

Tesis del MN CN

Estructura geográfica y diversidad genética de Polycladida (Platyhelminthes) en la Macaronesia

Daniel Cuadrado

Universidad Autónoma de Madrid

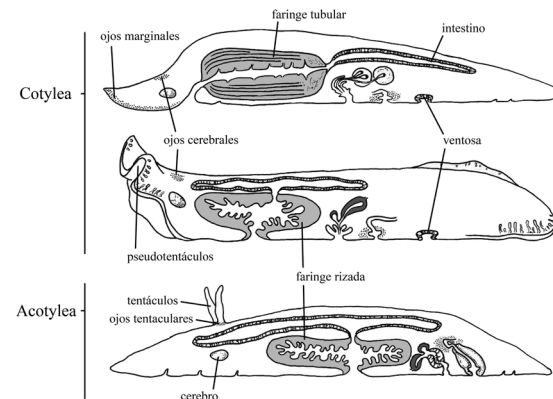
Directoras: Carolina Noreña Janssen y Annie

Machordom Barbé

Noviembre de 2025

La Macaronesia, formada por las Islas Canarias, Azores, Madeira, Islas Salvajes y Cabo Verde, constituye una región biogeográfica excepcional marcada por la interacción entre corrientes oceánicas, gradientes ambientales y procesos históricos que han moldeado su biota marina. En este contexto, el orden Polycladida, un grupo diverso de gusanos planos marinos de vida libre, ofrece un modelo ideal para investigar cómo la dispersión, la historia evolutiva y las barreras biogeográficas influyen en la diversidad genética y en los patrones de distribución de los organismos bentónicos. Esta tesis examina de forma integrada la taxonomía, filogenia, diversidad genética y biogeografía de los policládidos, combinando descripciones morfológicas detalladas con herramientas moleculares.

A través del estudio taxonómico más completo realizado hasta la fecha para el orden Polycladida en la Macaronesia, se identifican 98 especies, incluyendo 17 nuevas especies, una nueva variedad y un nuevo género, lo que refuerza a estos archipiélagos como auténticos puntos clave de biodiversidad. Gracias a los análisis morfológicos y la revisión sistemática, marcó una base sólida para interpretar los patrones evolutivos y filogeográficos del grupo. La revisión de los diferentes marcadores y técnicas moleculares revela contrastes claros en su capacidad de resolución, destacando la utilidad de *cox1* y *cytb* para la delimitación de especies. Asimismo, se identifican tasas de mutación diferenciales y fenómenos de saturación (especialmente en el gen *cox1*), y se han detectado cambios estructurales



en la proteína COX1, lo que ha permitido ajustar modelos evolutivos más precisos.

Por otra parte, la exploración de los patrones biogeográficos y filogeográficos de especies con un amplio rango de distribución, como *Thysanozoon brochii*, *Pericelis cata* y *Enchiridium magec*, muestra una notable diversidad haplotípica y distribuciones anfiatlánticas, con conectividad entre poblaciones de América y la Macaronesia, probablemente asociada a corrientes oceánicas y transporte antrópico. En contraste, especies como *Boninia divae* presentan una estructura genética más marcada, reflejando un menor flujo génico y posibles procesos de diferenciación local. Finalmente, hemos desarrollado el primer reloj molecular para Polycladida, situando su origen hace 550 millones de años, lo que consolida al grupo como uno de los linajes bilaterales más tempranos. También se identifican importantes eventos de radiación que coinciden con periodos clave de diversificación durante el Mesozoico y el Cenozoico.

Esta tesis aporta la visión más completa hasta la fecha sobre la evolución, diversidad y biogeografía del orden Polycladida. Mediante un enfoque multidisciplinar que integra datos morfológicos, moleculares y biogeográficos, permite comprender mejor procesos evolutivos complejos, clarificar relaciones filogenéticas y destacar el valor de la Macaronesia, una región excepcional para el estudio de la biodiversidad marina.

European mountain butterfly distributions and diversity as a model to understand the conservation implications of climate change

Guim Ursul Colomé

Universidad Autónoma de Madrid

Directores: Robert John Wilson y Helena Romo

Benito

Octubre 2025

El cambio climático representa una de las mayores amenazas para la biodiversidad, provocando la extinción de especies a nivel local y alterando sus patrones de distribución. Los ecosistemas de montaña son entornos idóneos para estudiar estas dinámicas debido a sus fuertes gradientes térmicos y su marcada heterogeneidad microclimática. Esta tesis analiza cómo las montañas europeas, con un énfasis en la Península Ibérica, pueden servir como refugios climáticos para las mariposas ante el cambio climático. En primer lugar, se realizó una revisión bibliográfica para explorar cómo los refugios climáticos contribuyen al mantenimiento de la diversidad de insectos, demostrando su papel histórico en la distribución de las especies y su importancia frente al cambio climático actual.

Para evaluar los efectos directos del clima en la composición de las comunidades, se compararon datos de mariposas en sistemas montañosos del centro de España en dos periodos (1985–2005 y 2017–2022). Los resultados mostraron una "termofilización" de las comunidades, impulsada por la colonización de especies con afinidades cálidas y más generalistas térmicamente y la extinción de especies con afinidades frías y más especialistas. Sin embargo, surgieron diferencias regionales, lo que demuestra la influencia de los climas locales en los cambios en la composición de las comunidades. En términos de su distribución altitudinal, muchas especies mostraron desplazamientos ascendentes, especialmente en sus límites inferiores, lo que resultó en una contracción de su área de distribución. Esta tendencia subraya la vulnerabilidad de las especies, siendo los cambios más pronunciados en aquellas con afinidades frías (mayor sensibilidad climática) que ocupaban elevaciones bajas (mayor exposición climática).

También se examinó la influencia del clima local en las afinidades térmicas de las comunidades de mariposas, utilizando el Community Temperature Index (CTI), en tres regiones montañosas europeas: centro de España, Cataluña/Andorra y Tirol del Sur (Italia). Se encontró una relación consistente y robusta entre el CTI y la temperatura en todas las regiones, lo que confirma la temperatura como un factor biogeográfico clave. Aunque las composiciones de especies diferían entre regiones, reflejando gradientes climáticos a gran escala, el CTI respondió de manera uniforme a la temperatura al considerar solo las especies compartidas. Esto sugiere que la adaptación local tuvo un impacto menor en este indicador y que las especies tienden a mantener sus nichos térmicos en diferentes sistemas montañosos. Estos hallazgos respaldan el uso del CTI como una herramienta fiable y estandarizada para evaluar las respuestas de las comunidades de mariposas al cambio climático en distintas regiones.

En resumen, esta tesis destaca la temperatura como un factor clave de las respuestas al cambio climático a lo largo de gradientes altitudinales, siendo las especies con afinidades frías y especialistas en temperatura las más amenazadas. El remuestreo de sitios históricamente estudiados a lo largo de estos gradientes, resultó eficaz para identificar patrones en los cambios en la composición de las comunidades y en los rangos altitudinales. Los resultados aportan nuevas evidencias sobre la importancia de los refugios climáticos para la conservación en zonas de montaña en el contexto del cambio climático reciente.

Fotografía superior: Sitio de muestreo en Camarena de la Sierra, en la Sierra de Javalambre (Teruel). Fotografías inferiores: *Parnassius apollo* (izquierda) y *Melitaea didyma* (derecha), dos especies que han sufrido extinciones en los límites inferiores de su distribución altitudinal en la Península Ibérica en las últimas cuatro décadas

En orden de izquierda a derecha, fotografías de las especies: *Enchiridium magec* y *Prostheceraeus roseus*. Arriba: Esquema representativo de la anatomía de las planarias marinas (orden Polycladida). Destacando: del suborden Cotylea los dos tipos de faringe, tubular o rizada, y la ventosa; del suborden Acotylea, los tentáculos nucales.

