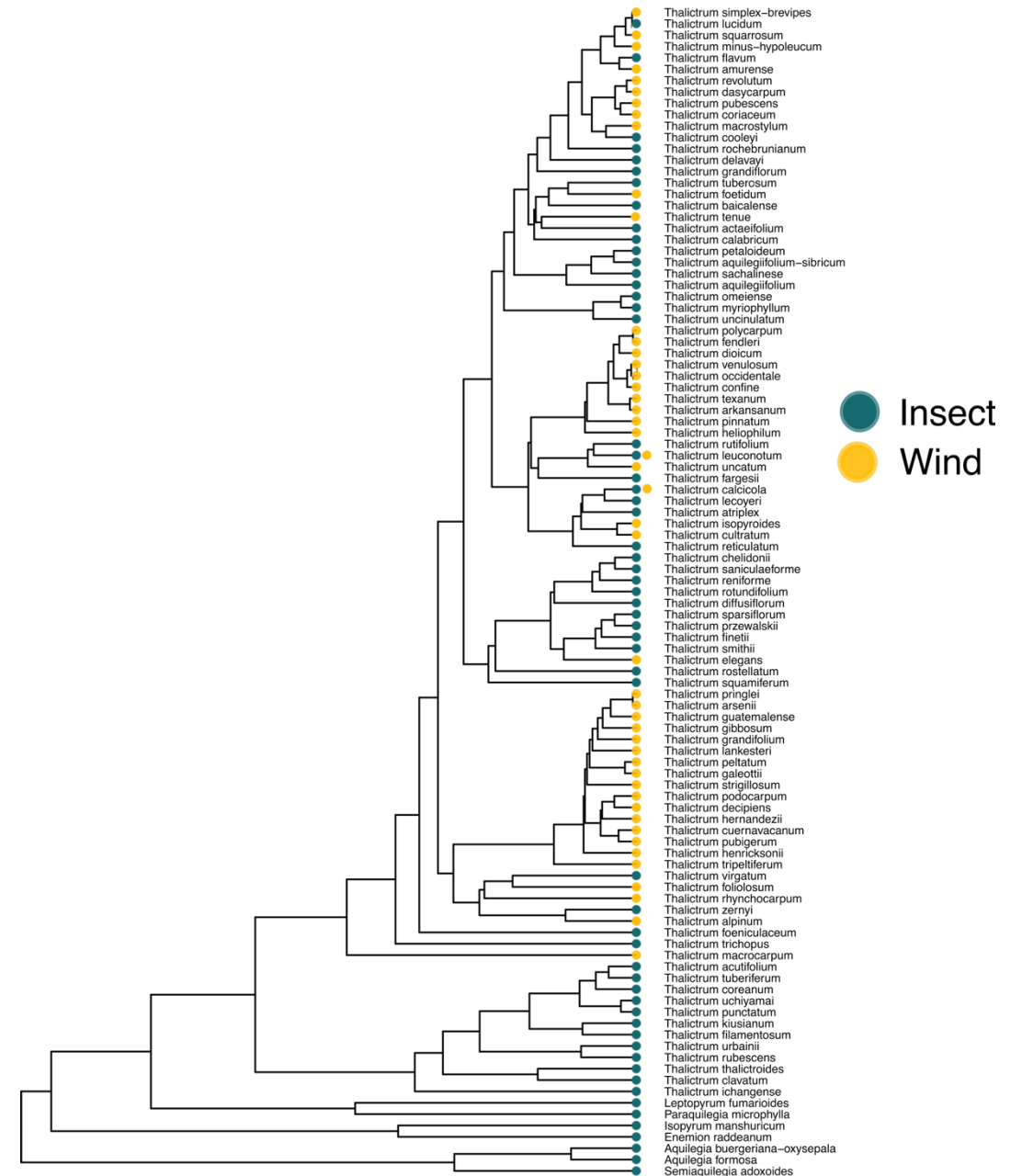


Enumerando los nodos de una filogenia (computadoras)



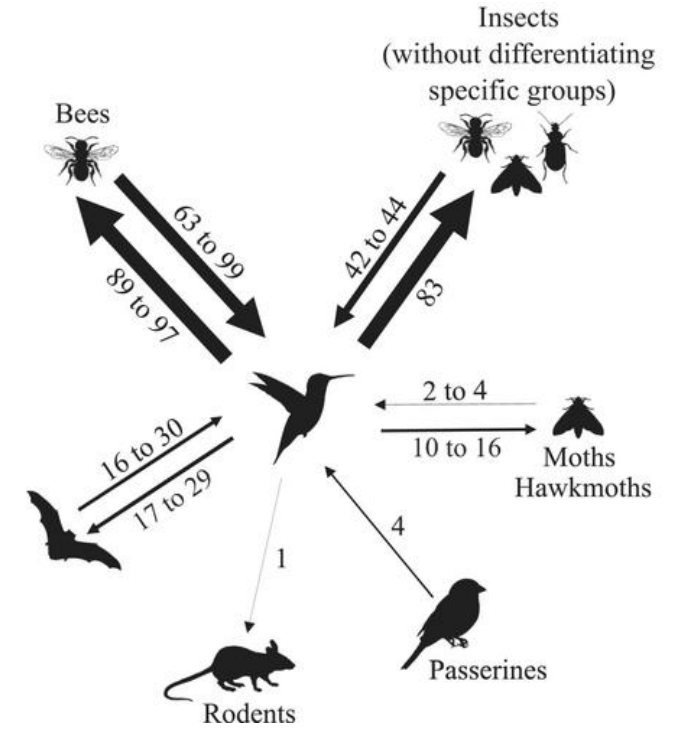
Árboles filogenéticos y Caracteres discretos

- Asumimos que el árbol filogenético está fijo
- Estamos interesados en saber la velocidad y el número de transiciones entre los dos estados.

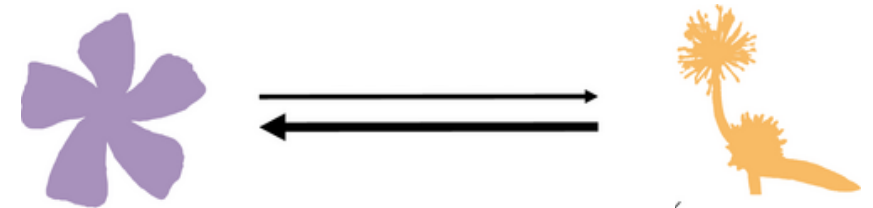


Polinización

- Plantas dependen de la polinización para asegurar su reproducción
- El polen se puede transferir por insectos, viento, vertebrados o incluso por el agua.
- Múltiples tipos de polinización, frecuentes cambios en las familias o géneros.
- La forma de la flor (anteras) ha coevolucionado con el polinizador



Barreto et al. 2024

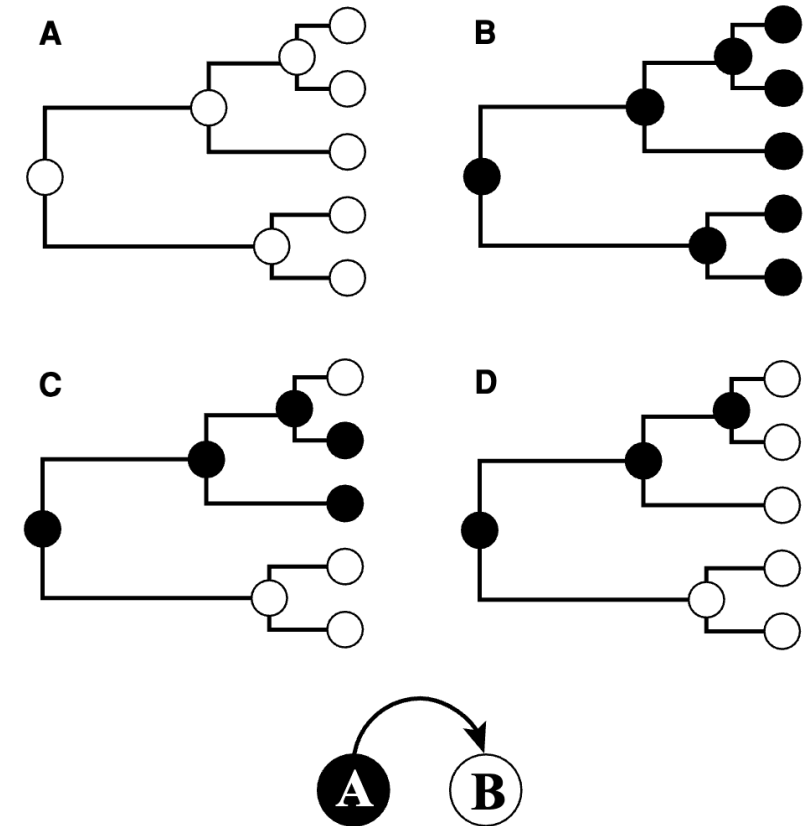


Cómo estimamos el número y la velocidad de las transiciones?

¿Cuál es el principio biológico?

- La ley de la irreversibilidad de Dollo:
Un organismo casi nunca regresa a un estado previo, incluso cuando dicho organismo se encuentra en condiciones existenciales idénticas a las cuáles antes experimentó. - Louis Dollo (1893)

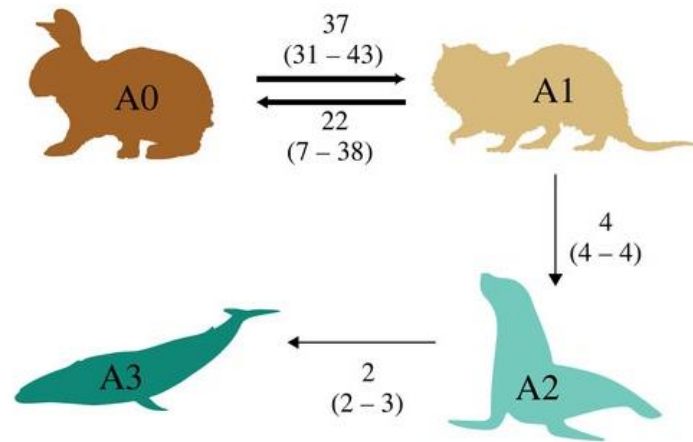
Goldberg and Igić. 2008



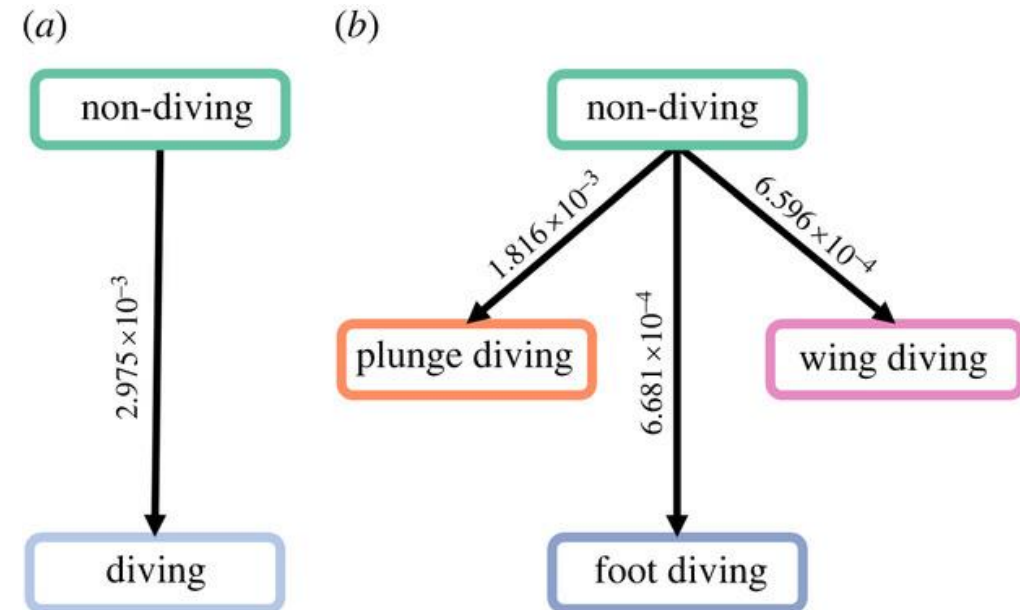
¿Qué es lo que estamos estudiando?

- La ley de la irreversibilidad de Dollo:

Un organism casi nunca regresa a un estado previo, incluso cuando dicho organism se encuentra en condiciones existenciales idénticas a las cuáles antes experimentó. - Louis Dollo (1893)



Adaptación secundaria a habitats acuáticos (Farina and Silvestro, 2023)



Buceo de aves acuáticas
Tyler and Younger, 2022

Definición de una variable aleatoria

Cadenas de Markov en tiempo continuo

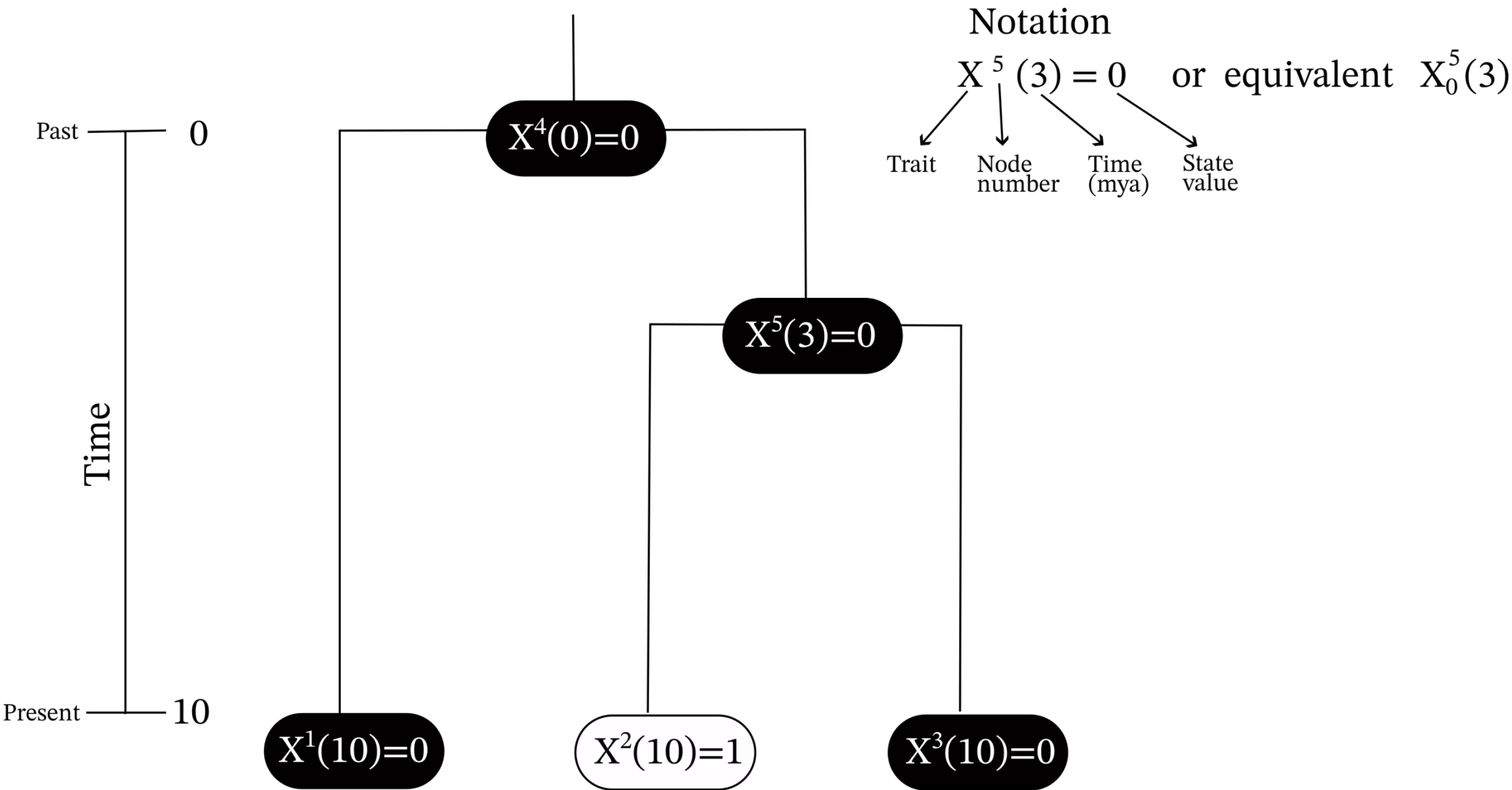
Continuous-Time Markov Chains (CTMC)

$$\{X(t), t \geq 0\}$$

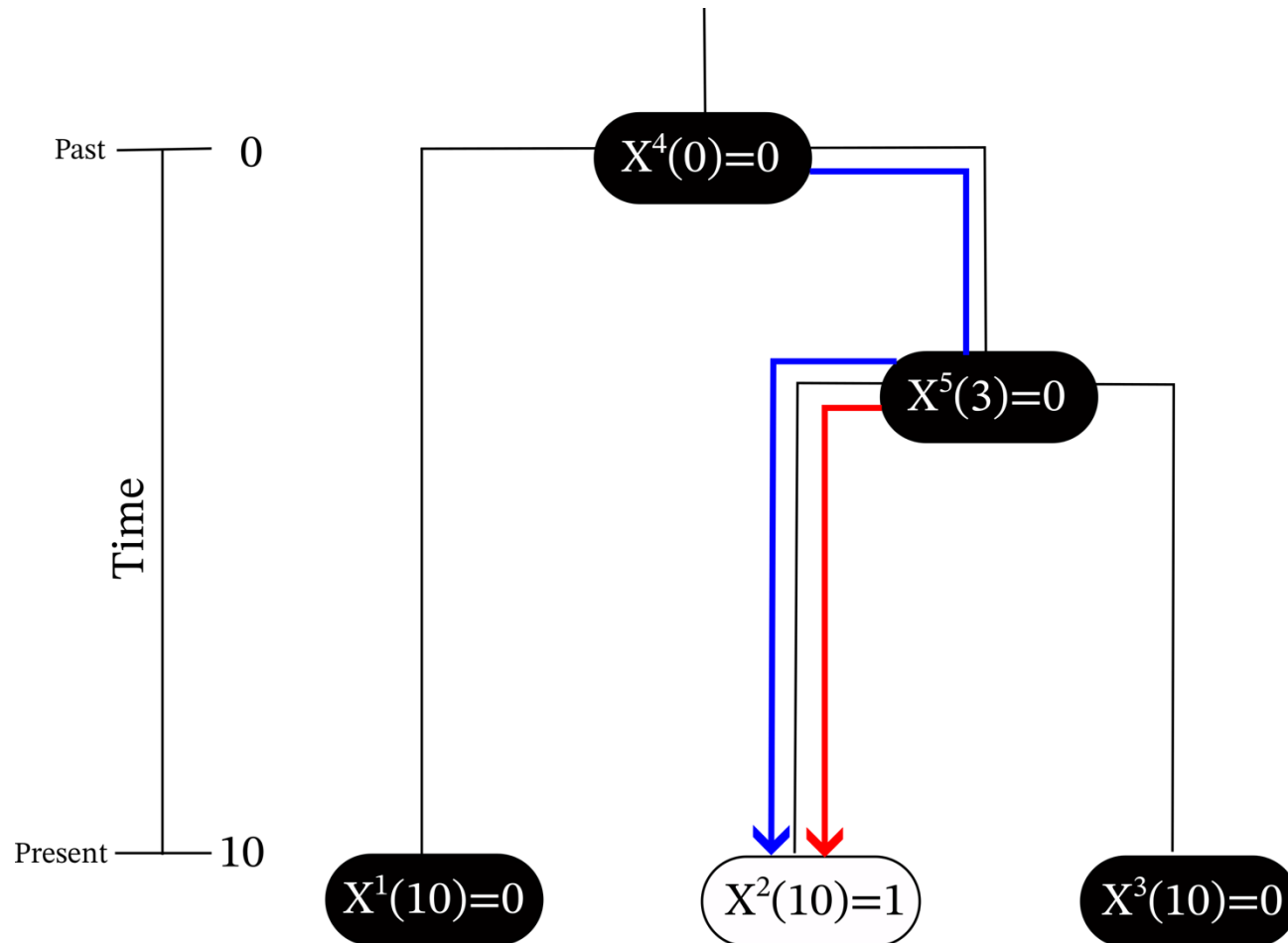
Modelos estocásticos que siguen el cambio en el **tiempo** y tienen asociados una **probabilidad**

$X(t)$ = el valor del fenotipo o caracter al tiempo t

$X(t)$ = Insecto (0), Viento (1)



Lo Markov en las cadenas de Markov

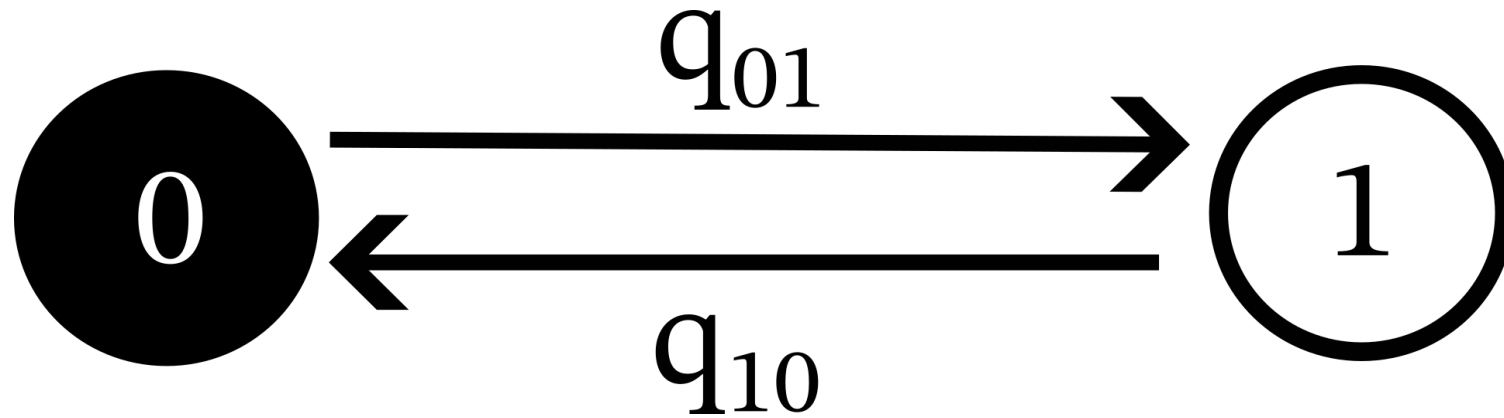


$$P(X^2(10)=1|X^5(3)=0)=p_{01}(10-3)=p_{01}(7)$$

La matriz P- Las probabilidades

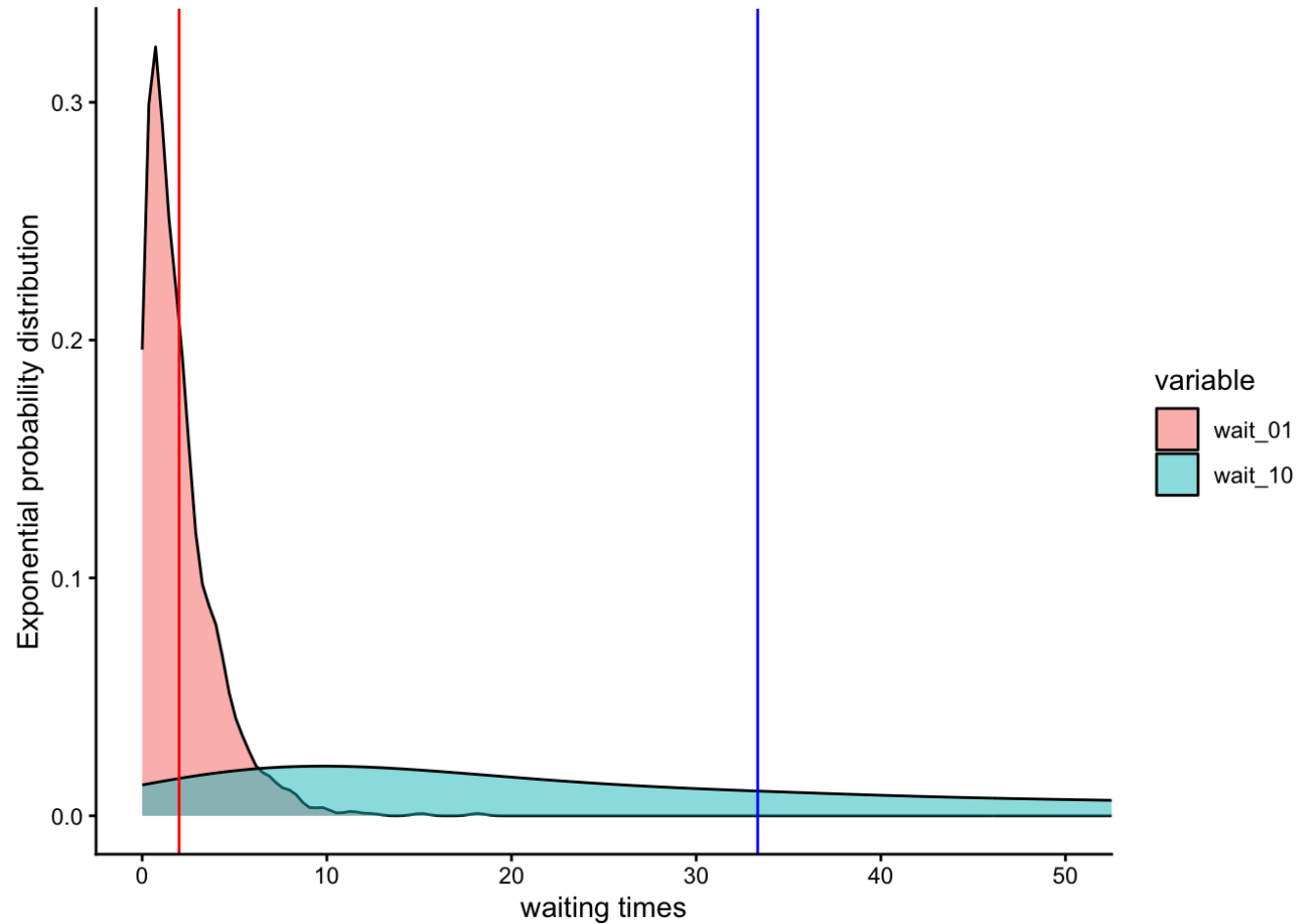
$$P(t) = \begin{pmatrix} p_{00}(t) & p_{01}(t) \\ p_{10}(t) & p_{11}(t) \end{pmatrix}$$

Tasas de Transición- Definición

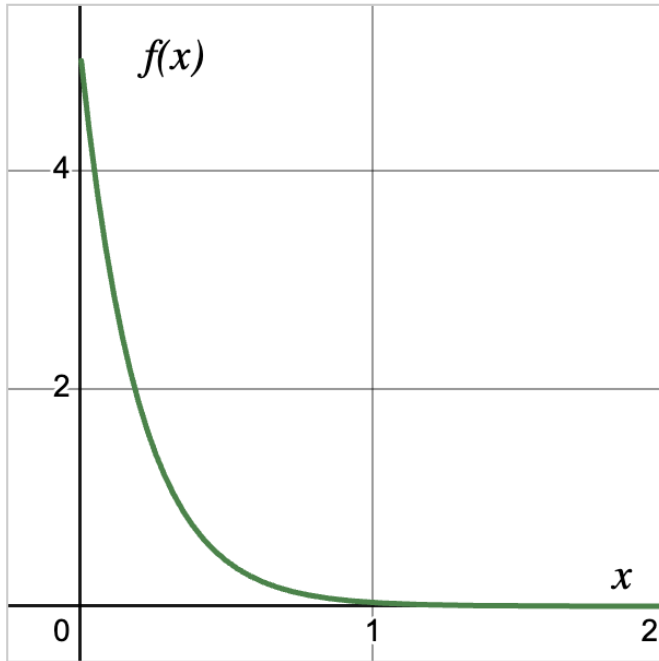


$$\lim_{h \rightarrow 0} P(X(t+h) = j | X(t) = i) = \lim_{h \rightarrow 0} p_{ij}(h) = q_{ij}$$

$1/(\text{tasa de transición}) = \text{Tiempo promedio de espera}$



La exponencial es una distribución de tiempos de espera

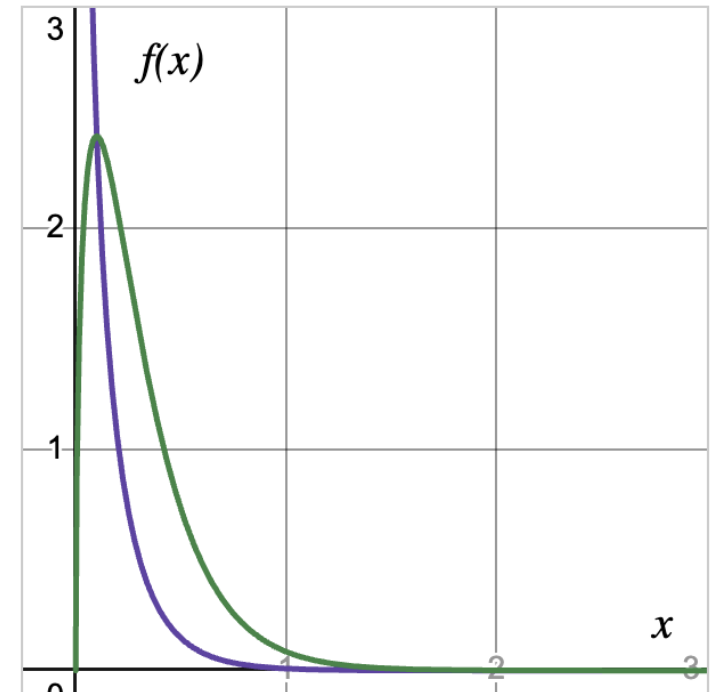


exponential distribution with parameter $\lambda > 0$, write $X \sim \text{exponential}(\lambda)$,

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & \text{for } x \geq 0, \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

gamma distribution with parameters $\alpha, \lambda > 0$, write $X \sim \text{gamma}(\alpha, \lambda)$

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\lambda x}, & \text{for } x \geq 0, \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases}$$



La Q-matriz

$$Q = \begin{pmatrix} -q_{01} & q_{01} \\ q_{10} & -q_{10} \end{pmatrix}$$

La Q y la P cómo se relacionan?

$$P(t) = \frac{1}{q_{01} + q_{10}} \begin{pmatrix} q_{10} + q_{01}e^{-(q_{01}+q_{10})t} & q_{01} - q_{01}e^{-(q_{01}+q_{10})t} \\ q_{10} - q_{10}e^{-(q_{01}+q_{10})t} & q_{01} + q_{10}e^{-(q_{01}+q_{10})t} \end{pmatrix}$$

$$P(t) = e^{Qt}$$

The image shows two pages of handwritten mathematical derivations for the 2D Ising model. The left page is titled "2D Ising model" and shows the derivation of the transfer matrix T from the partition function Z . The right page shows the diagonalization of the transfer matrix using the Fourier transform, leading to the final expression for the free energy per site.

Left Page: Derivation of the Transfer Matrix

The partition function Z is written as a trace over the transfer matrix T :

$$Z = \text{Tr} T^N$$

The transfer matrix T is defined by its elements $T_{\sigma\sigma'}$, which are the Boltzmann weights for a pair of spins σ, σ' on adjacent sites. The elements are given by:

$$T_{\sigma\sigma'} = \exp \left[\frac{J}{k_B T} \sigma \sigma' + \frac{h}{k_B T} \sigma \right]$$

The transfer matrix T is a 2×2 matrix, and its eigenvalues λ_1 and λ_2 are found by solving the characteristic equation:

$$\det(T - \lambda I) = 0$$

The eigenvalues are:

$$\lambda_{1,2} = \exp \left[\frac{J}{k_B T} \right] \left[\cosh \left(\frac{h}{k_B T} \right) \pm \sinh \left(\frac{h}{k_B T} \right) \right]$$

The free energy per site f is then given by:

$$f = -k_B T \ln \lambda_1$$

Right Page: Diagonalization of the Transfer Matrix

The transfer matrix T is diagonalized using the Fourier transform. The eigenvalues λ_1 and λ_2 are found by solving the characteristic equation:

$$\det(T - \lambda I) = 0$$

The eigenvalues are:

$$\lambda_{1,2} = \exp \left[\frac{J}{k_B T} \right] \left[\cosh \left(\frac{h}{k_B T} \right) \pm \sinh \left(\frac{h}{k_B T} \right) \right]$$

The free energy per site f is then given by:

$$f = -k_B T \ln \lambda_1$$

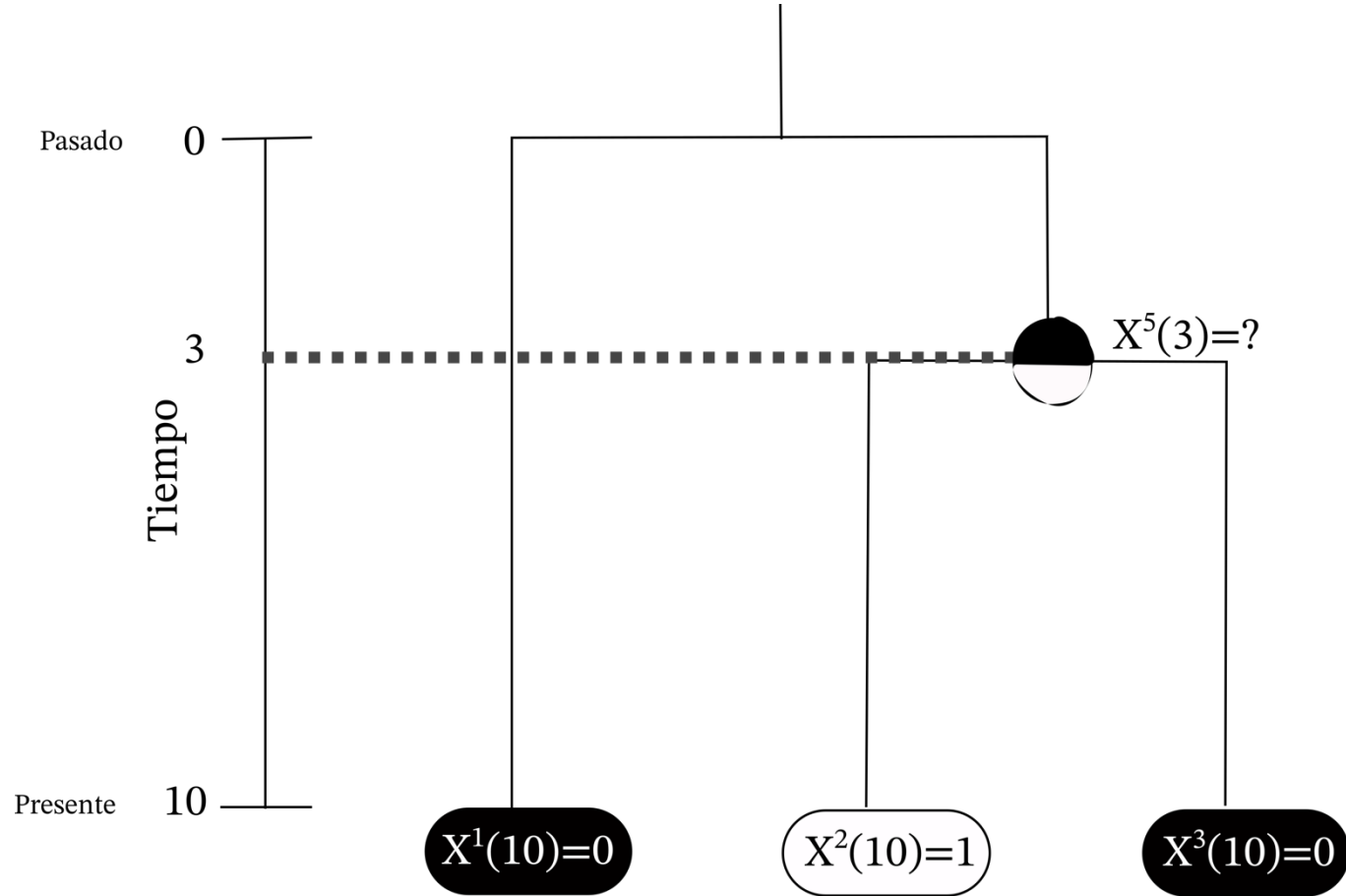
Nineteen Dubious Ways to Compute the Exponential of a Matrix, Twenty-Five Years Later*

Cleve Moler[†]
Charles Van Loan[‡]

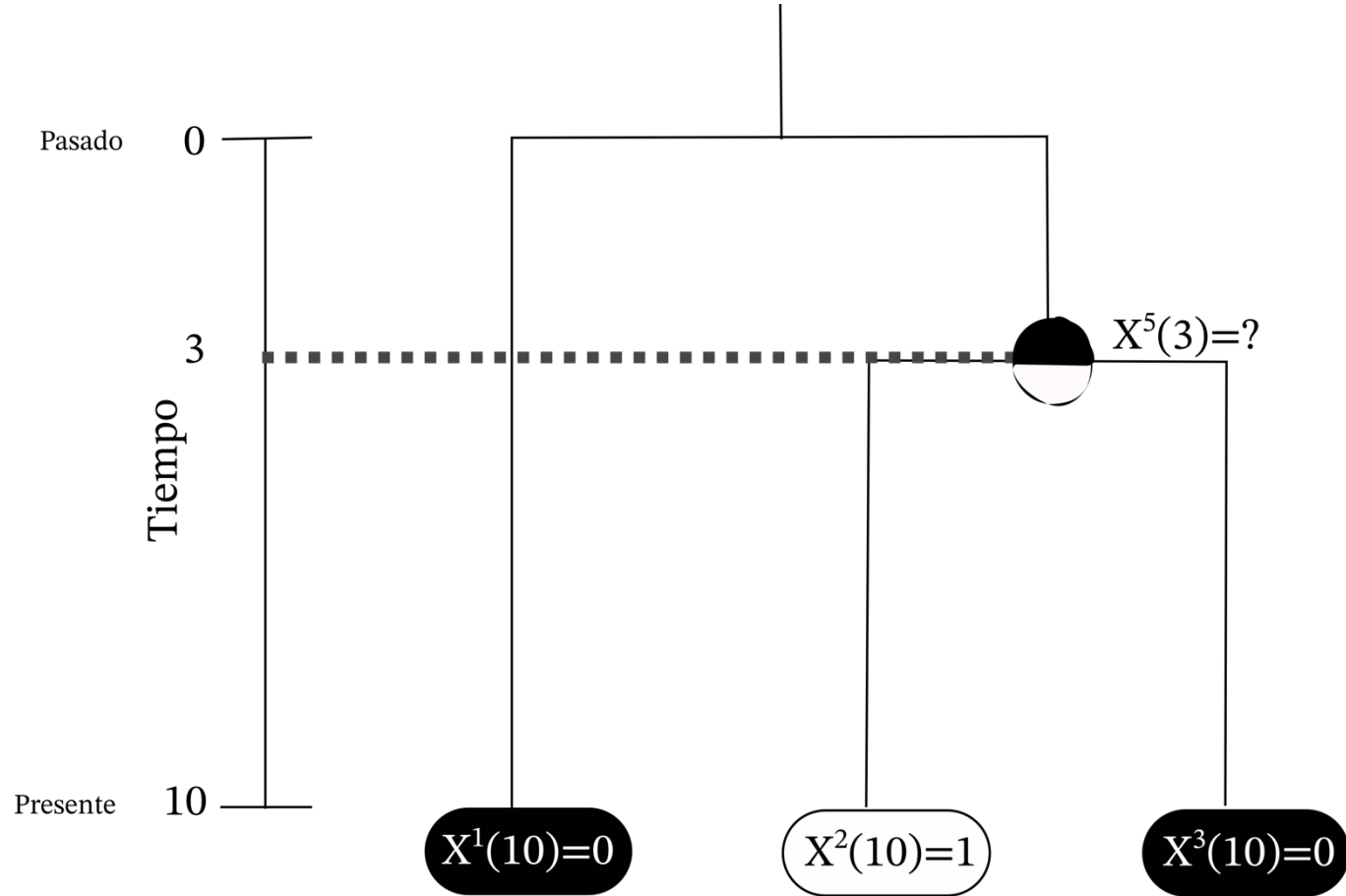
Abstract. In principle, the exponential of a matrix could be computed in many ways. Methods involving approximation theory, differential equations, the matrix eigenvalues, and the matrix characteristic polynomial have been proposed. In practice, consideration of computational stability and efficiency indicates that some of the methods are preferable to others, but that none are completely satisfactory. Most of this paper was originally published in 1978. An update, with a separate bibliography, describes a few recent developments.

AMS subject classifications. 15A15, 65F15, 65F30, 65L99

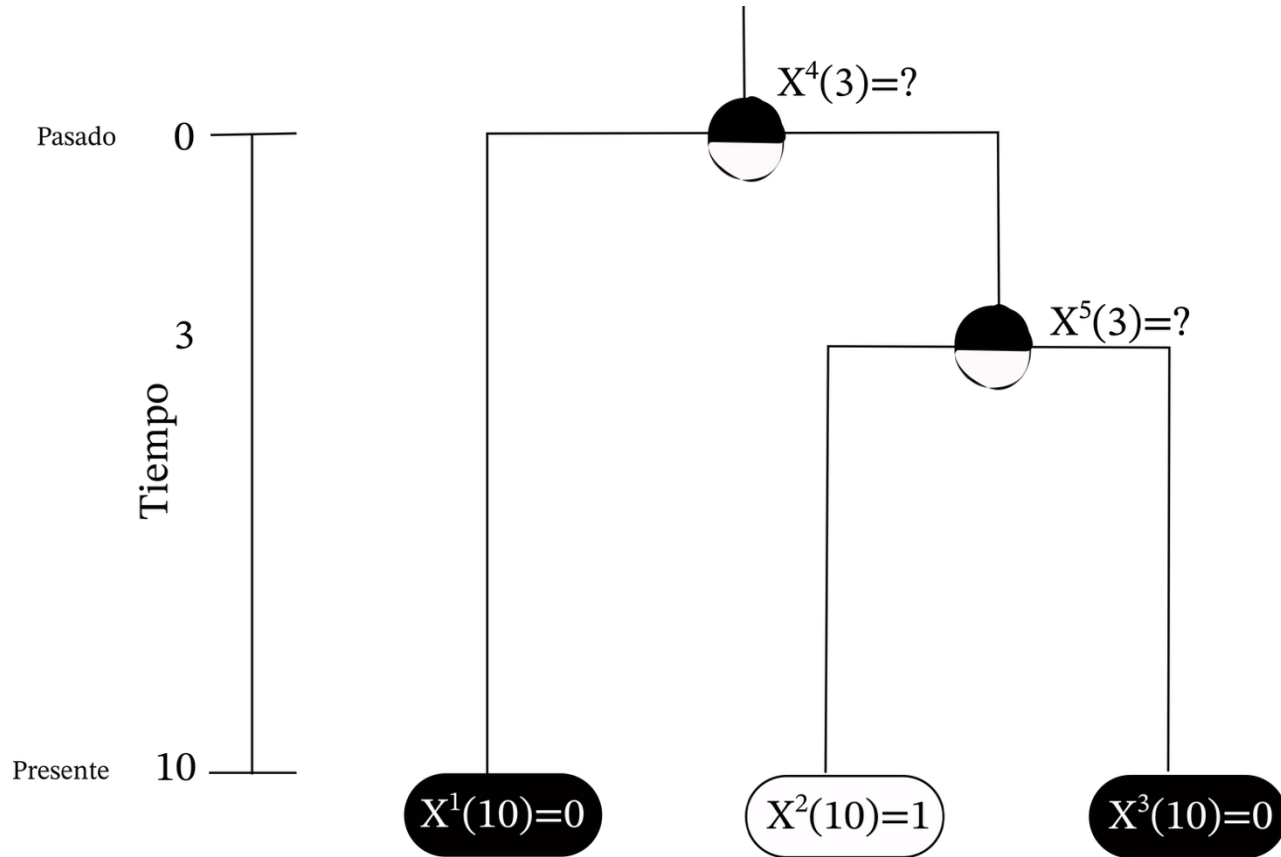
Gran problema: No sabemos nada del pasado



Gran problema: No sabemos nada del pasado



Gran problema: No sabemos nada del pasado



La función de verosimilitud para un modelo Mk2

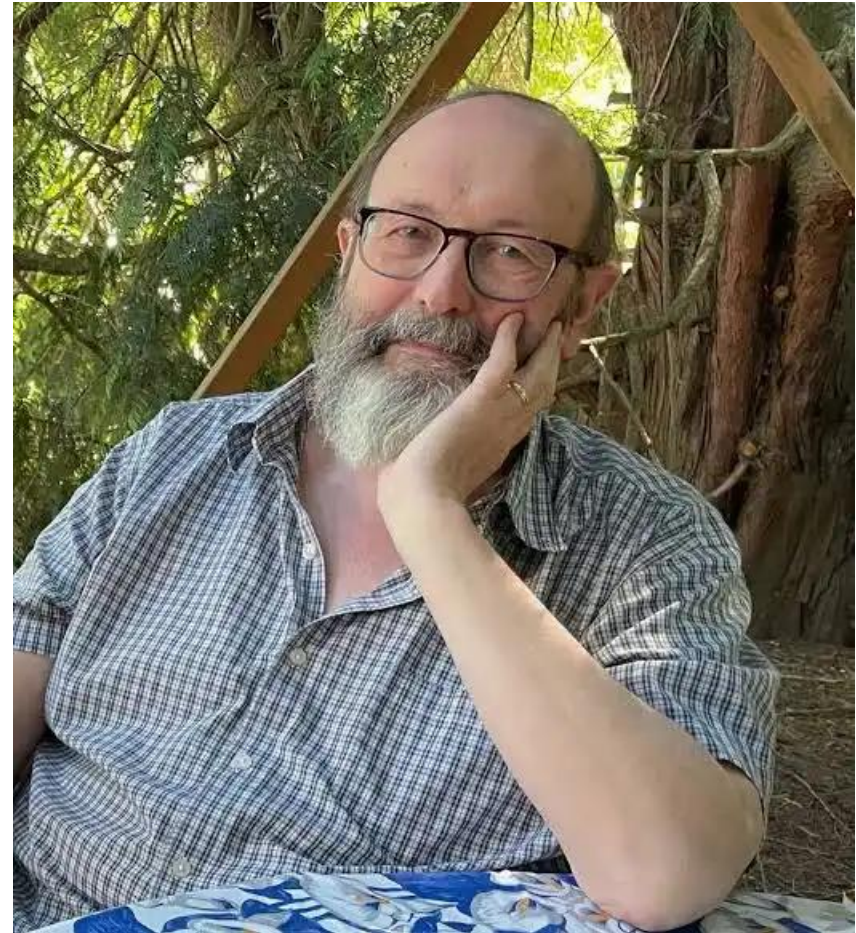
Evolutionary Trees From Gene Frequencies and Quantitative Characters: Finding Maximum Likelihood Estimates

Author(s): Joseph Felsenstein

Source: *Evolution*, Nov., 1981, Vol. 35, No. 6 (Nov., 1981), pp. 1229-1242

Published by: Society for the Study of Evolution

Stable URL: <https://www.jstor.org/stable/2408134>



Joseph Felsenstein

Algoritmo de poda (pruning algorithm-Felsenstein 1981)

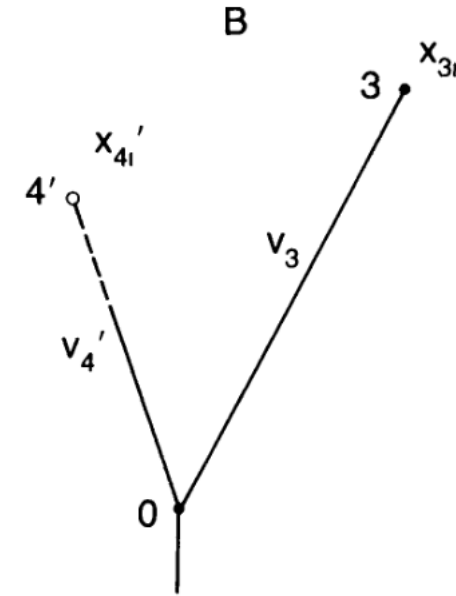
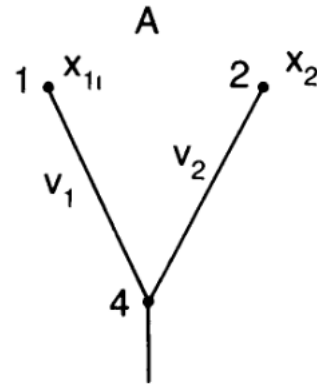
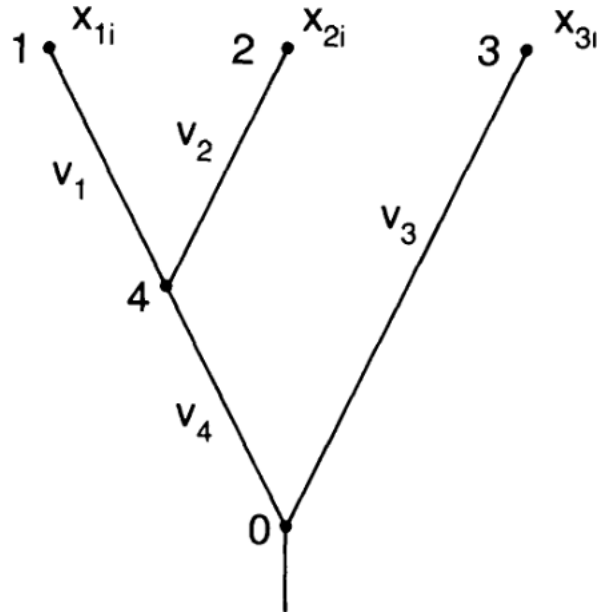


FIG. 5. The pruning algorithm. These two trees, taken together, have the same restricted likelihood as the tree of Figure 3. x_{4i}' and v_{4i}' are defined in the text.

Instalación de Software

<https://roszenil.github.io/mytutorials/contenido.html>



SCAN ME

Introducción a RevBayes

Modelos Probabilísticos Bayesianos



IMPLEMENTACIÓN DE
LA ESTADÍSTICA BAYESIANA
EN MACROEVOLUCIÓN



MODELOS GRÁFICOS
PROBABILÍSTICOS

Cumberland Falls State Park, KY



Thalictrum
Múltiples cambios de
tipo de polinización

Verónica di Stilio
University of Washington



Thalictrum pubescences



Thalictrum thalictroides

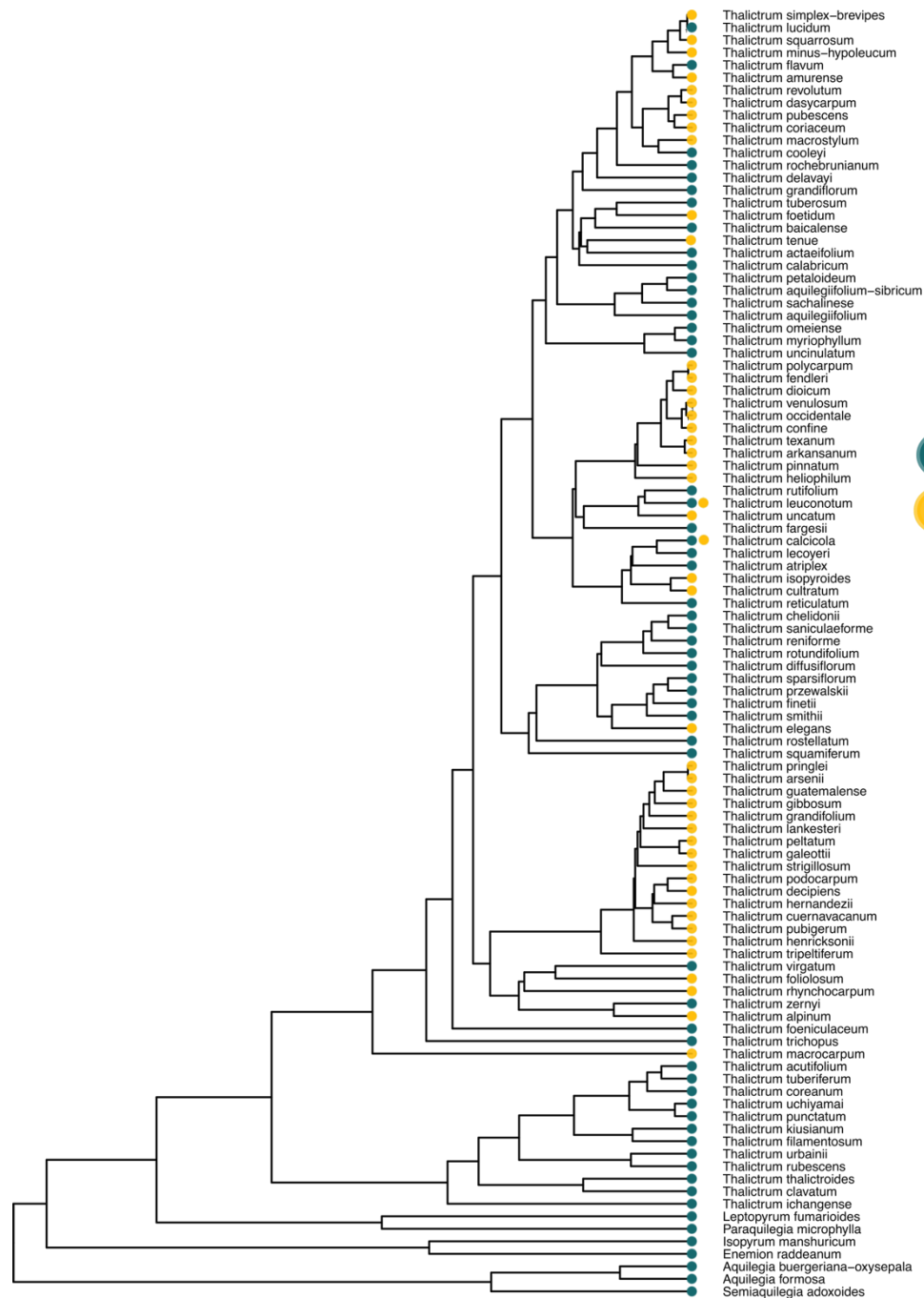
Tipos de polinización

Insecto= 0



Viento =1





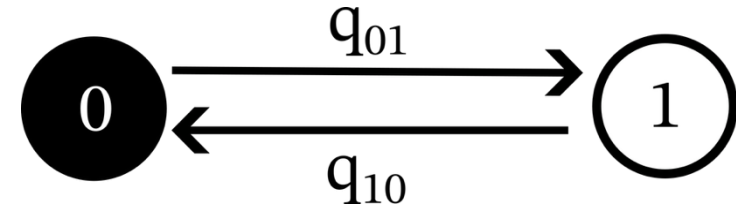
- Siempre grafiquen sus datos!
- Checar anidaciones en clados!
- Las transiciones es lo que les da poder para estimar los modelos que les queremos presentar.

No pueden usar estos modelos si están en el "Felsenstein worst case scenario"



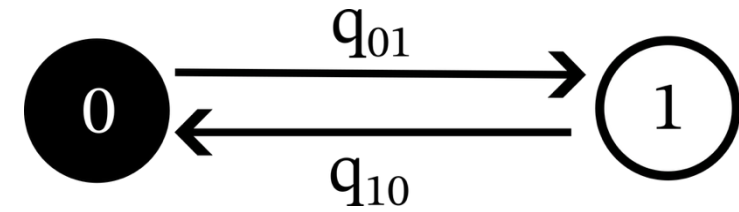
Parámetros desconocidos e inciertos del Mk2

1. Tasas de transición



Parámetros desconocidos e inciertos del Mk2

1. Tasas de transición



2. Las frecuencias de los estados en la raíz.

