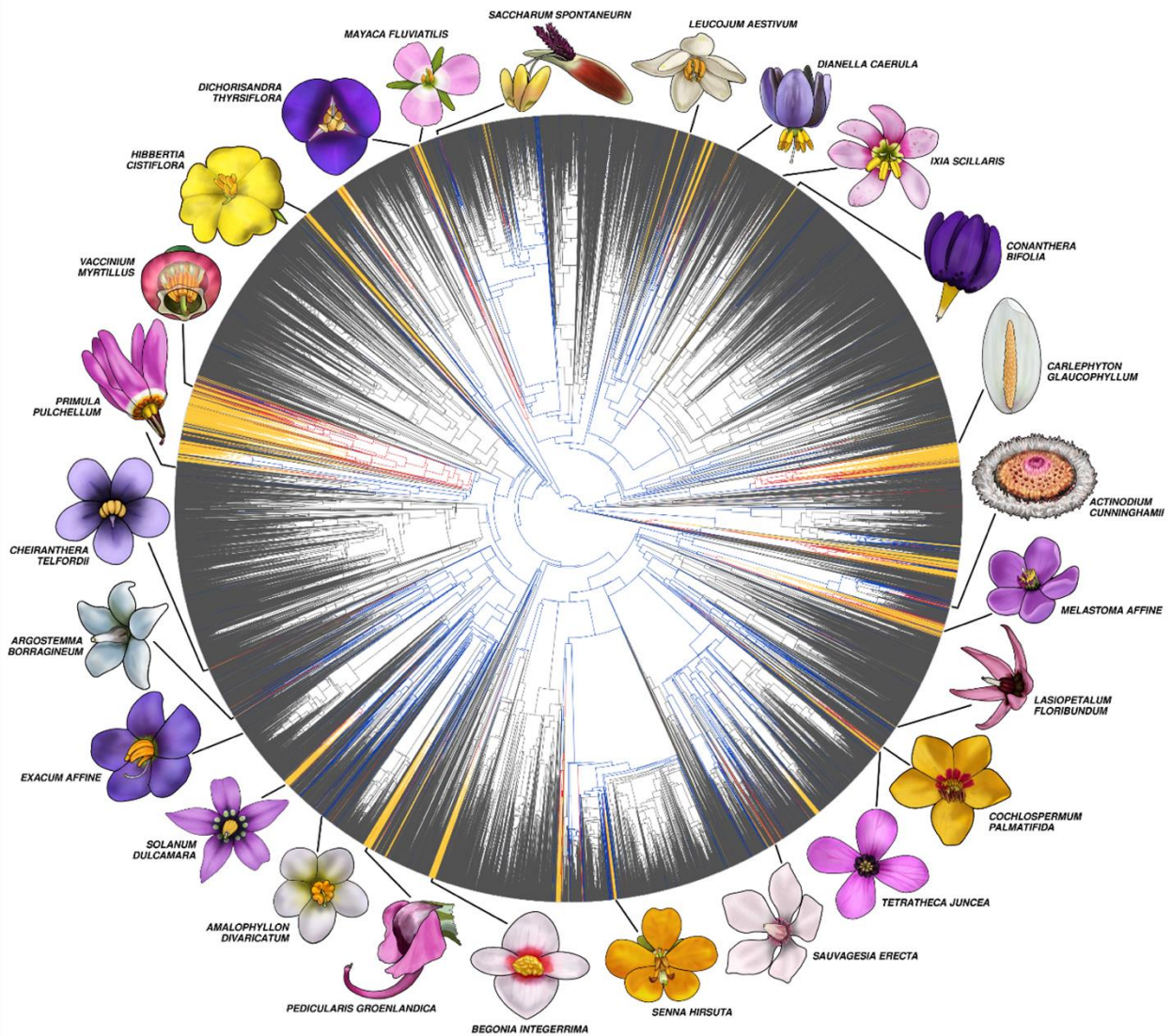


# Todos los materiales del taller

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



SCAN ME



# Día 3

## Introducción a Macroevolución

Inferencia Bayesiana con modelos de cadenas de Markov en tiempo continuo



IMPLEMENTACIÓN DE  
LA ESTADÍSTICA BAYESIANA  
EN MACROEVOLUCIÓN



MODELOS GRÁFICOS  
PROBABILÍSTICOS

# Importante

- El objetivo de la inferencia bayesiana es la **distribución posterior** no un estimador puntual
- Si la verosimilitud es difícil de calcular eso implica que la distribución posterior también. El MCMC es un algoritmo que nos permite **muestrear la posterior**
- Las muestras se pueden transformar para obtener muestras de las variables aleatorias transformadas

# Movimientos (moves)- Propuestas

Propuestas para mover de valor los parámetros (MCMC)







Se propone un valor de parámetro y se evalúa su probabilidad. Si es muy bueno, con alta probabilidad de ser aceptado. De lo contrario, se rechaza y se mantiene el valor anterior.



Ver la clase del Dr. Paul Lewis  
Bayesian inference and MCMC

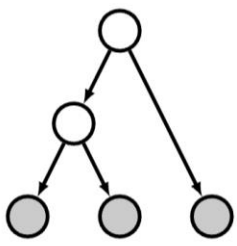
# Notación de RevBayes

cada símbolo significa algo importante

	a) Constant node		$\leftarrow$ constant variable
	b) Stochastic node		$\sim$ stochastic variable
	c) Deterministic node		$:=$ deterministic variable
	d) Clamped node (observed)		<b>node.clamp(data)</b> observed value of stochastic variable
	e) Plate		<b>for (i in 1:N) { ... }</b> plates (multiple connected nodes)
			$=$ for fixed operations (not part of graphical model)

# Metropolis-Hastings – Monte Carlo Markov Chain

1. Empieza con un valor para  $\theta$  llamado  $\theta_0$
2. Haz  $\theta_{viejo} = \theta_0$
3. Calcula la distribución posterior  $P(\theta_{viejo} | Datos)$
4. Proponer una distribución aleatoria  $g(\theta)$  para obtener un nuevo valor  $\theta_{nuevo}$
5. Calcula la distribución posterior  $P(\theta_{nuevo} | Datos)$
6. Calcula los momios  $momios = \frac{P(\theta_{nuevo} | Datos)}{P(\theta_{old} | Datos)}$
7. Calcula un valor aleatorio  $u$  entre 0 y 1
8. Si  $u < momios$  entonces acepta.  $\theta_{nuevo}$ , guárdalo, sino rechaza y no lo guardes.
9. Si lo aceptas haz  $\theta_{viejo} = \theta_{nuevo}$  y vuelve al paso dos hasta acabar las iteraciones. Sino continua al paso dos con el mismo  $\theta_{viejo}$  hasta acabar las iteraciones.



# RevBayes

Bayesian phylogenetic inference using probabilistic graphical models and an interpreted language

<https://revbayes.github.io/tutorials/>

## RevBayes: Bayesian Phylogenetic Inference Using Graphical Models and an Interactive Model-Specification Language

Sebastian Höhna , Michael J. Landis, Tracy A. Heath, Bastien Boussau, Nicolas Lartillot, Brian R. Moore, John P. Huelsenbeck, Fredrik Ronquist [Author Notes](#)

**revbayes** Public Watch 31 Fork 27 Star 80

master 111 Branches 73 Tags  Add file Code

**davidcerny** Merge pull request #918 from revbayes/development db9aca3 · 3 months ago 4,489 Commits

.github	Use macos-latest in release.yml	3 months ago
doc	Add initial release-workflow.md	4 years ago
doxygen	updated Doxyfile, removed obsolete tags	7 years ago
help	Merge branch 'development' into stochastic-only-vectors	3 months ago
projects	Update README.md for meson project	5 months ago
src	Update version numbers to v1.3.2	3 months ago
tests	Repurpose an existing test to further test stochasticOnly=...	3 months ago
validation	Update Validation_Poisson.Rev	last year

**About**

Bayesian Phylogenetic Inference Using Graphical Models and an Interactive Model-Specification Language

[revbayes.com](https://revbayes.com)

- Readme
- GPL-3.0 license
- Code of conduct
- Activity
- Custom properties
- 80 stars
- 31 watching
- 27 forks

# RevBayes

Bayesian Inference of Evolutionary Parameters

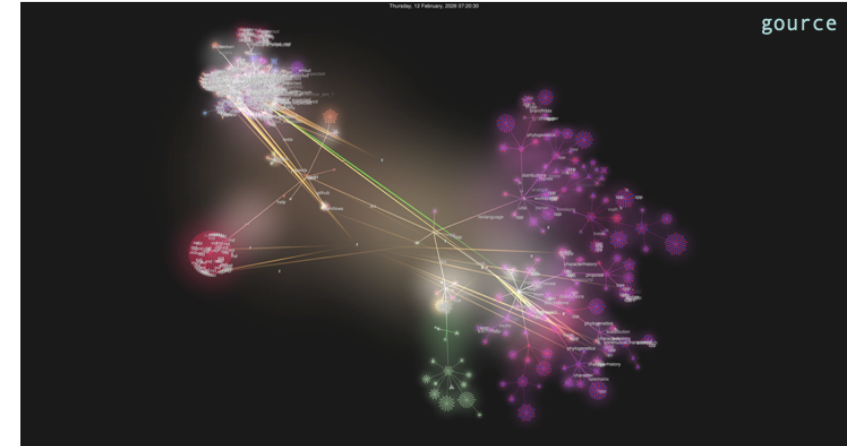
RevBayes core development activity  
Dec 2019 to Feb 2026 (dev. branch)

## The Code

- 390,000+ lines of code
- 3,400+ source files
- 16,000+ commits
- 19,500+ user downloads

## The Developers

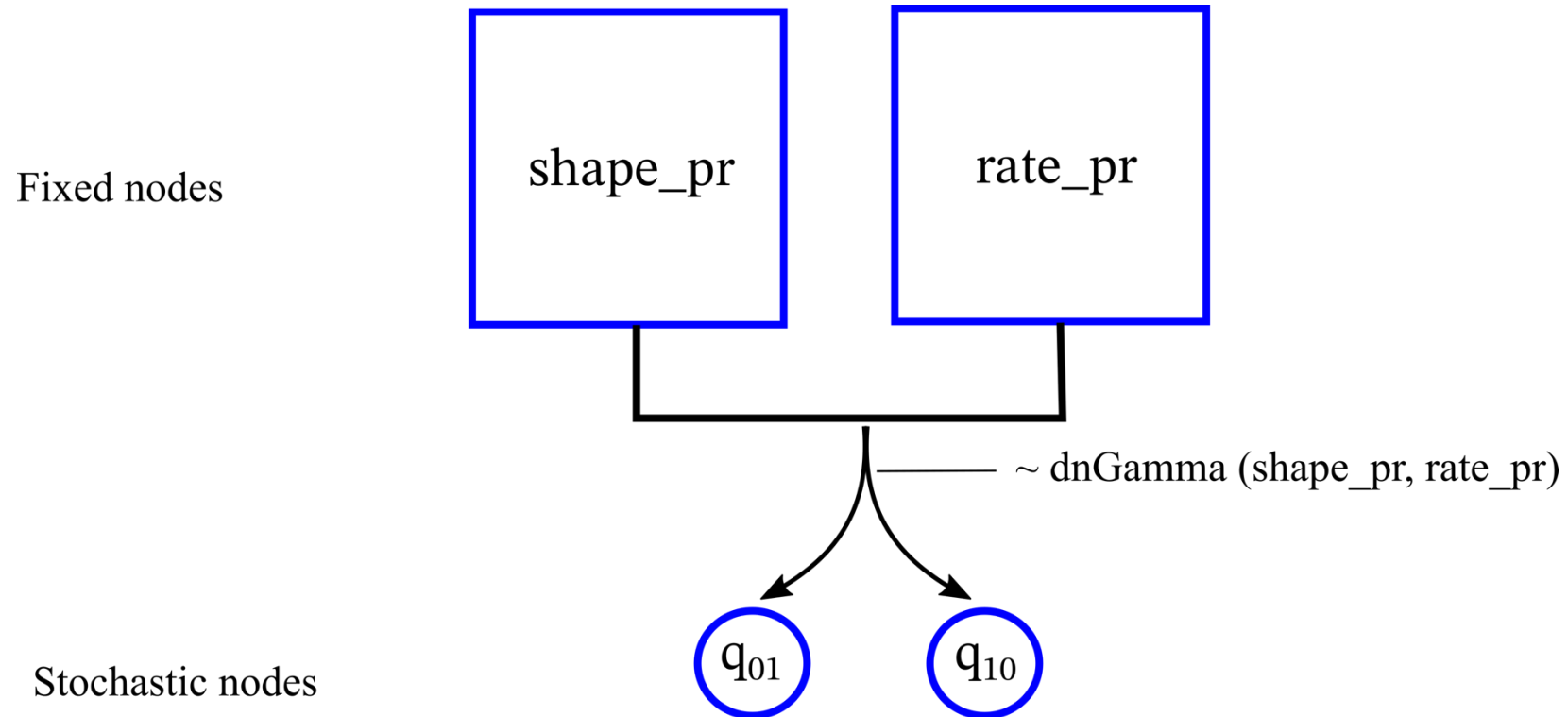
- 50+ project contributors
- 12+ cities in the US and Europe



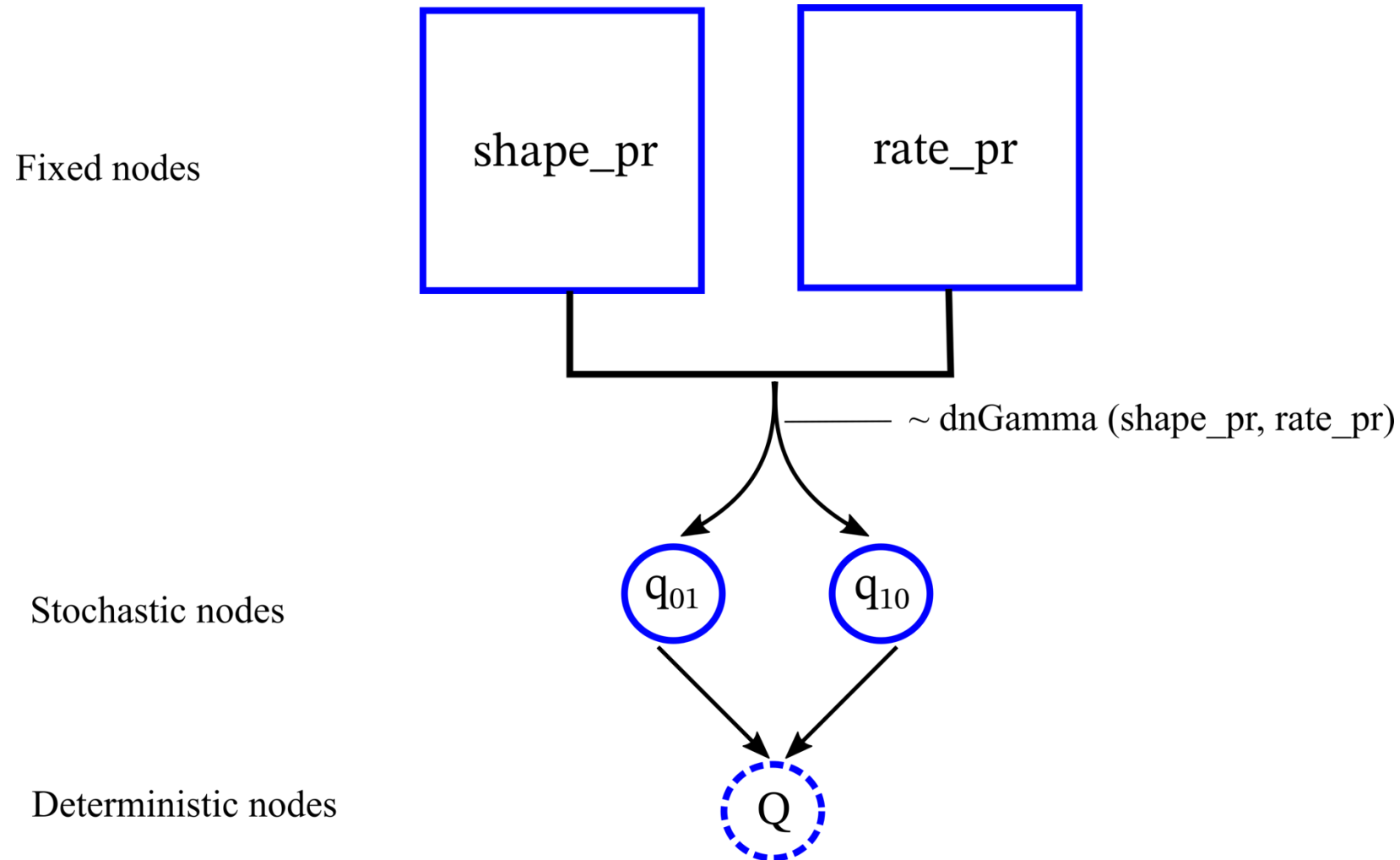
**Core Developers:** Sebastian Höhna (lead), Tracy Heath, Michael Landis, Jeremy Brown, Benjamin Redelings, John Huelsenbeck (creator), Frederik Ronquist (creator)

**Contributors & developers:** J. Andréoletti, J. Barido-Sottani, R. Billenstein, R. Borges, B. Boussau, S. Brock, R. Castillo, D. Černý, W. Dismukes, W. Freyman, J. Gao, A. Hsiang, J. Justison, B. Kopperud, N. Lartillot, A. Magee, M. Manceau, M. May, B. Moore, B. Petrucci, K. Smith, M. Smith, N. Tiwari, C. Tribble, J. Walker, R. Warnock, A. Wright, R. Zenil-Ferguson, and many others...

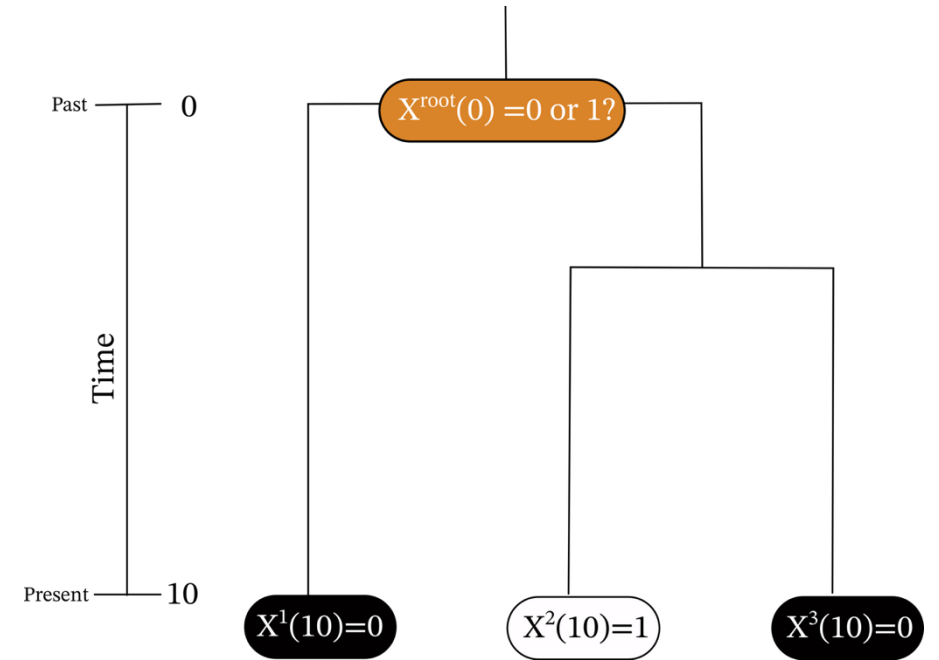
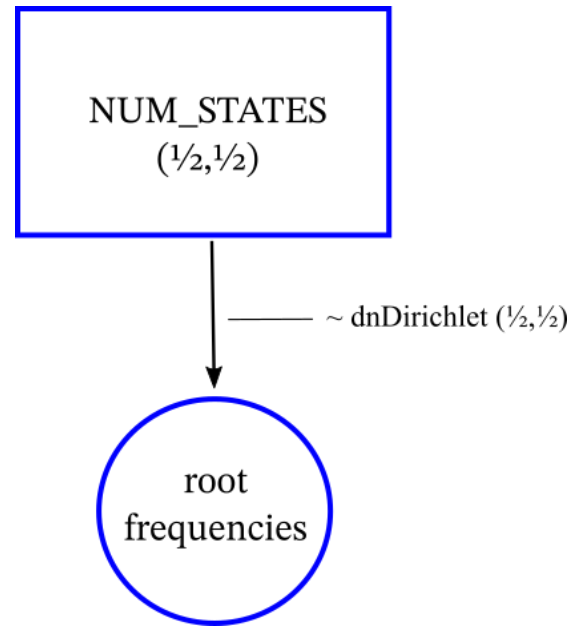
# Gráfico probabilístico



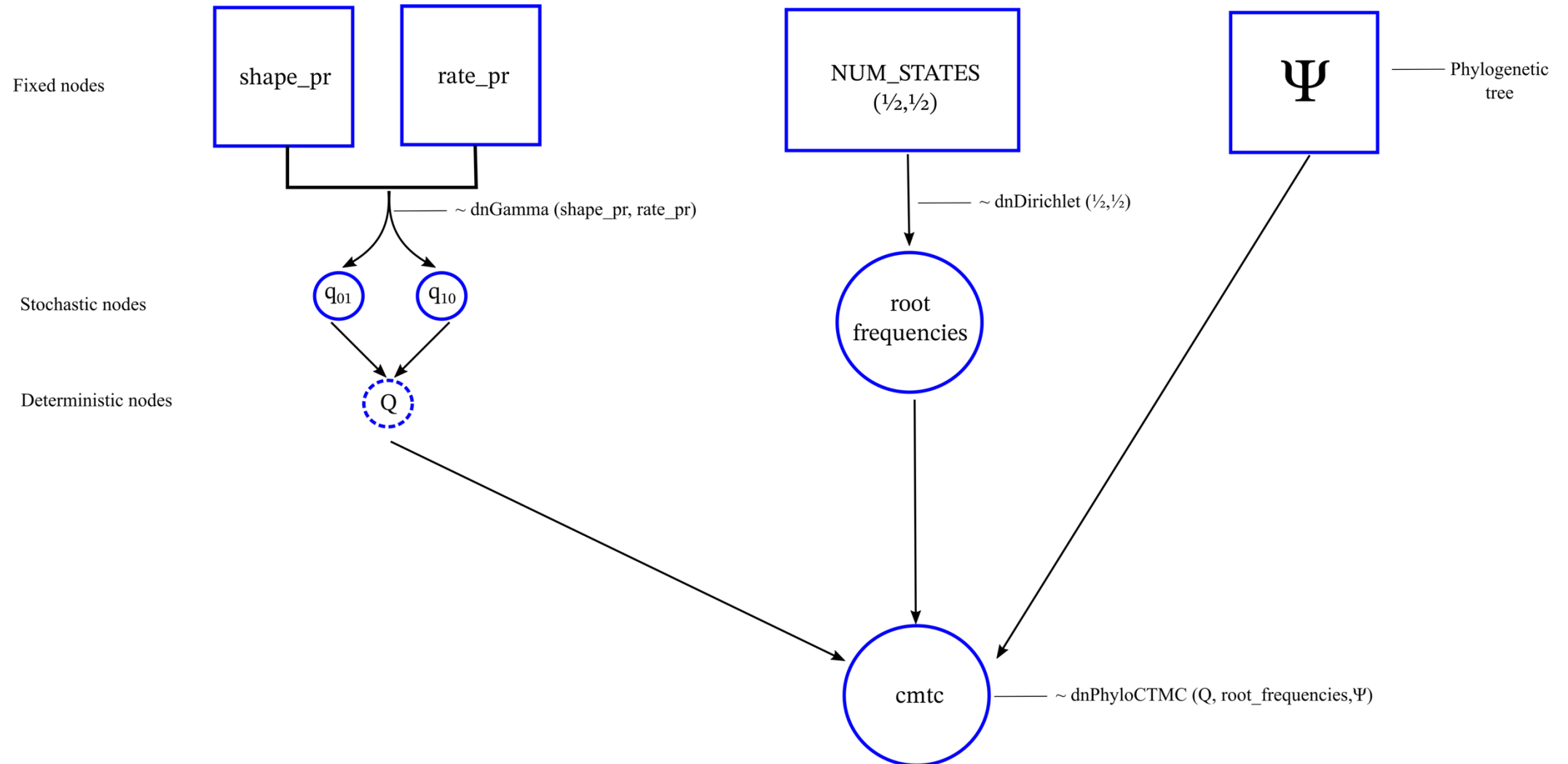
# Gráfico probabilístico



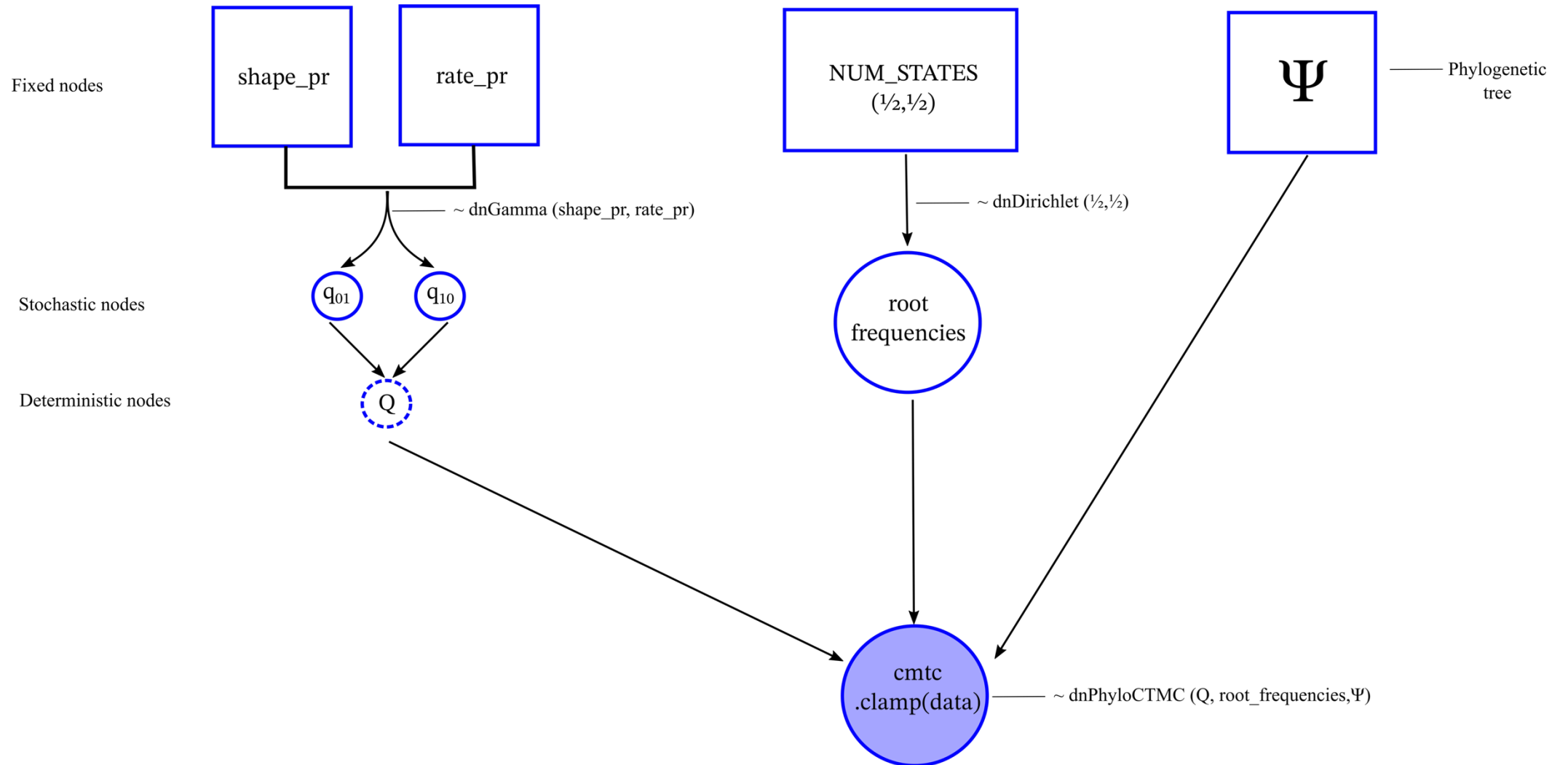
# Frecuencias de la raíz

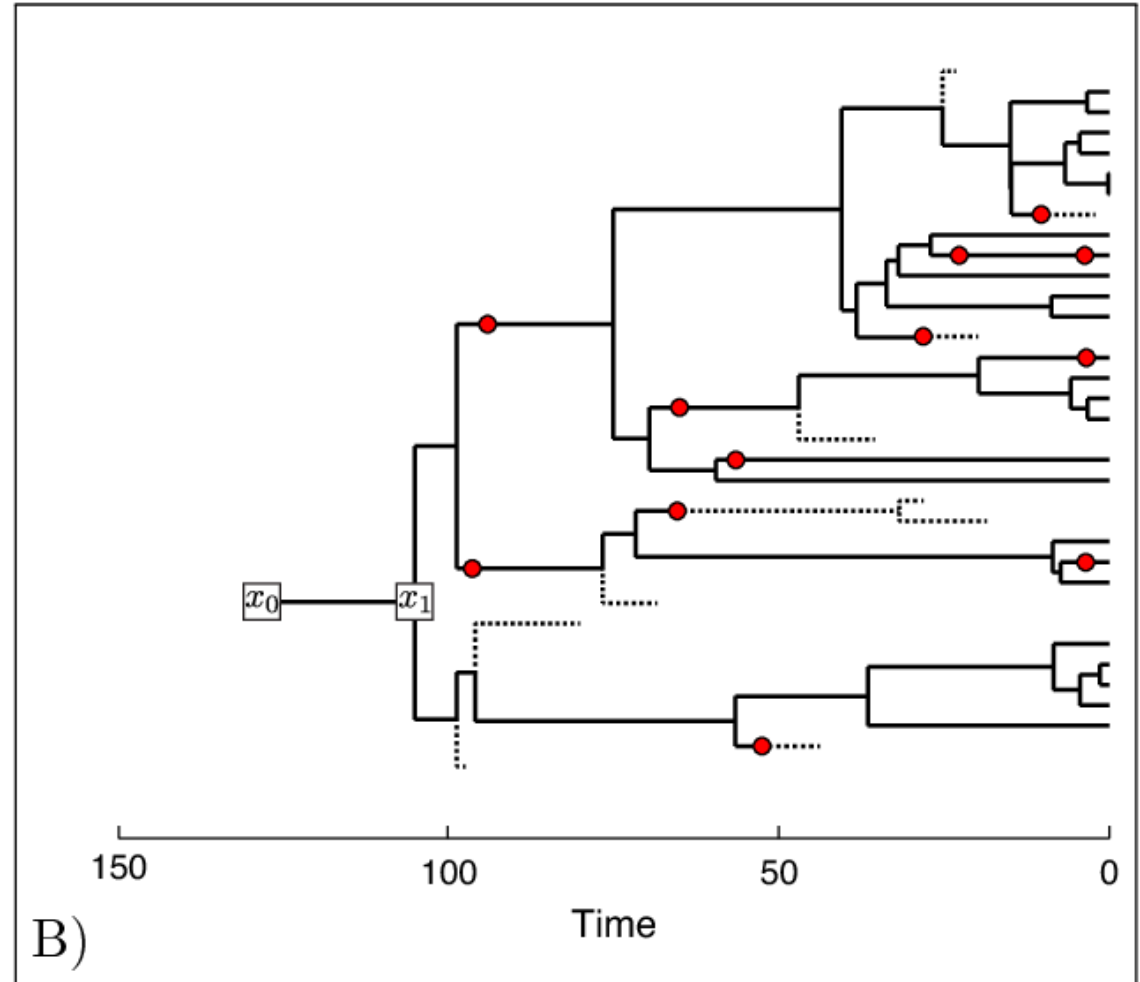
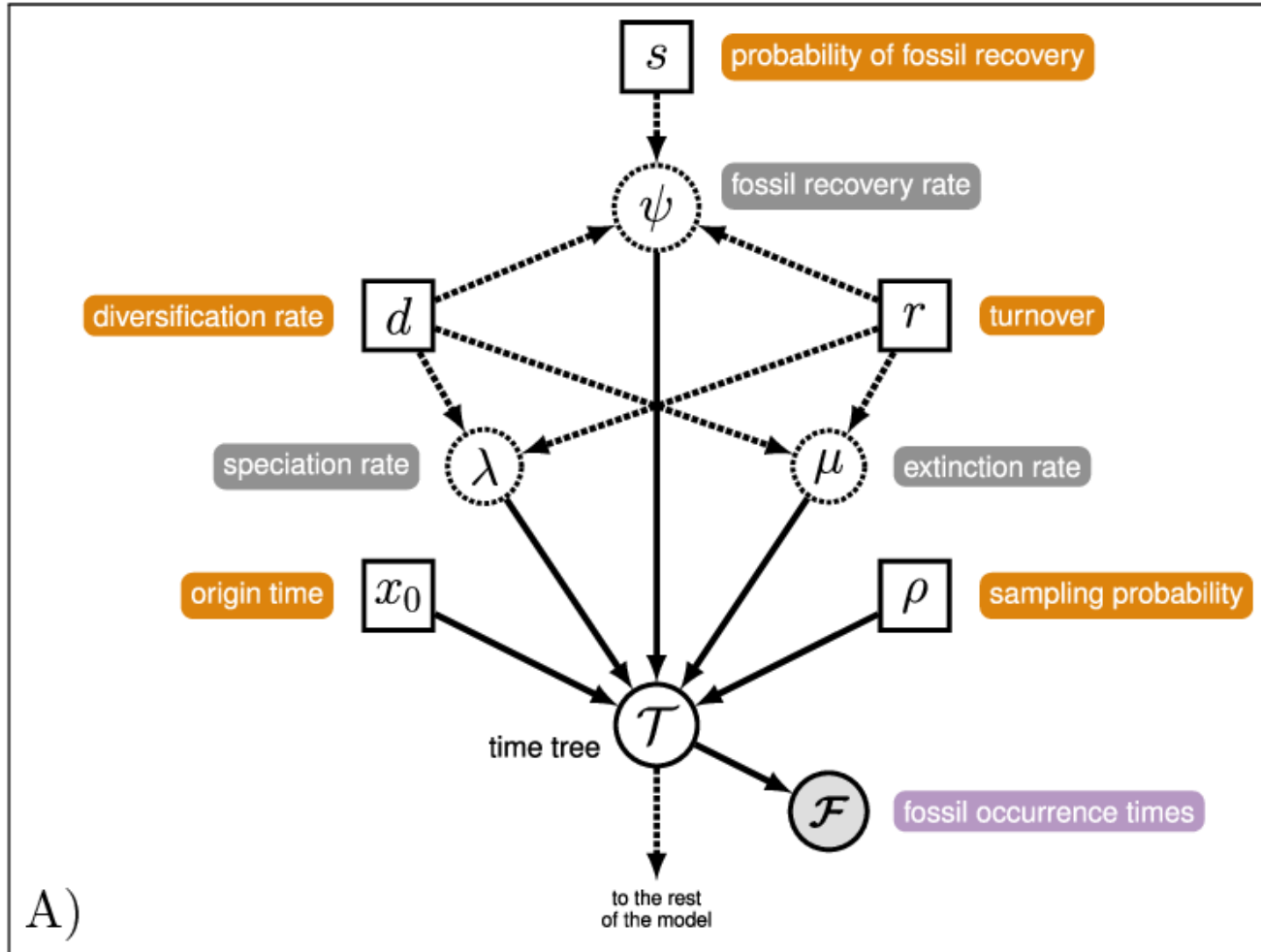


# Mk2- Modelo gráfico probabilístico



# Un paso más- Pinzar (clamping)





Fossilized Birth and Death Model  
 Heath, T.A. (2006)

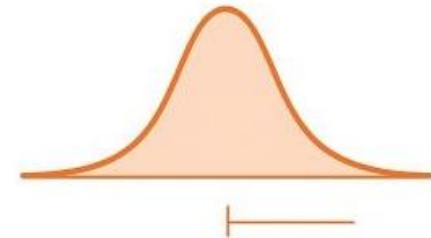
# Monitores-Inferencia

**monitors.append( ) –guardan la inferencia**

En estadística bayesiana, el objeto de inferencia es la **distribución posterior**. Nos interesan los intervalos de máxima probabilidad (95%).

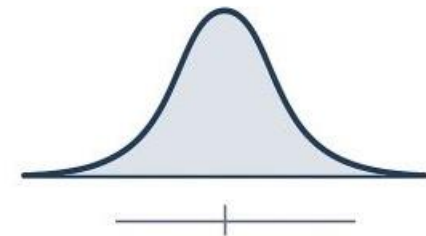
En la inferencia de verosimilitud (frecuentista) a menudo nos interesan las estimaciones de **máxima verosimilitud** y, con suerte, los intervalos de verosimilitud-confianza.

**Credible Interval**  
(Bayesian)



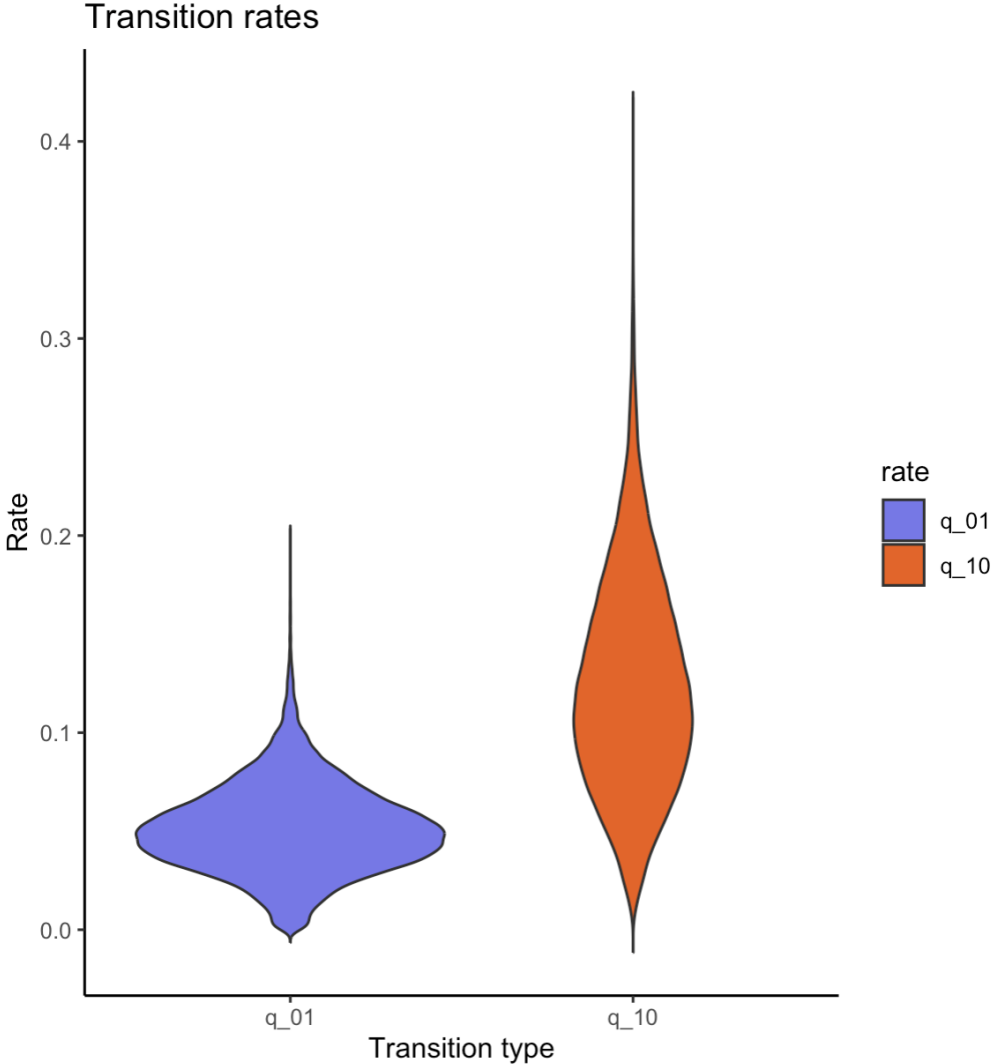
Given our data and prior, there's a 95% probability the true value lies here

**Confidence Interval**  
(Frequentist)



In 95 of 100 repeated experiments, the interval will contain the true value

# Distribución posterior de las tasas de transición

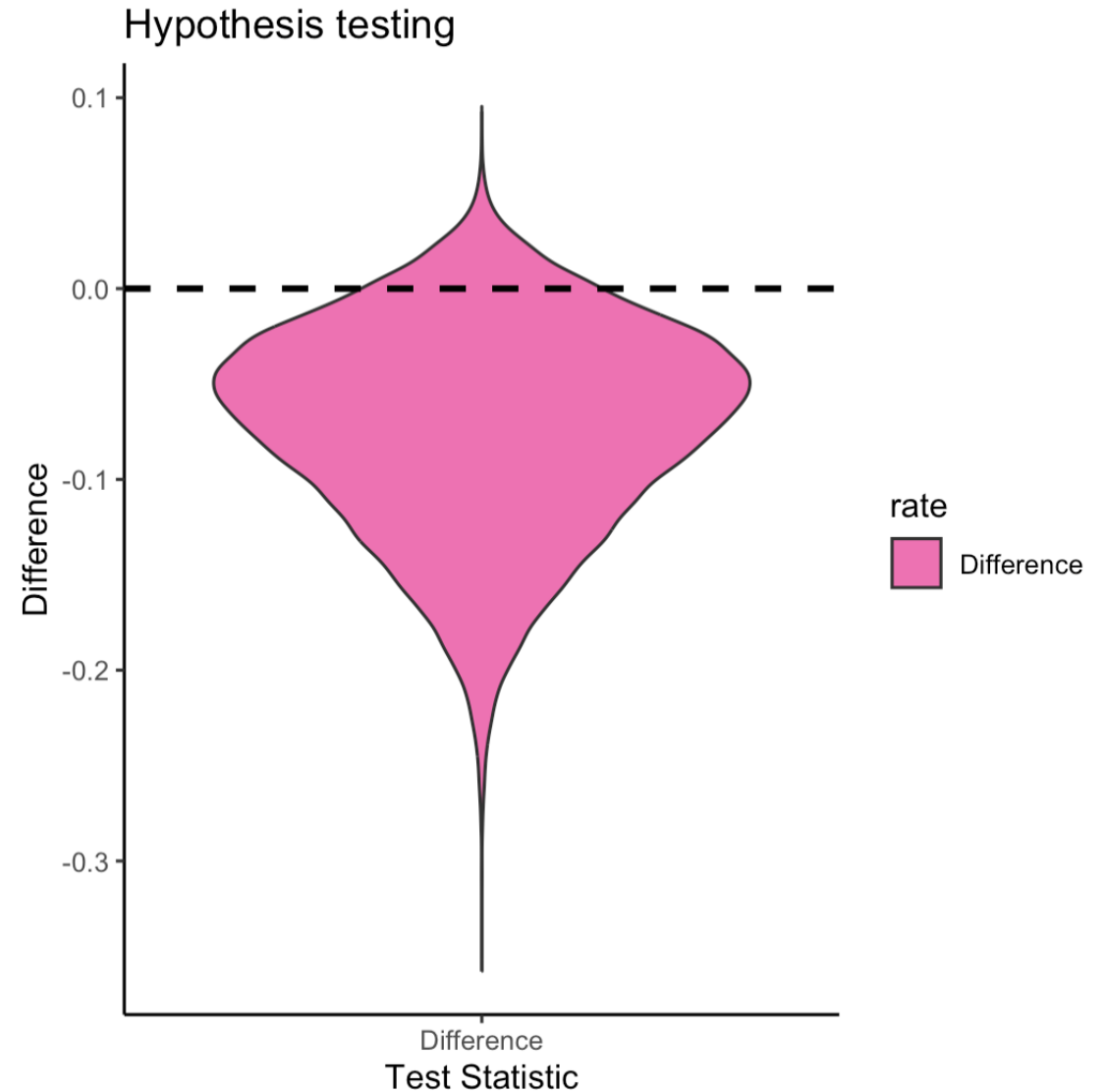


# Pruebas de hipótesis (teoría de decisión)

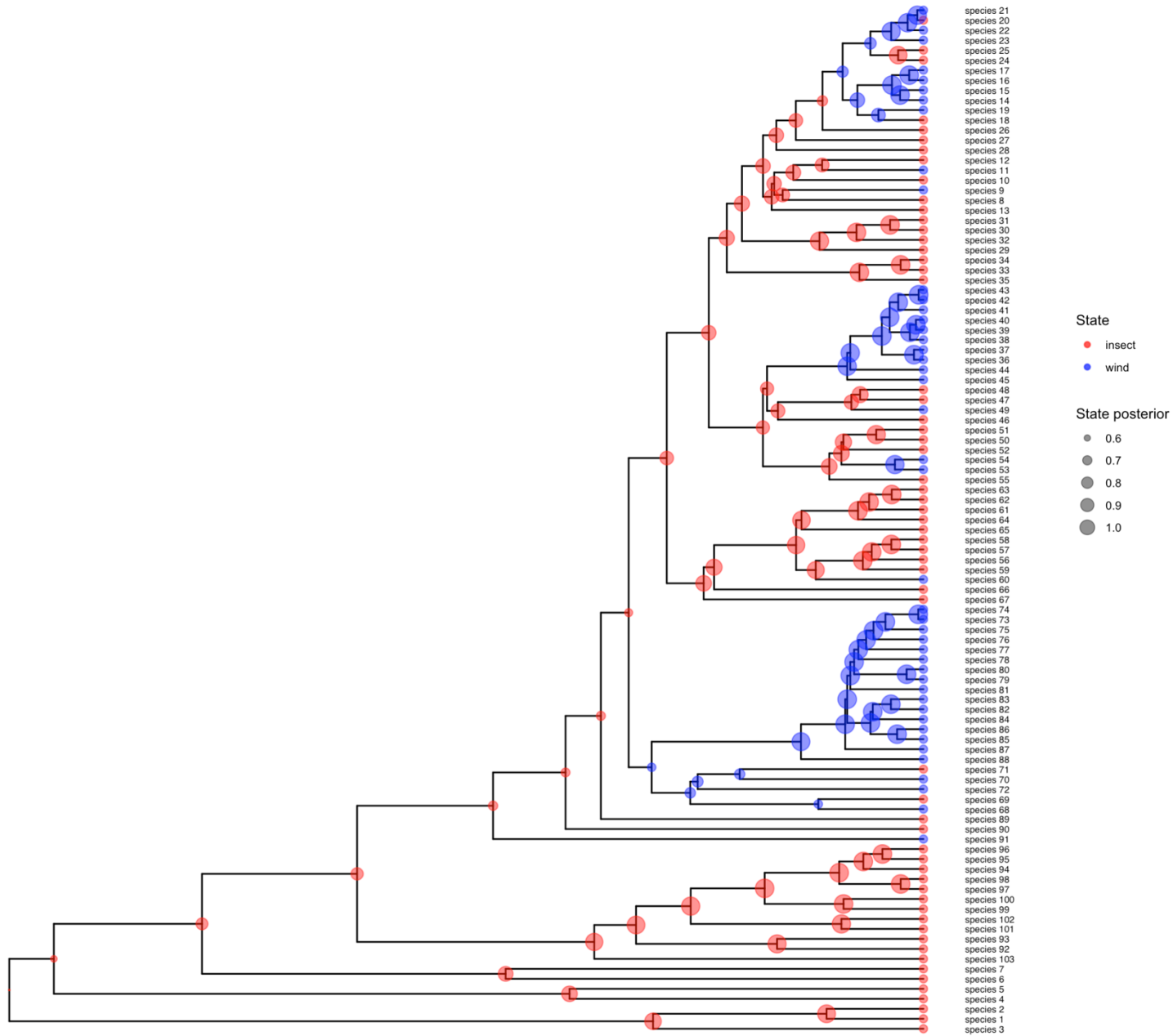
Null hypothesis  $H_0: q_{01} = q_{10}$

Test statistic  $D = q_{01} - q_{10}$

HPD (D)=

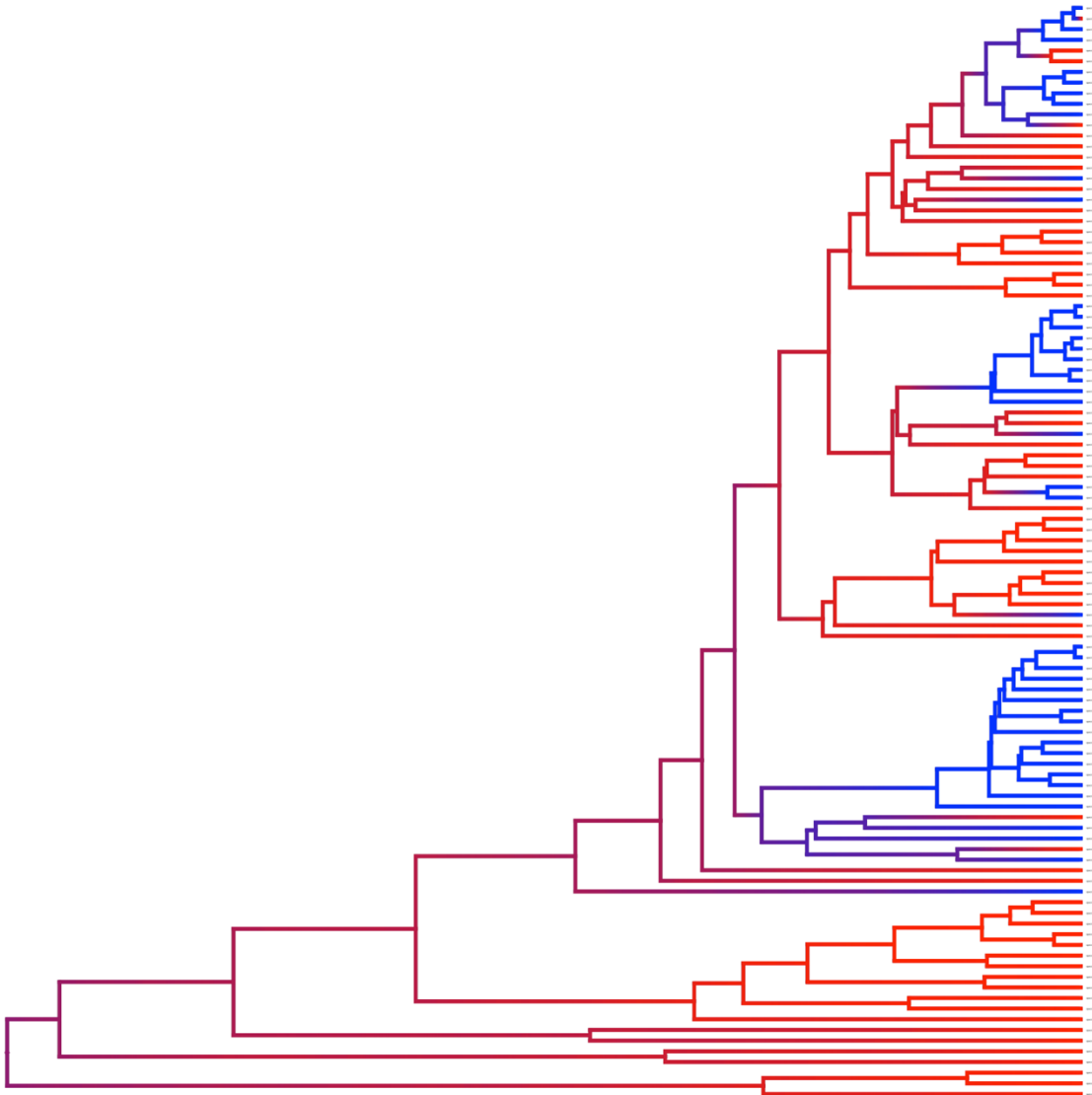


# Reconstrucción ancestral marginal de estados



- Marginal: Enfocándose en condicionar sobre el valor de un nodo a la vez
- Global: Encontrando la combinación de todos los nodos que maximizan la probabilidad posterior

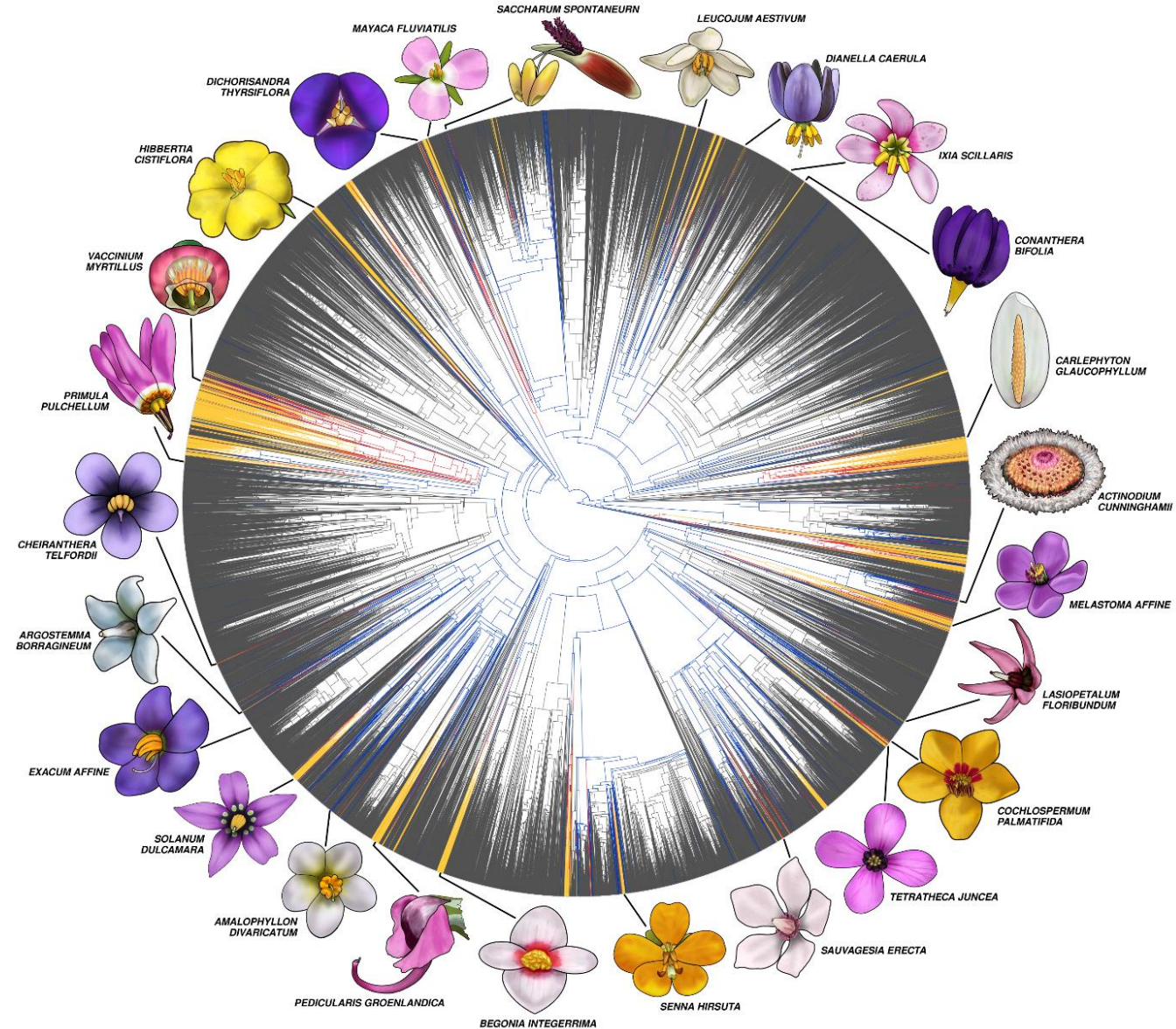
# Mapas estocásticos



- Simulación paramétrica de raíz a punta de lo que sucedió en las ramas del árbol filogenético
- Cortamos en pequeñas rebanadas de tiempo y graficamos el MAP u otras estadísticas.

**Con los mapas podemos hablar del número de transiciones esperadas**

# Reconstruyendo el pasado

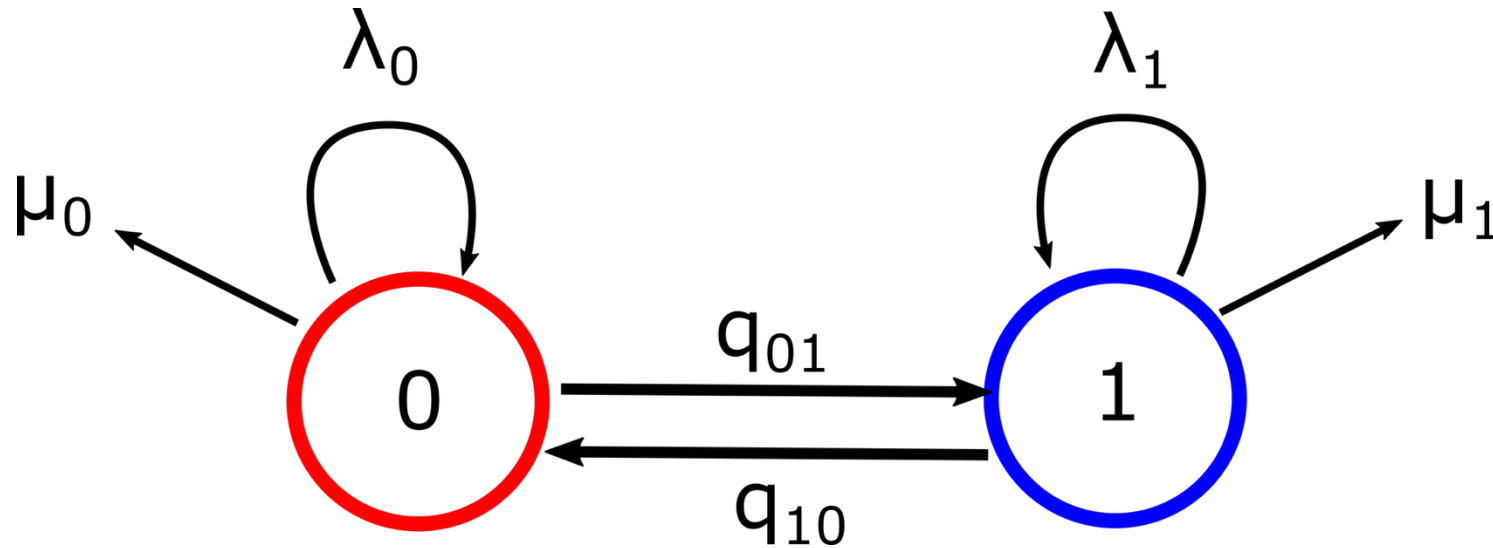


**La espera de 50 millones de años**

La morfología de anteras poricidas coincide con la explosión de la diversidad de las abejas zumbadoras

30K especies de plantas con flores

¿How do we model state dependent diversification?  
Two birth and death processes connected by transitions

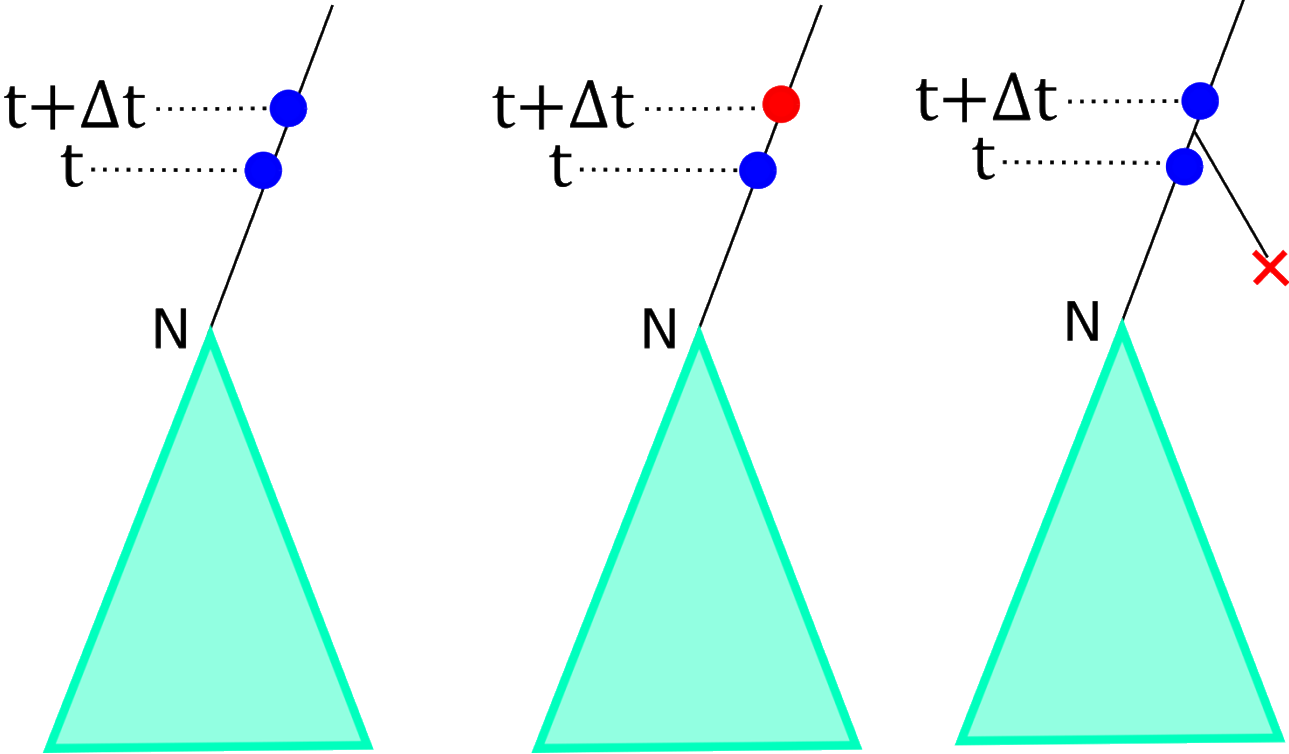


Phyloseminar  
Dra. Sally Otto  
BiSSE developer

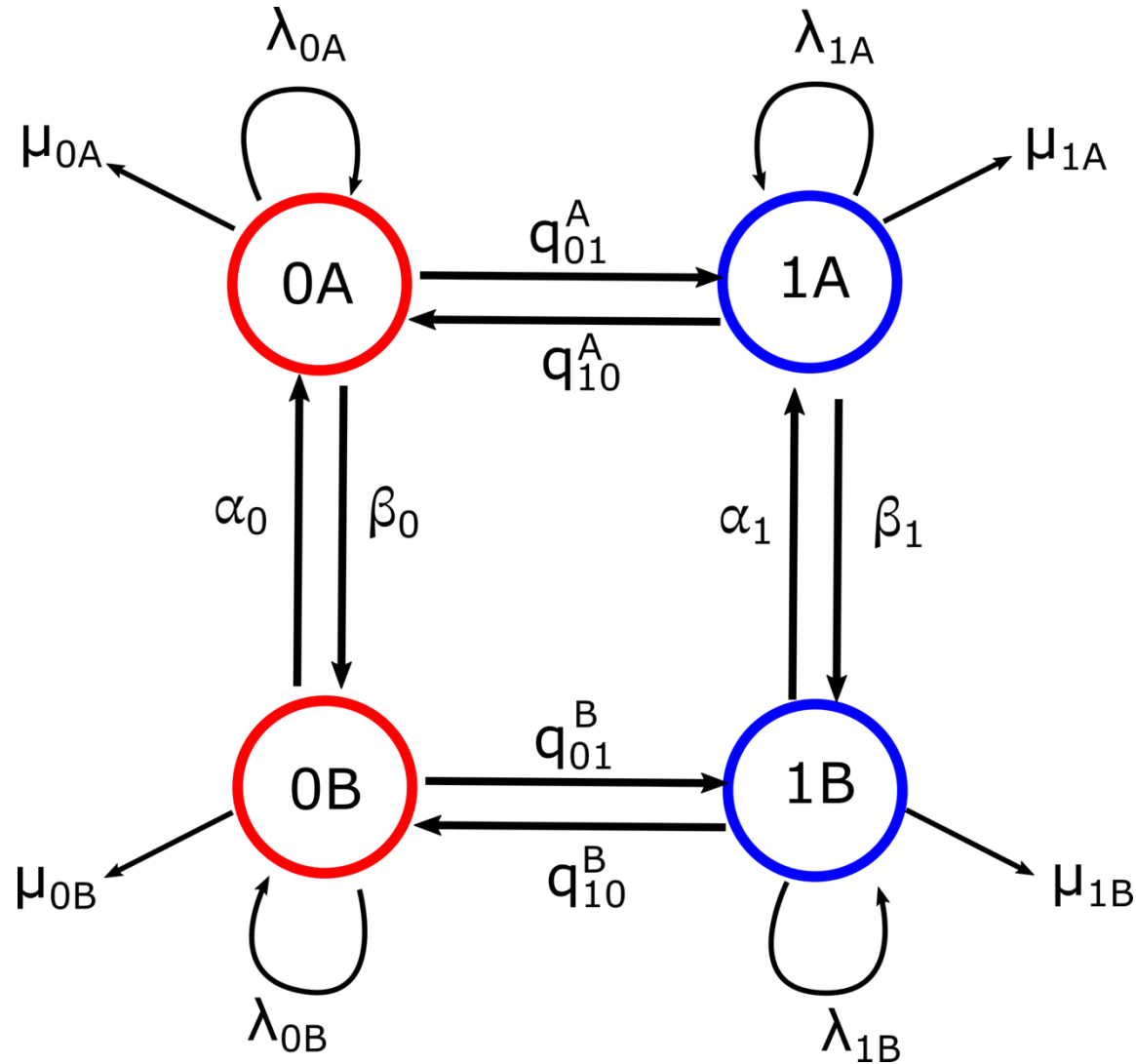
How do we specify a Q-matrix for this?

**Binary state Speciation  
and Extinction Model  
(BiSSE)**  
Maddison et al. 2007. *Systematic  
Biology*

# Stochastic differential equations (Kolmogorov-Forward)

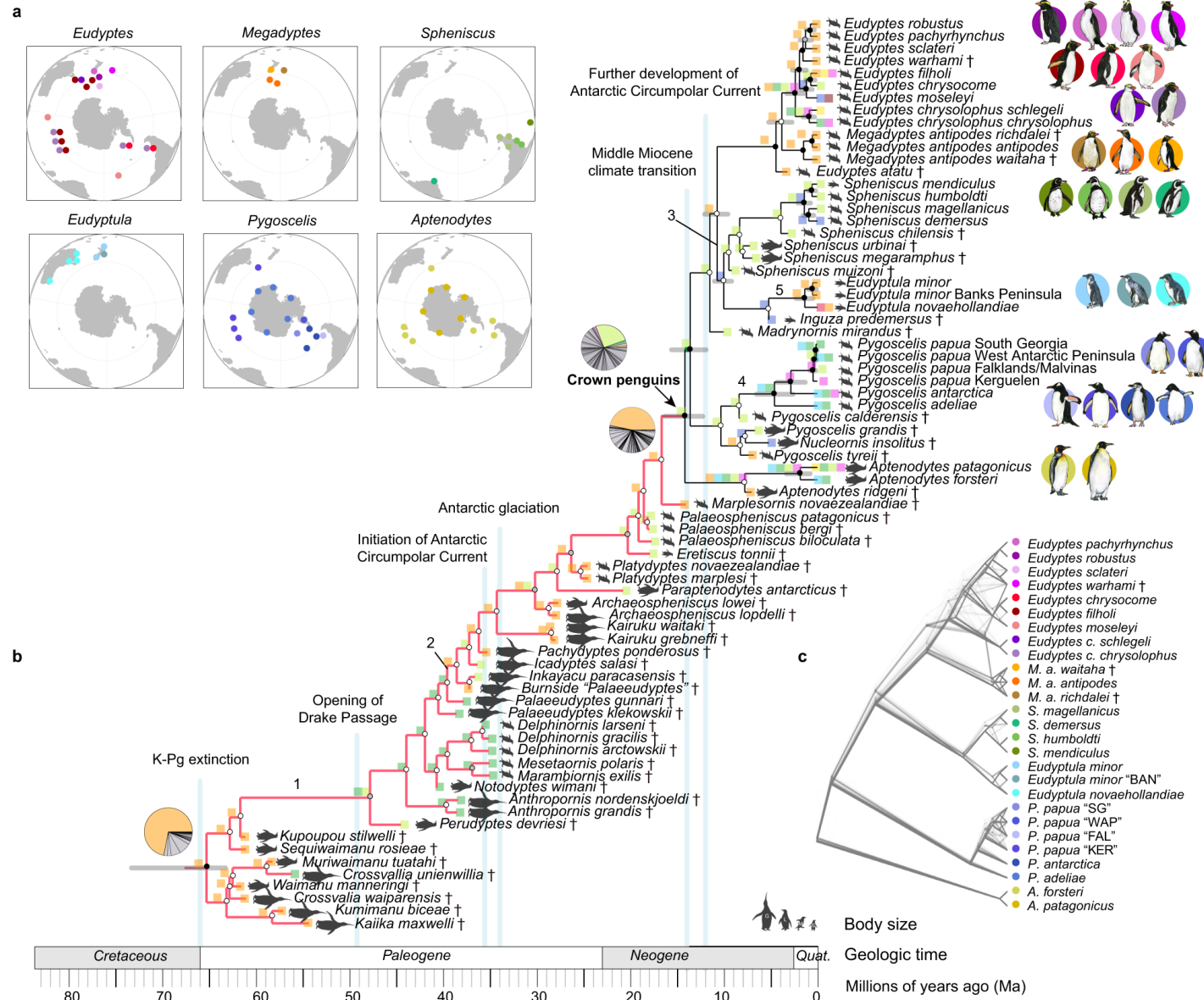


Better model (Heterogeneity in diversification)  
HiSSE: Hidden State-dependent Speciation and Extinction



Beaulieu and O'Meara. 2016.





## Modelos de Evidencia Total y Biogeografía

# Variación morfológica de las Puyas en simpatría



*Puya goudotiana*  
3 m



*Puya santosii*  
1.7 m

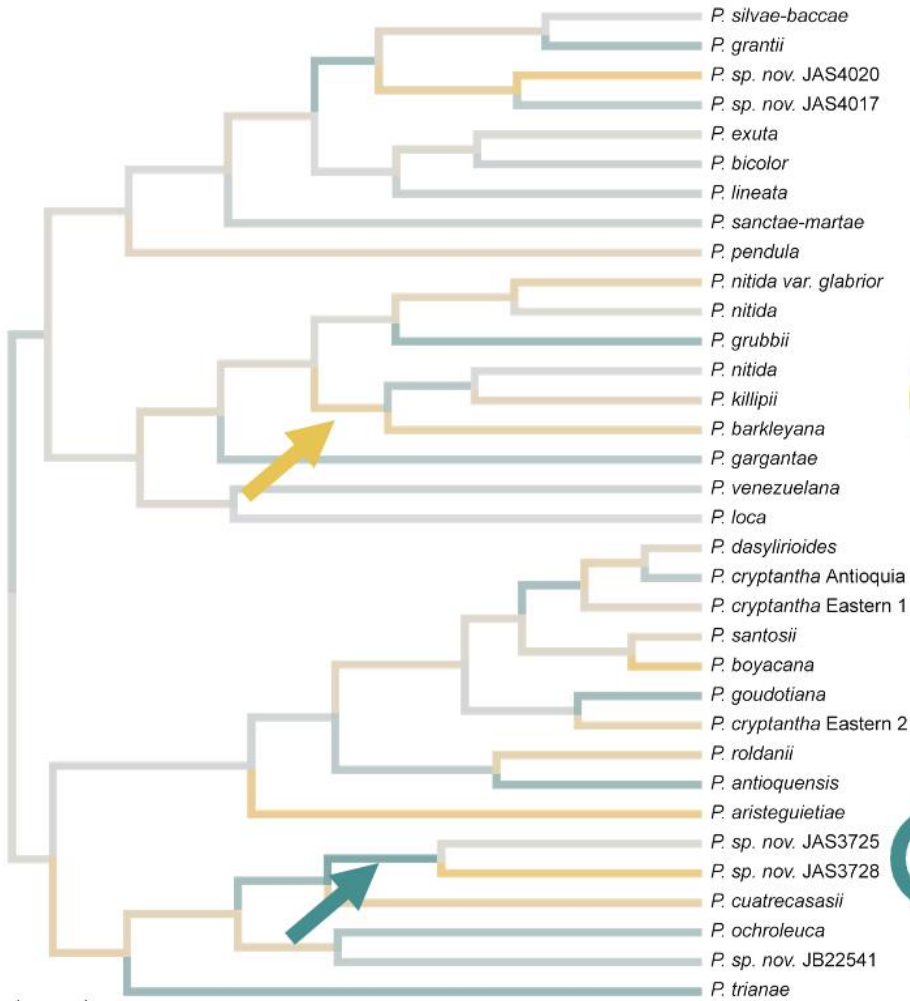


Puyas de la  
Cordillera Oriental

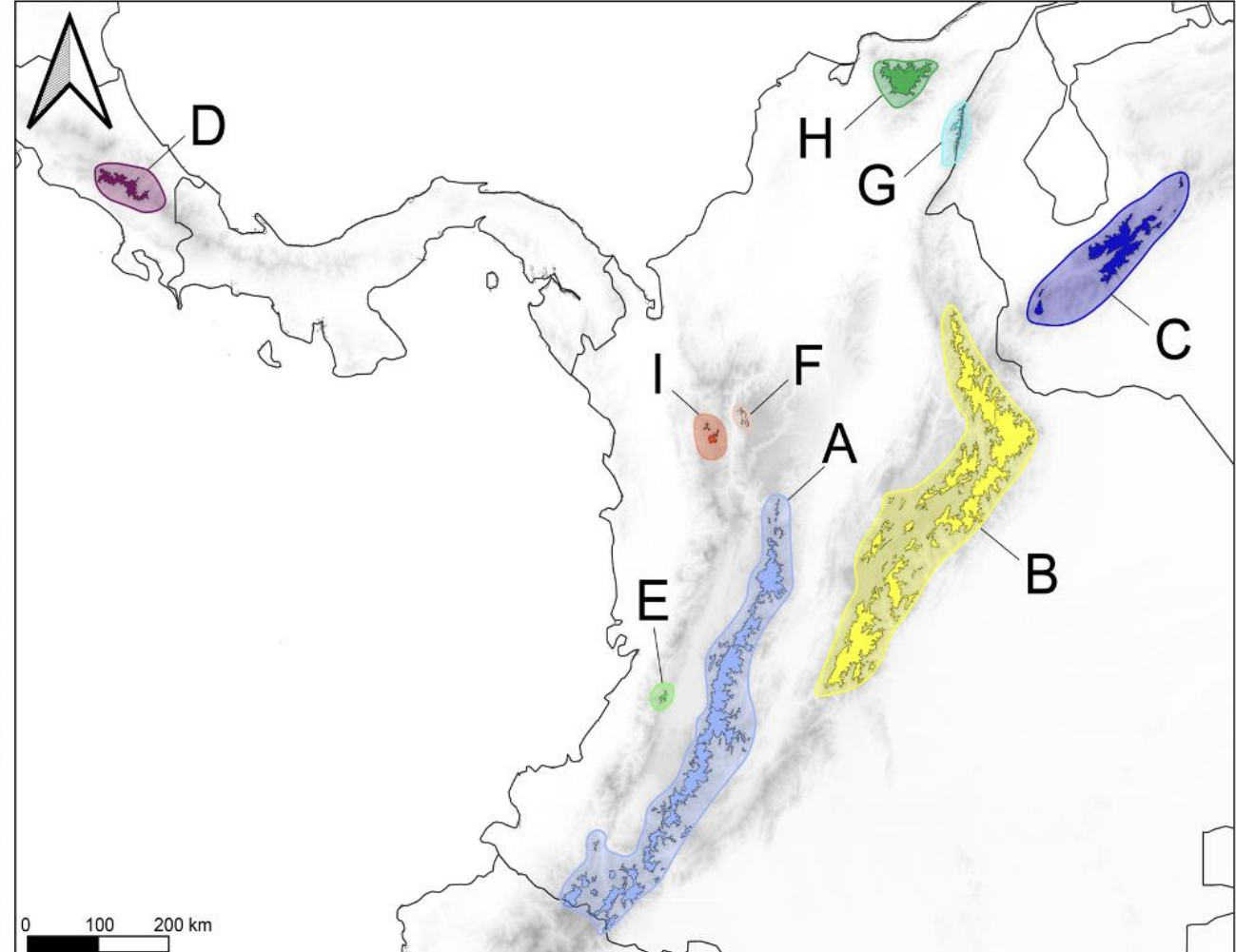
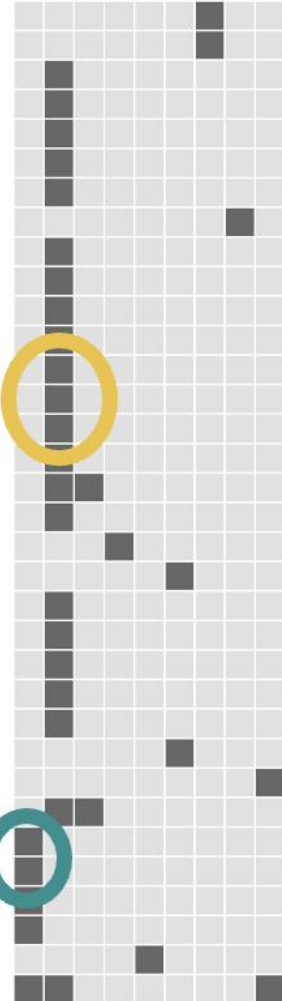
*Puya cryptantha*  
0.3 m

# Desplazamiento de caracter del área de las hojas

C Leaf area: BM + JN



A B C D E F G H I



Jump value  
-0.2 0.2

# Gracias



ZF Lab and friends



Puya



Poricidal  
diversification



NSF Funding

**Carrie Tribble**  
**Assistant Professor**  
**University of Washington**

McLean Worsham  
(Grad Student UHM)

Edison Rea  
(Grad student UKY)

Nicolás Castillo  
(Grad student UKY)

Julián Aguirre-Santoro  
Missouri Botanical Gardens

Rachel Jaibaly  
Colorado College

Avery Russell  
Associate Professor  
Missouri State U

Mario Vallejo Marín  
Uppsala University

Andean Plant Diversification

BII: Polyploidy, Integration and  
Innovation Institute

More questions?  
[roszenil@uky.edu](mailto:roszenil@uky.edu)