Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

MÁSTER UNIVERSITARIO EN BIODIVERSIDAD EN ÁREAS TROPICALES Y SU CONSERVACIÓN

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL MENÉNDEZ PELAYO

Másteres Universitarios

Este documento puede utilizarse como documentación de referencia de esta asignatura para la solicitud de reconocimiento de créditos en otros estudios. Para su plena validez debe estar sellado por la Secretaría de Estudiantes UIMP.

DATOS GENERALES

Breve descripción

Contextualización

La Biogeografía es la disciplina de la Biología Evolutiva que se encarga de reconstruir los patrones de distribución, actuales e históricos, de los seres vivos e inferir los mecanismos responsables como migración, adaptación, extinción, o especiación. Tras una etapa histórica dominada por reconstrucciones narrativas o basadas en la parsimonia como criterio de inferencia biogeográfica, asistimos en la última década a una revolución con el desarrollo de nuevas herramientas analíticas basadas en modelos probabilísticos. Esto ha permitido por primera vez integrar la dimensión temporal en las reconstrucción de la historia evolutiva de especies o linajes, así cómo incorporar otros tipos de evidencia, como el registro fósil, reconstrucciones geológicas, la ecología de las especies, datos paleoclimáticos, etc.

Por otro lado, la Filogeografía, considerada a veces como una subdisciplina de la biogeografía, se encarga de estudiar los patrones y procesos biogeográficos que gobiernan la distribución espacial de los linajes a nivel infra-específico: poblaciones e individuos. Su desarrollo ha ido en paralelo al de la biogeografía, experimentando un gran avance en la última década, desde modelos basados en parsimonia hacia el examen de procesos evolutivos y ecológicos usando métodos de genética de poblaciones e inferencia filogenética dentro del marco estadístico de la "teoría de la coalescencia". Esto ha permitido ampliar el rango de preguntas e hipótesis que se pueden testar utilizando reconstrucciones biogeográficas y abre un excitante campo de investigación.

En esta asignatura se estudian los fundamentos teóricos de la Biogeografía y su aplicación práctica, mediante ejemplos empíricos, de distintos métodos de reconstrucción biogeográfica, desde los basados en parsimonia hasta métodos semiparamétricos basados en frecuencias de eventos, a modelos probabilísticos que permiten incorporar estimas de tiempos de divergencia entre linajes.

La asignatura tiene un enfoque fuertemente aplicado, con demostraciones prácticas (en la sesión de tarde) de cada método y sus asunciones teóricas impartidas en la sesión de la mañana. Los ejemplos prácticos estarán preferiblemente enfocados hacia regiones tropicales. El objetivo es permitir al estudiante familiarizarse con un campo en rápida expansión con aplicaciones prácticas en evaluación de la biodiversidad, biología de la conservación, diseño de modelos predictivos de cambio climático, etc.

Objetivos

1. Entender los fundamentos teóricos de la biogeografía evolutiva y ecológica: diferencia entre patrones y procesos y entre tipos de procesos como dispersión, vicarianza, extinción, adaptación o resiliencia.

2. Conocer las principales escuelas biogeográficas y su evolución histórica: biogeografía de patrones (dispersalismo y vicarianza), parsimonia de eventos, biogeografía paramétrica, filogeografía de parsimonia estadística y filogeografía bayesiana.

3. Adquirir conocimientos básicos de geología, paleontología, y climatología, que serán utilizados en la interpretación de las inferencias biogeográficas: evolución biológica en el espacio y en el tiempo.

4. Aprender a utilizar, mediante ejemplos empíricos y casos prácticos – con especial referencia al Neotrópico – distintos métodos de reconstrucción biogeográfica, desde los basados en parsimonia hasta métodos semiparamétricos basados en frecuencias de eventos, a modelos probabilísticos de máxima verosimilitud e inferencia bayesiana, que permiten incorporar estimas de tiempos de divergencia entre linajes.

5. Comprender la diferencia entre modelos de evolución continua (difusión) y modelos de evolución discreta y su aplicación en filogeografía y biogeografía de especies y linajes.

Título asignatura

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Código asignatura

102057

Curso académico

2019-20

Planes donde se imparte

MÁSTER UNIVERSITARIO EN BIODIVERSIDAD EN ÁREAS TROPICALES Y SU CONSERVACIÓN

Créditos ECTS

4

Carácter de la asignatura

OBLIGATORIA

Duración

Cuatrimestral

Idioma

Castellano

CONTENIDOS

Contenidos

INTRODUCCIÓN A LA BIOGEOGRAFÍA: Introducción de conceptos en biogeografía. Biogeografía basada en patrones o de parsimonia ("cladistic"). Biogeografía basada en eventos (¿event-based"): Escenario vicariante: Ajuste de árboles basado en parsimonia. Escenario reticulado: Análisis de Dispersión-Vicarianza. Práctica: Ejemplo práctico: Reconstrucción de patrones biogeográficos en la fauna de México (Software TreeFitter). Ejemplo práctico: Meta-análisis de patrones biogeográficos en plantas amazónicas (Software DIVA).

BIOGEOGRAFÍA PARAMÉTRICA - MODELO DEC: Introducción. Ventajas sobre biogeografía cladista o de eventos. Integración de la incertidumbre filogenética: métodos semi-paramétricos (Bayes-DIVA). Integración de la dimensión temporal: Modelo DEC ("Dispersión, Extinción, Cladogénesis"). Modelación de escenarios geológicos o estratificados. Incorporación del registro fósil. Efectos recíprocos de la evolución del área biogeográfica y la diversificación de linajes. Modelo GeoSSE: Estima de tasas de especiación y extinción dependientes del rango geográfico. Práctica: Ejemplo práctico: Reconstruyendo la historia del género tropical Psychotria usando el modelo DEC; modelos dependientes de distancia, modelos estratificados y modelos con información fósil (Software Lagrange). Ejemplo práctico: Análisis de diversificación dependiente del área de distribución con GeoSSE: el caso del género Hypericum (Software Diversitree en R).

BIOGEOGRAFÍA PARAMÉTRICA - MODELO DEC (continuación): Expandiendo el modelo DEC: Integración de dispersión entre áreas singulares en DEC: expansión de rango versus dispersión por salto (J-likelihood). Extensión de los modelos de cladogénesis en DEC. (BioGeoBEARS). Aumentando el número de áreas de análisis en DEC utilizando herramientas bayesianas: ("data-augmentation approach"). Modelo de "Dispersión-Extinción" (Bay-Area). Práctica: Ejemplo práctico: Re-análisis del dataset de Psychotria con BioGeoBEARS; similitudes y diferencias (Software BioGeoBEARS). Ejemplo práctico: Reconstrucción de la historia biogeográfica del género Cercis (Software BayArea).

BIOGEOGRAFÍA BAYESIANA. FILOGEOGRAFÍA.: Biogeografía paramétrica Bayesiana (Modelo BIB: "Bayesian-Island-Biogeography"). Aplicación en escenarios continentales: la disyunción Rand Flora. Extensión del modelo BIB para incorporar factores abióticos. Escenarios bayesianos estratificados con estima temporal. Aplicación de BIB en Filogeografía: Modelos bayesianos de difusión en BEAST: modelos dependientes de distancia, modelo GLM, escenarios con estratificación temporal. Práctica: Ejemplo práctico: BIB en Biogeografía: estimación de tasas de colonización en animales y plantas endémicos del archipiélago canario (Software RevBayes). Ejemplo práctico: BIB en Filogeografía: estimación de tasas de migración y mutación en virus humanos (Software BEAST 2.0).

FILOGEOGRAFÍA: Introducción: Las "Tres Vías" de la Filogeografía. Parsimonia Estadística (TCS, NCA) - Aproximación Bayesiana (BPEC). Filogeografía Estadística. Escenarios simulados versus Observados (Migrate, Mesquite, IMA). Incorporación del medio físico (SPLATCHE). Approximate Bayesian Computing: (ABC, HABC). Práctica: Ejemplo práctico: Construcción de redes de haplotipos por parsimonia (Software TCS) e inferencia bayesiana (Software BPEC R). Ejemplo práctico: Examen de historias demográficas y escenarios poblaciones con ABC en un linaje (Software DIY-ABC) y en múltiples linajes (Software MsBayes).

RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y DE FORMACIÓN

Generales

CG1 - Adquirir conocimientos fundamentales y herramientas necesarias para la investigación aplicada en el ámbito de la biodiversidad.

CG2 - Aprender el uso de nuevas tecnologías para afrontar los problemas relacionados con la biodiversidad y su conservación en los países más diversos del mundo.

CG3 - Poseer una visión integradora que permita una mejor comprensión de los procesos que inciden en la pérdida de biodiversidad.

CG4 - Dominar habilidades para comunicar conocimientos y conclusiones a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG5 - Elaborar proyectos con posibilidades de financiación tanto por instituciones publicas como privadas.

Transversales

CT3 - Desarrollar actitudes de ética y responsabilidad profesional, así́ como el respeto a la diversidad cultural.

CT4 - Desarrollar la capacidad de síntesis, organización, argumentación y análisis de la información.

CT5 - Aprender a trabajar en equipos multidisciplinares y asumir funciones de liderazgo en trabajos colectivos.

CT6 - Aprender a diseñar y organizar el propio trabajo, fomentando la iniciativa y el espíritu emprendedor.

CT7 - Capacidad de convivencia y trabajo en grupo en condiciones adversas.

CT8 - Organización de expediciones y trabajo de campo.

CT9 - Capacidad de comunicación con los actores sociales en el campo de la conservación (comunidades indígenas, autoridades, investigadores, tomadores de decisiones, propietarios de terrenos, etc.).

Específicas

CE1 - Adquirir una formación especializada en el marco científico y técnico del estudio de la biodiversidad en biotas tropicales.

CE3 - Dominar los conocimientos fundamentales y específicos para diseñar y ejecutar proyectos profesionales y de investigación teniendo en cuenta el contexto de los países en que se ejecutaría.

CE4 - Dominar los conocimientos fundamentales y específicos para diseñar y ejecutar planes de uso y gestión del territorio que se integren en la filosofía del desarrollo sostenible.

CE5 - Saber planificar y gestionar los usos de las biotas tropicales asegurando su sostenibilidad ambiental, equilibrando los usos e intereses con la preservación de sus características naturales.

CE6 - Adquirir los conocimientos fundamentales y específicos para desarrollar su actividad profesional en el ámbito de la consultoría y asesoramiento a la Administración y a las empresas.

PLAN DE APRENDIZAJE

Actividades formativas

AF1.- Clases teóricas y/o prácticas (18 horas - 100% presencialidad)

AF2.- Análisis de casos (4 horas - 10% presencialidad)

AF3.- Preparación de materiales (2 horas - 10% presencialidad)

AF4.- Trabajo autónomo (10 horas - 0% presencialidad)

AF5.- Realización de talleres prácticos (4 horas - 100% presencialidad)

AF8.- Tutorías (2 horas - 100% presencialidad)

Metodologías docentes

Cada tema se introducirá mediante una sesión teórica de mañana de 4 horas, con dos interrupciones, seguidas de la sesión práctica en el laboratorio necesaria para completar el trabajo correspondiente al tema (3 o 4 horas).

Las sesiones prácticas incluirán el uso de ordenadores y software específico. En estas sesiones se expondrán los fundamentos para la aplicación de estos programas y los alumnos dispondrán de unos conjuntos de datos con los que realizar los diferentes análisis; los ejemplos prácticos estarán enfocados preferiblemente en regiones tropicales.

Se formarán grupos de trabajo que realizarán el flujo de trabajo completo, analizarán los datos y presentarán los resultados en formato de artículo científico, que será discutido por estudiantes y profesorado, de tal forma que pueda evaluarse no sólo el resultado final, sino el planteamiento de hipótesis y la claridad expositiva.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

Descripción del sistema de evaluación

SE1.- Evaluación del Trabajo Personal (ponderación mínima 30% y máxima 70%)

SE3.- Evaluación del Informe final (ponderación mínima 20% y máxima 40%)

SE4.- Evaluación de las presentaciones orales (ponderación mínima 30% y máxima 70%)

PROFESORADO

Profesor responsable

Sanmartín Bastida, Isabel

Doctora en Ciencias Biológicas.
Profesora de Investigación de los OPIs.
Real Jardín Botánico, CSIC

Profesorado

Sánchez Meseguer, Andrea

Doctora en Biología.
Científica Titular, Real Jardín Botánico, CSIC.
Real Jardín Botánico, CSIC.

Riina Olivares, Ricarda

Doctorado (PhD).
Científica titular.
Real Jardín Botánico, CSIC.

HORARIO

Horario

11/11/2019

9:30 - 13:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Andrea Sánchez Meseguer

Doctora en Biología.
Científica Titular, Real Jardín Botánico, CSIC.
Real Jardín Botánico, CSIC.

12/11/2019

9:30 - 13:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Andrea Sánchez Meseguer

Doctora en Biología.
Científica Titular, Real Jardín Botánico, CSIC.
Real Jardín Botánico, CSIC.

13/11/2019

9:30 - 13:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Andrea Sánchez Meseguer

Doctora en Biología.

Científica Titular, Real Jardín Botánico, CSIC.
Real Jardín Botánico, CSIC.

14/11/2019

9:30 - 13:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Andrea Sánchez Meseguer

Doctora en Biología.
Científica Titular, Real Jardín Botánico, CSIC.
Real Jardín Botánico, CSIC.

15/11/2019

9:30 - 13:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Andrea Sánchez Meseguer

Doctora en Biología.
Científica Titular, Real Jardín Botánico, CSIC.
Real Jardín Botánico, CSIC.

18/11/2019

9:30 - 13:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Isabel Sanmartín Bastida

Doctora en Ciencias Biológicas.
Profesora de Investigación de los OPIs.
Real Jardín Botánico, CSIC

19/11/2019

9:30 - 13:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Isabel Sanmartín Bastida

Doctora en Ciencias Biológicas.
Profesora de Investigación de los OPIs.
Real Jardín Botánico, CSIC

20/11/2019

9:30 - 13:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Isabel Sanmartín Bastida

Doctora en Ciencias Biológicas.
Profesora de Investigación de los OPIs.
Real Jardín Botánico, CSIC

21/11/2019

9:30 - 13:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Isabel Sanmartín Bastida

Doctora en Ciencias Biológicas.
Profesora de Investigación de los OPIs.
Real Jardín Botánico, CSIC

22/11/2019

9:30 - 13:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Isabel Sanmartín Bastida

Doctora en Ciencias Biológicas.
Profesora de Investigación de los OPIs.
Real Jardín Botánico, CSIC

08/06/2020

9:30 - 13:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Isabel Sanmartín Bastida

Doctora en Ciencias Biológicas.
Profesora de Investigación de los OPIs.
Real Jardín Botánico, CSIC

09/06/2020

9:30 - 13:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Isabel Sanmartín Bastida

Doctora en Ciencias Biológicas.
Profesora de Investigación de los OPIs.
Real Jardín Botánico, CSIC

10/06/2020

9:30 - 13:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Isabel Sanmartín Bastida

Doctora en Ciencias Biológicas.
Profesora de Investigación de los OPIs.
Real Jardín Botánico, CSIC

11/06/2020

9:30 - 13:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Isabel Sanmartín Bastida

Doctora en Ciencias Biológicas.
Profesora de Investigación de los OPIs.
Real Jardín Botánico, CSIC

12/06/2020

9:30 - 13:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Isabel Sanmartín Bastida

Doctora en Ciencias Biológicas.
Profesora de Investigación de los OPIs.
Real Jardín Botánico, CSIC

15/06/2020

9:30 - 12:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Isabel Sanmartín Bastida

Doctora en Ciencias Biológicas.
Profesora de Investigación de los OPIs.
Real Jardín Botánico, CSIC

16/06/2020

9:30 - 11:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Isabel Sanmartín Bastida

Doctora en Ciencias Biológicas.
Profesora de Investigación de los OPIs.
Real Jardín Botánico, CSIC

17/06/2020

9:30 - 15:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Andrea Sánchez Meseguer

Doctora en Biología.
Científica Titular, Real Jardín Botánico, CSIC.
Real Jardín Botánico, CSIC.

18/06/2020

9:30 - 11:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Isabel Sanmartín Bastida

Doctora en Ciencias Biológicas.
Profesora de Investigación de los OPIs.
Real Jardín Botánico, CSIC

12:30 - 13:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Andrea Sánchez Meseguer

Doctora en Biología.
Científica Titular, Real Jardín Botánico, CSIC.
Real Jardín Botánico, CSIC.

19/06/2020

9:30 - 15:30

Distribución espacio-temporal de las especies: técnicas analíticas

Ricarda Riina Olivares

Doctorado (PhD).

Científica titular.
Real Jardín Botánico, CSIC.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES RELACIONADOS

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA ESPECIALIZADA

Además de la bibliografía básica indicada más abajo se hará uso de los siguientes artículo científicos más específicos y actualizados, a los que se hace referencia en las clases.

Antonelli, A., Nylander, J.A., Persson, C. and Sanmartín, I. 2009. Tracing the impact of the Andean uplift on Neotropical plant evolution. Proceedings of the National Academy of Sciences 106(24): 9749-9754.

Buerki, S., Forest, F., Alvarez, N., Nylander, J.A., Arrigo, N. and Sanmartín, I. 2011. An evaluation of new parsimony‐based versus parametric inference methods in biogeography: a case study using the globally distributed plant family Sapindaceae. Journal of Biogeography 38(3): 531-550.

Currat M., Ray N., Excoffier L. 2004. Splatche: a program to simulate genetic diversity taking into account environmental heterogeneity. Molecular Ecology Notes 4: 139-142. [Introducción a SPLATCHE].

Donoghue, M.J. and Moore, B.R. 2003. Toward an integrative historical biogeography. Integrative and Comparative Biology 43(2): 261-270.

Donoghue, M.J. and Smith, S.A. 2004. Patterns in the assembly of temperate forests around the Northern Hemisphere. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences 359(1450): 1633-1644.

Goldberg EE, Lancaster LT, Ree RH. 2011. Phylogenetic inference of reciprocal effects between geographic range evolution and diversification. Syst. Biol. 60:451–65 [GEOSSE: Expansión del modelo DEC para incorporar diversificación dependiente de rango].

Harris, A.J. and XIANG, Q.Y.J. 2009. Estimating ancestral distributions of lineages with uncertain sister groups: a statistical approach to Dispersal–Vicariance Analysis and a case using Aesculus L.(Sapindaceae) including fossils. Journal of Systematics and Evolution 47(5): 349-368.

Huelsenbeck, J.P. and Imennov, N.S. 2002. Geographic origin of human mitochondrial DNA: accommodating phylogenetic uncertainty and model comparison. Systematic Biology 51(1): 155-165.

Huelsenbeck, J.P., Nielsen, R. and Bollback, J.P. 2003. Stochastic mapping of morphological characters. Systematic Biology 52(2): 131-158.

Klaus, S., Morley, R.J., Plath, M., Zhang, Y.P. and Li, J.T. 2016. Biotic interchange between the Indian subcontinent and mainland Asia through time. Nature communications, 7. doi:10.1038/ncomms12132

Knowles, L. & Maddison, WP. 2002. Statistical phylogeography. Molecular Ecology 11: 2623-2635 [Introducción a la Filogeografía Estadística].

Landis, M.J. 2014. Bodega 2014: Bayesian biogeography lab.

Landis, M.J. and Bedford, T. 2013. Phylowood: interactive web-based animations of biogeographic and phylogeographic histories. Bioinformatics 30(1): 123-124. [Bay-Area: Expansión del modelo DEC cuando el número de áreas es largo].

Landis, M.J., Matzke, N.J., Moore, B.R. and Huelsenbeck, J.P. 2013. Bayesian analysis of biogeography when the number of areas is large. Systematic Biology 62(6): 789-804.

Lemey P, Rambaut A, Drummond AJ, Suchard MA. 2009. Bayesian phylogeography finds its roots. PLoS Comput. Biol. 5(9):e1000520. [Modelo BIB en Filogeografía implementado en BEAST]

Lemey P, Rambaut A, Welch JJ, Suchard MA. 2010. Phylogeography takes a relaxed random walk in continuous space and time. Mol. Biol. Evol. 27:1877–85. [Extensión del modelo BIB en Filogeografía para caracteres continuos]

Lemmon, A.R. and Lemmon, E.M. 2008. A likelihood framework for estimating phylogeographic history on a continuous landscape. Systematic Biology 57(4): 544-561.

Maddison, W.P., Midford, P.E. and Otto, S.P. 2007. Estimating a binary character's effect on speciation and extinction. Systematic biology 56(5):701-710. [BISSE: Primer modelo que incorpora diversificación dependiente de estado de carácter].

Manolopoulou I, BC Emerson (2012) Phylogeographic Ancestral Inference Using the Coalescent Model on Haplotype Trees. Journal of Computational Biology, 19, 745-755. [Introducción del modelo BPEC].

Matzke, N.J. 2013. BioGeoBEARS: BioGeography with Bayesian (and likelihood) evolutionary analysis in R Scripts. R package, version 0.2, 1, p.2013.

Matzke, N.J. 2014. Model selection in historical biogeography reveals that founder-event speciation is a crucial process in island clades. Systematic Biology 63(6): 951-970. [DEC+J: Expansión del modelo DEC para incluir jump dispersal].

Meseguer, A.S., Lobo, J.M., Ree, R., Beerling, D.J. and Sanmartín, I. 2014. Integrating fossils, phylogenies, and niche models into biogeography to reveal ancient evolutionary history: the case of Hypericum (Hypericaceae). Systematic biology 64(2): 215-232.

Micó, E., Sanmartín, I. and Galante, E. 2009. Mediterranean diversification of the grass‐feeding Anisopliina beetles (Scarabaeidae, Rutelinae, Anomalini) as inferred by bootstrap‐averaged dispersal–vicariance analysis. Journal of Biogeography 36(3): 546-560.

Moore, B.R. and Donoghue, M.J. 2007. Correlates of diversification in the plant clade Dipsacales: geographic movement and evolutionary innovations. The American Naturalist 170(S2): S28-S55.

Moore, Brian R., and Michael J. Donoghue. 2009. A Bayesian approach for evaluating the impact of historical events on rates of diversification. Proceedings of the National Academy of Sciences 106(11): 4307-4312.

Morrone, J.J. and Crisci, J.V. 1995. Historical biogeography: introduction to methods. Annual review of ecology and systematics 26(1): 373-401.

Nepokroeff, M., Sytsma, K.J., Wagner, W.L. and Zimmer, E.A., 2003. Reconstructing ancestral patterns of colonization and dispersal in the Hawaiian understory tree genus Psychotria (Rubiaceae): a comparison of parsimony and likelihood approaches. Systematic Biology 52(6): 820-838.

Nielsen, R. 2002. Mapping mutations on phylogenies. Systematic biology 51(5): 729-739.

Nylander,J.A., Olsson, U., Almstrom, P. & Sanmartín, I. 2008. Accounting for phylogenetic uncertainty in biogeography: A Bayesian approach to Dispersal-Vicariance Analysis of the Trushes (Turdus) Systematic Biology 57:257-268.

Ree, R.H. and Smith, S.A. 2008. Maximum likelihood inference of geographic range evolution by dispersal, local extinction, and cladogenesis. Systematic Biology 57(1): 4-14. [Implementación analítica de DEC: Primer modelo paramétrico en biogeografía: Dispersión-Extinción-Cladogénesis].

Ree, R.H. and Smith, S.A., 2007. Lagrange (Software for likelihood analysis of geographic range evolution), version 2. Distributed by the authors at website http://lagrange. googlecode. com.

Ree, R.H., Moore, B.R., Webb, C.O. and Donoghue, M.J. 2005. A likelihood framework for inferring the evolution of geographic range on phylogenetic trees. Evolution 59(11): 2299-2311. [Descripción teórica de DEC: Primer modelo paramétrico en biogeografía: Dispersión-Extinción-Cladogénesis].

Ronquist F. 1997. Dispersal-vicariance analysis: a new approach to the quantification of historical biogeography. Syst. Biol. 46:195–203. [DIVA: Introducción del método].

Ronquist, F. 2003. Parsimony analysis of coevolving species associations. Tangled trees: phylogeny, cospeciation and coevolution, pp.22-64.

Ronquist, F. and Liljeblad, J. 2001. Evolution of the gall wasp–host plant association. Evolution 55(12): 2503-2522.

Salvo, G., Ho, S.Y., Rosenbaum, G., Ree, R. and Conti, E. 2010. Tracing the temporal and spatial origins of island endemics in the Mediterranean region: a case study from the citrus family (Ruta L., Rutaceae). Systematic Biology 59(6): 705-722. [Good review of Mediterranean geological history]

Sanmartin, I. 2012. Biogeografia. En: El árbol de la vida: sistemática y evolución de los seres vivos (P. Vargas & R. Zardoya, eds.), pp. 457-474. [Revisión de la evolución de la disciplina desde sus orígenes, en español].

Sanmartín, I. and Ronquist, F. 2002. New solutions to old problems: widespread taxa, redundant

distributions and missing areas in event–based biogeography. Animal Biodiversity and Conservation 25(2): 75-93.

Sanmartin, I. and Ronquist, F. 2004. Southern hemisphere biogeography inferred by event-based models: plant versus animal patterns. Systematic Biology 53(2): 216-243. [TreeFitter: Primer ejemplo de Ajuste de árboles basado en parsimonia].

Sanmartín, I., 2007. Event-based biogeography: integrating patterns, processes, and time. In: Biogeography in a changing world (M. C. Ebach & R S. Tangney, eds.), pp. 135-159. CRC press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.

Sanmartín, I., Anderson, C.L., Alarcon, M., Ronquist, F. and Aldasoro, J.J. 2010. Bayesian island biogeography in a continental setting: the Rand Flora case. Biology letters 6(5): 703-707.

Sanmartin, I., Enghoff, H. and Ronquist, F. 2001. Patterns of animal dispersal, vicariance and diversification in the Holarctic. Biological Journal of the Linnean Society 73(4): 345-390. [Ejemplo de DIVA aplicado a múltiples linajes para evaluar patrones de distribución globales].

Sanmartín, I., Van Der Mark, P. and Ronquist, F. 2008. Inferring dispersal: A Bayesian approach to phylogeny‐based island biogeography, with special reference to the Canary Islands. Journal of Biogeography 35(3): 428-449. [BIB: Introducción del método].

Sanmartín, I., Wanntorp, L. and Winkworth, R.C. 2007. West Wind Drift revisited: testing for directional dispersal in the Southern Hemisphere using event‐based tree fitting. Journal of Biogeography 34(3): 398-416.

Smedmark, J.E., Eriksson, T. and Bremer, B. 2010. Divergence time uncertainty and historical biogeography reconstruction–an example from Urophylleae (Rubiaceae). Journal of Biogeography 37(12): 2260-2274.

Smith, S.A. 2009. Taking into account phylogenetic and divergence‐time uncertainty in a parametric biogeographical analysis of the Northern Hemisphere plant clade Caprifolieae. Journal of Biogeography 36(12): 2324-2337.

Smith, S.A. and Donoghue, M.J. 2010. Combining historical biogeography with niche modeling in the Caprifolium clade of Lonicera (Caprifoliaceae, Dipsacales). Systematic biology 59(3): 322-341.

Swenson, U., Hill, R.S. and McLoughlin S. 2001. Biogeography of Nothofagus supports the sequence of Gondwana break-up. Taxon 50: 1025-1041.

Templeton AR, Crandall KA, Sing CF. 1992. A cladistic analysis of phenotypic associations with haplotypes inferred from restriction endonuclease mapping and DNA sequence data. III. Cladogram estimation. Genetics, 132, 619-633. [Introducción de la Parsimonia Estadística (TCS)]

Upham, N.S. and Patterson, B.D. 2012. Diversification and biogeography of the Neotropical caviomorph lineage Octodontoidea (Rodentia: Hystricognathi). Molecular Phylogenetics and Evolution 63(2): 417-429.

Yu, Y., Harris, A.J. and He, X. 2010. S-DIVA (Statistical Dispersal-Vicariance Analysis): a tool for inferring biogeographic histories. Molecular Phylogenetics and Evolution 56(2): 848-850.

Yu, Y., Harris, A.J., Blair, C., He, X. 2015. RASP (Reconstruct Ancestral State in Phylogenies): a tool for historical biogeography. Molecular Phylogenetics and Evolution.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

Avise J.C. 2000. Phylogeography: the history and formation of species. Harvard University Press. [Libro de texto clásico en el que se define la Filogeografía].

Bloomquist EW, Lemey P, Suchard MA. 2010. Three roads diverged? Routes to phylogeographic inference. Trends in ecology & evolution, 25, 626-632. [Revisión de métodos filogeográficos]

Ree, R.H. and Sanmartín, I. 2009. Prospects and challenges for parametric models in historical biogeographical inference. Journal of Biogeography 36(7): 1211-1220. [Revisión de la evolución de la biogeografía paramétrica].

Ronquist, F. and Sanmartín, I. 2011. Phylogenetic methods in biogeography. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 42: 441-464. [Revisión de herramientas analíticas filogenéticas en biogeografía].

Sanmartín I. 2012. Historical Biogeography: Evolution in Time and Space. Evo Edu Outreach. 5:555–568. [Revisión de la evolución de la disciplina desde sus orígenes].