

Biosfera de la Macaronesia: laboratorio de ecología, evolución y conservación de la biodiversidad

"No es el más fuerte de las especies el que sobrevive, tampoco es el más inteligente el que sobrevive. Es aquel que es más adaptable al cambio".

Charles Darwin

Trabajo científico Ruta INTI 2024

Participante: Ci-661

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	HISTORIA Y ORIGEN DE LA BIODIVERSIDAD DE MACARONESIA	3
2.1.	LINAJES JÓVENES vs ESPECIES RELICTO DEL Terciario	3
2.2.	POBLACIONES INSULARES: DIVERSIDAD GENÉTICA	4
3.	ECOLOGÍA COMUNITARIA EN MACARONESIA	5
3.1.	INTERACCIONES MUTUALISTAS	5
4.	ESPECIACIÓN, DIVERSIFICACIÓN Y EXTINCIÓN EN MC	6
5.	EXTINCIÓN EN LA MACARONESIA	6
6.	GRANDES AMENAZAS ACTUALES:.....	7
6.1.	ESPECIES FORÁNEAS: AMENAZA PARA LA BIODIVERSIDAD.....	7
6.2.	EL TURISMO: GRAN ENEMIGO DE LA BIODIVERSIDAD	8
6.3.	CAMBIO CLIMÁTICO	9
7.	CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA EN MACARONESIA	9
8.	PERSPECTIVAS FUTURAS EN LA BIOLOGÍA DE LAS ISLAS	10
9.	CONCLUSIONES	12
	BIBLIOGRAFÍA.....	13

1. INTRODUCCIÓN

Desde siempre, las islas oceánicas han fascinado a los biólogos, ya que proporcionan información muy valiosa para desarrollar estudios ecológicos y comprobar teorías evolutivas, como en el caso de *El origen de las especies* de Charles Darwin (Darwin, 2019). Hoy en día, la investigación sobre sistemas insulares es el centro de atención, con muchos e interesantes desarrollos debido a que son considerados como laboratorios de la biosfera.

Un ejemplo particular es la Macaronesia (MC, de aquí en adelante), una región ubicada en **el Océano Atlántico Nororiental** formada por los archipiélagos volcánicos de las **Azores, Madeira, Selvagens, Islas Canarias y Cabo Verde** (Figura 1). Pese a contar con un gran número de archipiélagos separados, es considerada como una única región desde el punto de vista de la biogeografía actual.

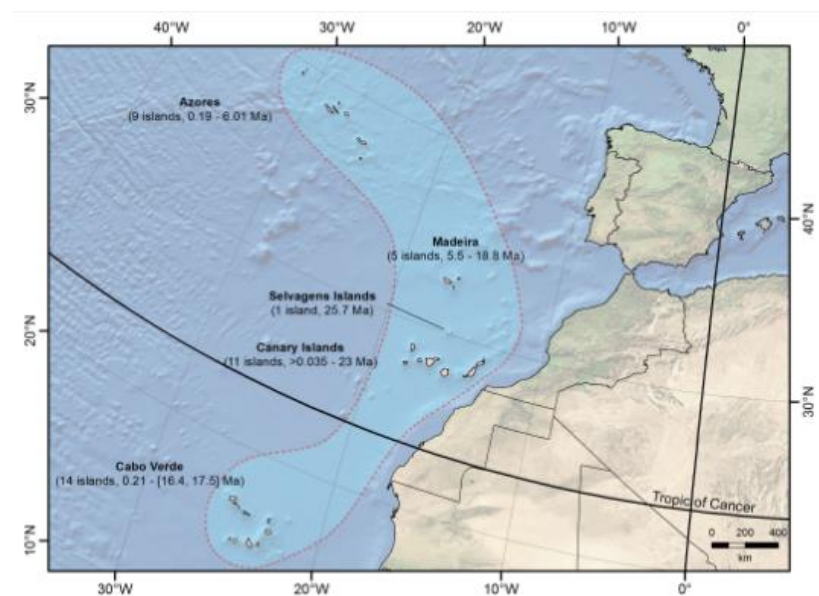


Figura 1.- Localización geográfica de los archipiélagos macaronésicos, con indicación del número de islas y su edad geológica (sólo se incluyeron islotes >1 km²). Fuente: Florencio *et al.*, 2021).

La Macaronesia comprende 40 islas e islotes de más 1 km², cubriendo el rango latitudinal 14,8°N a 39,7°N, extendiéndose a lo largo de 3000 km (Figura 1). Esto conlleva que la región contenga gran variedad de climas: clima **templado** en las Azores, **mediterráneo** en Madeira y Selvagens, **subtropical húmedo** en Islas Canarias y **tropical árido** en Cabo Verde (Fernández-Palacios, 2010).

También existen grandes diferencias en la edad geológica de las islas emergidas, variando desde menos de 35000 años para Alegranza (Islas Canarias), a 25,7 millones de años (Ma) para



Selvagem Grande. Sin embargo, los montes submarinos alrededor de Madeira y las Islas Canarias tienen una antigüedad de **67 millones de años** (Gettysburg cerca de Madeira). Esto indica que la MC es, al menos, dos o tres veces más antigua que su territorio emergido más antiguo (Ávila *et al*, 2016).

Pese a que se consideren biogeográficamente como un territorio, los archipiélagos se encuentran considerablemente alejados unos de otros y, a su vez, alejados del continente (desde 96 km entre el continente africano y Fuerteventura y más de 1500 km entre las Azores y la península ibérica) (Fernández-Palacios, 2010; Figura 1).

Todas estas diferencias y variaciones de las islas Macaronésicas son, en parte, responsables de la gran diversidad de hábitats que albergan (Tabla 1):

	Tipo de ecosistema	Región
Diversidad de hábitats terrestres	Desierto y vegetación semiárida	Mayor parte de Cabo Verde, zonas más secas de las Selvagens y Canarias
	Bosques húmedos de laurisilva y enebro	Azores y altitudes medias a altas del oeste y centro de las Islas Canarias
Diversidad de hábitats acuáticos	Lénticos	Todas las islas
	Lóticos	Todas las islas
	Microhábitats	Cavidades subterráneas y surtidores termales volcánicos

Tabla 1.- Gama de hábitats de la Macaronesia. Fuente: Florencio *et al.*, 2021.

La Macaronesia es una región única, no solo por sus preciosos y dispares paisajes sino por la gran importancia biológica de sus especies, la mayor parte de las **especies** encontradas en ellas son **endémicas**, lo que quiere decir, que son nativas y exclusivas de dicha región. Esto es especialmente relevante en los ecosistemas terrestres.

A pesar de su pequeña superficie, las zonas salvajes albergan más de 50 especies endémicas (más del 15% del total de especies nativas). Por ejemplo, en Canarias, el nivel de endemismo alcanza el 66 % en arañas y 100% en reptiles, y casi el 50% de las especies vegetales. En los ecosistemas marinos, al contrario, el número de especies endémicas ni siquiera alcanza el 6% de la biodiversidad archipelágica (Florencio *et al.*, 2021).

En la siguiente figura (Figura 2) se observa el porcentaje de especies endémicas de distintos grupos y familias, tanto en el ecosistemas terrestres como marinos:

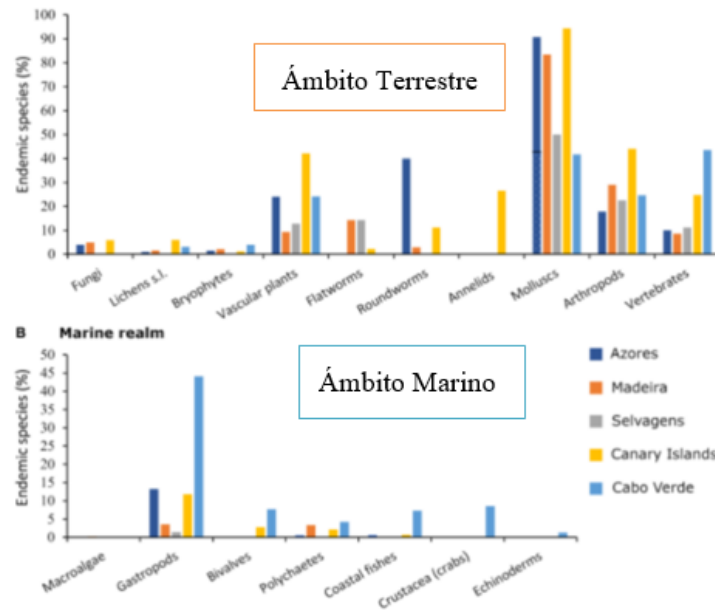


Figura 2.- Porcentaje de especies nativas endémicas por grupos en Macaronesia. Fuente: Florencio *et al.*, 2021.

Es importante mencionar que el conocimiento **de la flora y fauna** de la MC todavía es **muy incompleto**. Pese a la gran labor científica e interés por la fauna y flora macaronésica de los investigadores, no todos los archipiélagos y ecosistemas han sido estudiados de manera homogénea. Por ejemplo, el estudio de la biota de Cabo Verde está muy incompleto en comparación con el de otros archipiélagos macaronésicos. Esta situación probablemente esté asociada con el hecho de que muchas especies endémicas sólo se encuentran en hábitats de difícil acceso como acantilados, en zonas montañosas.

2. HISTORIA Y ORIGEN DE LA BIODIVERSIDAD DE MACARONESIA

2.1. LINAJES JÓVENES vs ESPECIES RELICTO DEL TERCIARIO

La MC se ha definido principalmente como una región biogeográfica en **función de sus especies de plantas con flores terrestres**. Inicialmente, se sugirió que la flora macaronésica era principalmente un relictos de una flora subtropical, anteriormente extendida, que cubría el sur de Europa y el norte de África durante el Paleógeno y Neógeno.

Actualmente, hay evidencias muy claras que indican que la aparición de la mayoría de las especies endémicas macaronésicas es muy posterior a la aparición de las islas en las que habitan. Sin embargo, existen determinados casos de especies que se podrían considerar “fósiles vivientes”, es decir, especies que convivieron con los dinosaurios y no han evolucionado demasiado desde entonces. Además, es muy importante resaltar que, según



evidencias filogenéticas, en Canarias se pueden encontrar especies cuyo origen es anterior a estas islas nativas. Este hallazgo se apoya en la compleja dinámica geológica de la MC que ha llevado al surgimiento y desaparición de varias (paleo)islas (Fernández-Palacios *et al.*, 2011), que podrían haber servido como trampolines y/o refugios para la persistencia de linajes más antiguos, como ha ocurrido en otros archipiélagos. No obstante, la evidencia filogenética de la persistencia de “fósiles vivos”, cuyo origen es anterior a sus islas nativas, es extremadamente raro y limitado a muy pocas especies, como la laurisilva y el lagarto de gran canaria (Figura 3).



Figura 3.- (A) Bosque de Laurisilva en Gomera (B) [Lagarto de Gran Canaria \(*Gallotia stehlini*\)](#). Fuente: *National Geographic*.

2.2. POBLACIONES INSULARES: DIVERSIDAD GENÉTICA

Está demostrado que los pocos individuos que llegan y colonizan exitosamente las islas contienen sólo un subconjunto de la variación genética de las poblaciones continentales parentales (Clegg, 2010). El aislamiento de las especies de MC, tras la colonización, parece el responsable de la divergencia, tanto genética como fenotípica, y no la distancia geográfica o las diferencias ambientales (Ej.; Pájaro de Berthelot, *Anthus berthelotii*) (Figura 4B).



Figura 4.- (A) *Aeonium canariense*. Fuente: Florencio *et al.*, 2021. (B) *Anthus berthelotii*. Fuente: BirdLife International (2016).

3. ECOLOGÍA COMUNITARIA EN MACARONESIA

Después de la llegada de especies del continente a las islas, los procesos ecológicos actúan como principales impulsores de la biosfera insular, junto con la especiación y eventos de extinción (Figura 6). La naturaleza dinámica de los procesos lleva a cambios en la composición de la comunidad a través del tiempo. Dado que no todas las especies tienen la misma probabilidad de colonizar las islas, una hipótesis general es que las biotas insulares están empobrecidas y taxonómicamente “desequilibradas”, en comparación con las regiones continentales adyacentes. Como consecuencia de este “**espacio ecológico vacío**”, algunas especies podrían tener la oportunidad de ampliar o incluso ampliar su nicho a través de la “**liberación ecológica**”. Algunos ejemplos que lo indican son (Florencio *et al.*, 2021):

- El murciélago endémico de las Azores, *Nyctalus azoreum*, que exhibe el raro comportamiento de estar activo durante el día, probablemente debido a la ausencia de aves competidoras o depredadoras (hay un caso similar en Malasia) (Figura 5).
- El gecko gigante de Cabo Verde, *Tarentola gigas*, que se alimenta de aves (Pinho *et al.*, 2018) en ausencia de mamíferos grandes depredadores, es otro ejemplo (Hernández-Teixidor *et al.*, 2019) (Figura 5).
- También se produce liberación ecológica. en diferentes grupos de insectos macaronésicos, tanto en ecosistemas terrestres (Raposeiro *et al.*, 2012).

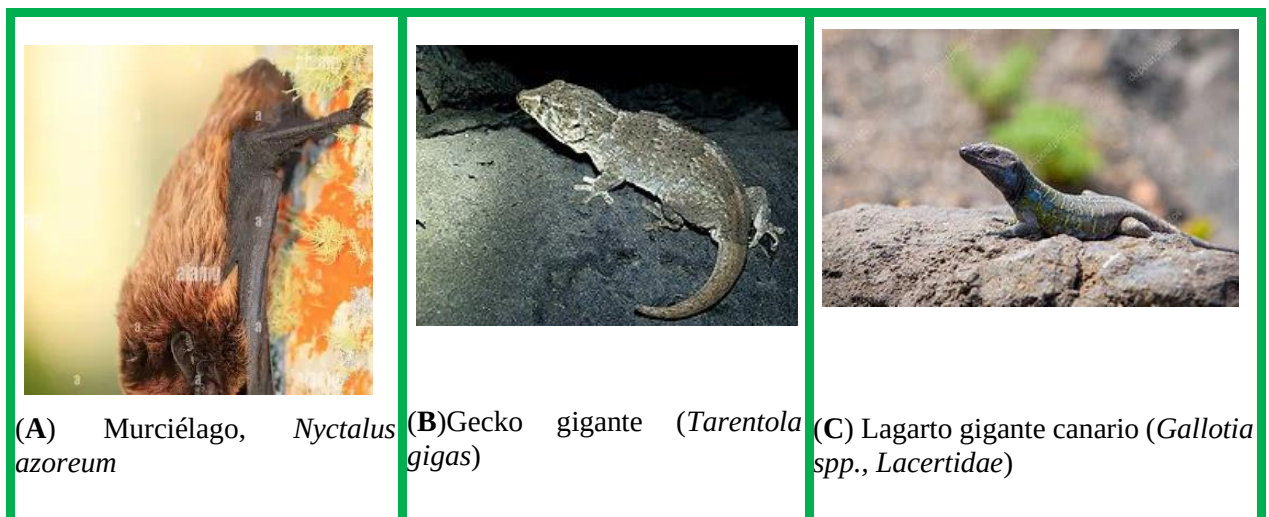


Figura 5.- Especies que han sufrido “liberación ecológica”- Fuente: Wikipedia.

3.1. INTERACCIONES MUTUALISTAS

Las interacciones de especies asociadas con la polinización y las semillas pueden influir en los patrones de dispersión de biodiversidad a gran escala. En los sistemas insulares, las **redes de polinización** comúnmente muestran características ecológicas distintivas e idiosincrásicas



conocidas como **síndromes de polinización insular**. Por ejemplo, en Canarias, los lagartos y aves generalistas son importantes polinizadores y dispersores de semillas (Florencio *et al.*, 2021), un comportamiento poco común en los sistemas continentales. En particular, los polinizadores macaronésicos tienden a visitar una gama más amplia de especies de plantas que sus parientes continentales (“liberación de interacción”). Estas particularidades de las **redes mutualistas insulares** sugieren que pueden ser muy vulnerables a perturbaciones similares en el continente. Tras comparar la estructura de la red de dispersión de semillas de bosques termófilos en Tenerife (Islas Canarias) con la del bosque continental se encontró un menor número de especies en este último. Una mayor especialización en la isla condujo a la **prevalencia de interacciones más simétricas**, en comparación con el continente. Asimismo, Nogales *et al.* (2016) ha demostrado que las redes canarias de dispersión de semillas son altamente estables, pero altamente vulnerables a las extinciones.

4. ESPECIACIÓN, DIVERSIFICACIÓN Y EXTINCIÓN EN MC

En la figura 6, se muestran los principales procesos para la creación/destrucción de la biodiversidad que participan en la generación de la rica biodiversidad de la Macaronesia.

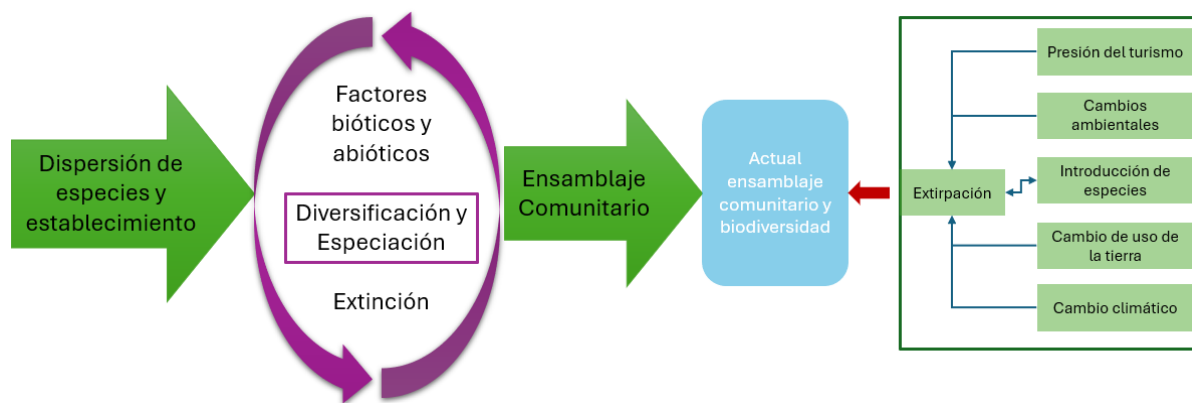


Figura 6.- Procesos implicados en las biotas de las islas. La flecha verde indica los puntos sobre los que actuar para la conservación de la biosfera. Fuente: Elaboración propia.

5. EXTINCIÓN EN LA MACARONESIA

Las extinciones naturales del pasado han sido impulsadas por cambios en el clima y hábitats. Los datos de isótopos de oxígeno sugieren que la mayoría de la fauna marina del Plioceno de las Azores se extinguió hace 3,6–3,3 Ma, como consecuencia de la glaciación. Además, el vulcanismo y las catástrofes geológicas, como deslizamientos de tierra masivos y megatsunamis, también pueden actuar como importantes impulsores de eventos de extinción



natural en toda la isla. Sin embargo, la llegada humana ha tenido un gran impacto en las biotas insulares en una escala de tiempo mucho más corta, acelerando la extinción de especies en las islas, hasta el punto de influir en la comprensión de los patrones evolutivos básicos (por ejemplo, evolución del tamaño corporal hacia el enanismo o el gigantismo en las especies de las islas) (Florencio *et al.*, 2021).

Por ejemplo, los lagartos gigantes canarios (*Gallotia spp.*, *Lacertidae*) (Figura 5C) fueron sometidos a un fuerte proceso de extinción tras la colonización humana, con consecuencias negativas sobre la dispersión de semillas y la variación genética de plantas endémicas, como *Cneorum (Neochamaelea) pulverulentum* (Florencio *et al.*, 2021). Las evidencias paleoecológicas también apuntan a la extinción de otras especies después de la llegada humana, como la mayoría de las aves canarias (que anidan en el suelo) no voladores o de vuelo débil, como sugiere la datación por radiocarbono del colágeno óseo (Illera *et al.*, 2016). En total, más de 20 especies endémicas de vertebrados y muchas no endémicas, que vivieron durante el Pleistoceno Superior-Holoceno, se extinguieron en MC. Un ejemplo lo constituye el icónico eslizón gigante de Cabo de Cocteau Verde (Florencio *et al.*, 2021).

Los registros de polen y carbono de fósiles han mostrado una disminución en la diversidad de plantas nativas (posiblemente incluyendo algunos géneros de árboles, ahora ausentes, como los nativos de Tenerife: *Quercus* y *Carpinus*). Asimismo, también son causas de la disminución de la biodiversidad en MC, la introducción de especies forestales no nativas (por ejemplo, *Cryptomeria japonica* y *Pinus pinaster* en las Azores) y el aumento de incendios forestales desde la llegada humana.

En el ámbito marino, la sobreexplotación de los recursos biológicos, como es el caso de lapas, crustáceos y peces, también han provocado la extinción de especies clave en las cadenas tróficas costeras.

6. GRANDES AMENAZAS ACTUALES PARA LA BIODIVERSIDAD

6.1. ESPECIES FORÁNEAS: AMENAZA PARA LA BIODIVERSIDAD

La introducción de especies exóticas es una de las principales amenazas para la biodiversidad a nivel mundial y, en particular, para la MC. Más del **70% de plantas vasculares** y más del **50% de las especies de artrópodos** en las Azores **son foráneas** (Silva *et al.*, 2008). Especies invasoras especialmente exitosas en la MC son las plantas *Cenchrus spp.*, *Hedychium gardnerianum*, *Pittosporum undulatum* y *Ulex europaeus*, así como vertebrados como gatos



(*Felis sylvestris*), cabras (*Capra hircus*), muflones corsos (*Ovis aries musimon*), ovejas de Berbería (*Ammotragus lervia*), ratas (*Rattus rattus* y *R. norvegicus*), ratones domésticos (*Mus musculus domesticus*), conejos (*Oryctolagus cuniculus*), y serpientes de California (*Lampropeltis californiae*).

La propagación de peces exóticos en ausencia de depredadores nativos es una amenaza importante para los sistemas de agua dulce en la MC (Florencio *et al.*, 2021), impactando las redes tróficas y el funcionamiento del ecosistema. Se ha documentado un gran número de especies exóticas en el reino marino de la MC, siendo el transporte marítimo el vector más probable de estas introducciones.

Se ha encontrado que, para la flora de las Azores, especies exóticas que están filogenéticamente distantes de las especies nativas tienen más probabilidades de volverse invasivas, lo que corrobora la hipótesis de naturalización de Darwin. Además, los polinizadores supergeneralistas, nativos y endémicos, incluyen nuevas plantas invasoras entre sus alimentos y, por lo tanto, pueden ayudar al establecimiento de especies exóticas y plantas invasoras. De hecho, las abejas exóticas polinizan la mayoría de la flora endémica de las Azores. Sin embargo, las abejas domésticas (*Apis mellifera*) alteran la estructura y funcionalidad de las redes planta-polinizadores en el Parque Nacional del Teide (Tenerife, Islas Canarias), reduciendo la diversidad, la interacción entre polinizadores silvestres y, por tanto, disminuyen el éxito reproductivo de algunas especies endémicas. Por otro lado, los artrópodos foráneos aportan rasgos novedosos en las Azores, que podrían desempeñar un papel importante a la hora de proporcionar y mantener algunas funciones clave de los ecosistemas, particularmente en sistemas antropogénicos como los pastos ganaderos (Florencio *et al.*, 2021).

6.2. EL TURISMO: GRAN ENEMIGO DE LA BIODIVERSIDAD

Las estadísticas sobre el turismo en los archipiélagos analizados indican, esencialmente, dos rasgos notables. En primer lugar, el gran peso del sector en la economía. En segundo lugar, la importante diferencia entre los archipiélagos en multitud de cuestiones, tales como, el desarrollo histórico, el volumen total de visitantes, su nacionalidad o la estacionalidad (Figura 7). Sin embargo, pocos son los estudios que analizan su impacto sobre la biodiversidad.

La desaparición de hábitats naturales, la contaminación y la fuerte presión del turismo, provoca un estrés en los ecosistemas naturales y, por tanto, una disminución de la biodiversidad insular.



Figura 7- Distribución por islas del número de turistas (2016) en la Macaronesia. Fuente: Antequera *et al.*, 2020.

6.3. CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático desempeña un papel fundamental y altamente agresivo en la pérdida de la biodiversidad en el planeta y, en particular en la MC. Esta situación está transformando sus ecosistemas marinos, terrestres y de agua dulce en todo el mundo. Está provocando la pérdida de especies locales, el aumento de enfermedades y la mortalidad masiva de plantas y animales, dando lugar a las primeras extinciones provocadas por el clima. Como un ejemplo de cambio de los patrones meteorológicos en MC, se ha estudiado el caso de los cambios de niebla y sus variables asociadas en el bosque nuboso de laurisilva perennifolia de la Reserva de la Biosfera del Macizo de Anaga (Tenerife, Islas Canarias). Este aparente cambio simple, está teniendo gran repercusión en la biodiversidad de la MC. Lamentablemente, existen muchos otros ejemplos.

7. CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA EN MACARONESIA

Las islas son entidades **dinámicas** que han sufrido cambios climáticos y cambios geológicos a través del tiempo. El Modelo Dinámico General de biogeografía de islas oceánicas (GDM) considera el efecto de la geología dinámica de las islas oceánicas en su diversidad. Se ha demostrado la validez de GDM en la Macaronesia, concretamente con artrópodos, reptiles, caracoles y briofitas, y también en el mar (Florencio *et al.*, 2021). Si bien estas evaluaciones muestran el potencial del GDM para **predecir patrones de riqueza de especies insulares a través del tiempo**, también señalan la necesidad tener en cuenta las particularidades de islas y taxones al aplicar la geografía modelos



Estudios recientes en las islas MC muestran que existe una relación entre la riqueza de especies y la edad geológica de la isla. Esta relación también es válida para las interacciones entre redes tróficas y diversidad genética, en la que actúan la edad y la dinámica de la isla como impulsores regionales de la complejidad de la red de plantas y polinizadores.

Asimismo, el vulcanismo y la diversidad de hábitats parecen ser los principales factores que explican la diversidad genética de los geckos *Tarentola* en Cabo Verde, ya que ambos están estrechamente vinculados con la ontogenia insular como la GDM postula. La importancia de la edad insular para la explicación de los patrones de diversidad también está presente en el ámbito marino.

En el contexto más amplio de los archipiélagos atlánticos, Hachich *et al.* (2015) encontró una relación lineal entre la diversidad de peces de arrecife y la isla edad. Más recientemente, Fernández-Palacios *et al.* (2016) desarrollaron un Modelo sensible a los glaciares (GSM) en la biogeografía de las islas oceánicas basado parcialmente en las islas macaronésicas, que incluye el papel de los períodos glaciales e interglaciares en el GDM. Basándose en estos modelos, Ávila *et al.* (2019) desarrollaron el nivel del mar Modelo dinámico sensible (SLS) de biogeografía de islas marinas. Este modelo ofrece predicciones sobre cómo la inmigración, la colonización y las tasas de especiación in situ afectan la biodiversidad marina alrededor de las islas oceánicas.

8. PERSPECTIVAS FUTURAS EN LA BIOLOGÍA DE LAS ISLAS

Se han implementado varias iniciativas políticas, científicas y sociales para mejorar las prácticas de conservación y la conciencia pública en la MC. Así, se ha concluido que la eficacia de las políticas de conservación y gobernanza puede mejorar si se tienen en cuenta una gestión basada en la protección de ecosistemas insulares, en la participación de las partes interesadas, en la colaboración de la población isleña y con una financiación adecuada. Además, se deben apoyar y fortalecer las funciones y servicios que realizan un estudio de los ecosistemas.

En la última década se han publicado estudios relevantes con el objetivo de ayudar a los responsables a la toma de decisiones locales y regionales para avanzar hacia una planificación más eficaz para la conservación de la naturaleza y de políticas de gestión más sostenibles en la MC: 1) Se ha dado una especial importancia al diseño y efectividad de las “Áreas Naturales Protegidas”; 2) Se han desarrollado varios índices/indicadores para la selección de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad de la MC. Por tanto, estas acciones



constituyen una propuesta innovadora, rentable y replicable para otras islas. También se ha desarrollado una metodología para proteger la biodiversidad genética y la diversidad en las reservas, con la creación de bases de datos de las especies endémicas.

Además, los conocimientos adquiridos en el estudio de la MC también se están utilizando para proponer varias metodologías y protocolos estandarizados para la evaluación de la conservación de especies endémicas (Borges *et al.*, 2018). Así, la identificación de especies de máxima prioridad es particularmente útil para diseñar estrategias de conservación. Sin embargo, la aplicación de criterios de la UICN (Subcomité de Peticiones y Estándares de la UICN, 2017) para las islas oceánicas tienen algunas deficiencias: Así, la tolerancia al riesgo de las especies debe ajustarse dentro de los sistemas insulares.

La MC también sirve de modelo para desarrollar exitosamente enfoques innovadores para la gestión de especies exóticas en las islas, incluyendo prevención, detección temprana, erradicación y control de las especies invasoras, así como el desarrollo de una legislación adecuada. Por ejemplo, se ha creado una lista del TOP 100 de especies exóticas invasoras prioritarias en la MC (Silva *et al.*, 2008), basándose en el conocimiento de los impactos sobre la biodiversidad nativa y endémica y la viabilidad de control. Además, las Islas Canarias, Madeira y Selvagens proporcionan ejemplos de erradicación con éxito y esquemas de control para conejos, gatos, ratones y plantas. En las Azores, se ha aplicado un programa regional para controlar plantas exóticas invasoras en zonas sensibles y se ha puesto en relieve la importancia del mantenimiento para prevenir el rebrote de especies foráneas (Florencio *et al.*, 2021).

Varias iniciativas y programas han conducido exitosamente a la restauración de diferentes especies endémicas y nativas. Una especie amenazada emblemática de la MC es el Camachuelo endémico (*Pyrrhula murina*) en las Azores. Se ha recuperado mediante la restauración del hábitat y la eliminación de especies exóticas (“LIFE Proyecto Priolo”; SPEA, 2006). Tales acciones han dado lugar a resultados positivos no sólo en las especies objetivo, sino también en otras especies nativas (plantas, insectos y aves). El gigante el lagarto *Gallotia simonyi* y la alondra *Alauda razae*, son otras especies endémicas amenazadas que han sido el objetivo de importantes acciones de conservación, como programas de reproducción y reintroducciones en pequeños islotes e islas de las Islas Canarias y Cabo Verde, respectivamente. Además, se han aplicado recientemente acciones innovadoras de reintroducción de los lagartos gigantes, que incluyen procedimientos de entrenamiento donde los individuos criados en cautiverio para que aprendan a evitar a los depredadores (Florencio *et al.*, 2021).



9. CONCLUSIONES

La investigación en la Macaronesia ha dado lugar a avances sustanciales en la ecología, la evolución y la biología de la conservación insular. Algunos de estos descubrimientos indican que la flora y la fauna de la MC están compuestas por linajes más bien jóvenes y no por relictos terciarios.

En la actualidad, la MC es sede de una **riqueza excepcionalmente alta de especies endémicas**. También, la MC es el hogar de un número creciente de **especies amenazadas**, junto con especies invasoras. Aunque se están llevando a cabo varias acciones innovadoras de conservación y gestión para proteger su biodiversidad, queda mucho por hacer.

La Macaronesia es un laboratorio de biodiversidad que ofrece interesantes lecciones:

1) Las *contribuciones de la investigación* en esta región proporcionan conocimientos sobre teorías ecológicas y evolutivas probadas para otros archipiélagos (por ejemplo, el modelo dinámico general de océanos biografía insular y sus posteriores actualizaciones).

2) Por otro lado, las **iniciativas políticas, científicas y sociales aplicadas** en la MC pueden mejorar las **prácticas de conservación y la concienciación pública** al ser implementadas en otras regiones y, así, asegurar el mantenimiento de la biodiversidad.

Sin embargo, el conocimiento de la diversidad de la MC está lejos de estar completo y es esencial seguir reuniendo datos confiables sobre la distribución de especies para comprender la importancia relativa de los procesos espaciales, históricos y ecológicos. Por todo esto, es necesario desarrollar iniciativas como los estudios de diversidad a largo plazo, así como, conseguir datos de alta calidad para permitir ampliar el conocimiento de la biología insular en general.



BIBLIOGRAFÍA

- Antequera, P. D., Díez, A. L., Pacheco, J. D., Suárez, P. M., y Ruiz, C. R. (2020). Turismo y amenazas de origen natural en la Macaronesia. Análisis comparado. *Cuadernos de turismo*, (45), 61-92.
- Ávila, S. P. (2013). Unravelling the patterns and processes of evolution of marine life in oceanic islands: a global framework. *Fernández-Palacios, JM, Nascimento, L., Hernández, JC Clemente, S. González, A. & Díaz-González, JP (Eds.) Climate Change perspectives from the Atlantic: past, present and future. Universidad de La Laguna, Tenerife*, 95-125.
- BirdLife International (2016). *IUCN Red List of Threatened Species*. 2016: e.T22718508A88185452.
- Borges, P. A., Cardoso, P., Kreft, H., Whittaker, R. J., Fattorini, S., Emerson, B. C., ... y Gabriel, R. (2018). Global Island Monitoring Scheme (GIMS): a proposal for the long-term coordinated survey and monitoring of native island forest biota. *Biodiversity and conservation*, 27, 2567-2586.
- Clegg, S. (2010). Evolutionary changes following island colonization in birds. *The theory of island biogeography revisited*, 293-325.
- Darwin, C. (2019). *Charles Darwin: The Origin of Species*. epubli.
- Fernández-Palacios, J. M., (2011).” The islands of Macaronesia” in *Terrestrial Arthropods of Macaronesia. Biodiversity, Ecology and Evolution*, eds. A.R.M. Serrano, P.A. V. Borges, M. Boieiro, y P. Oromi, (Lisboa: Sociedade Portuguesa de Entomologia),1-30.
- Illera, J. C., Spurgin, L. G., Rodriguez-Exposito, E., Nogales, M., & Rando, J. C. (2016). *What are we learning about speciation and extinction from the Canary Islands?. Ardeola*, 63(1), 15-33.
- Kondraskov, P., Schütz, N., Schüßler, C., de Sequeira, M. M., Guerra, A. S., Caujapé-Castells, J., y Thiv, M. (2015). *Biogeography of mediterranean hotspot biodiversity: re-evaluating the tertiary relict hypothesis of Macaronesian laurel forests. PloS one*, 10(7), e0132091.
- Florencio, M., Patiño, J., Nogué, S., Traveset, A., Borges, P. A., Schaefer, H., ... y Santos, A. (2021). *Macaronesia as a fruitful arena for ecology, evolution, and conservation biology. Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 718169.
- Hernández-Teixidor, D., Díaz-Luis, N., Medina, F. M., & Nogales, M. (2020). *First record of geckos visiting flowers in the Palaearctic Ecozone. Current Zoology*, 66(4), 447-448.



Nattier, R., Pellens, R., Robillard, T., Jourdan, H., Legendre, F., Caesar, M., ... y Grandcolas, P. (2017). *Updating the phylogenetic dating of New Caledonian biodiversity with a meta-analysis of the available evidence*. *Scientific Reports*, 7(1), 3705.

Nogales, M., Heleno, R., Rumeu, B., González-Castro, A., Traveset, A., Vargas, P., y Olesen, J. M. (2016). *Seed-dispersal networks on the Canaries and the G alápagos archipelagos: interaction modules as biogeographical entities*. *Global Ecology and Biogeography*, 25(7), 912-922.

Pérez-Méndez, N., Jordano, P., García, C., y Valido, A. (2016). *The signatures of Anthropocene defauna: cascading effects of the seed dispersal collapse*. *Scientific reports*, 6(1), 24820.

Patiño, J., & Vanderpoorten, A. (2015). *Macaronesia is a departure gate of anagenetic speciation in the moss genus Rhynchostegiella*. *Journal of Biogeography*, 42(11), 2122-2130.

Pinho, C. D. J. C. S. (2018). *Metabarcoding Analysis of Endemic Lizards' Diet for Guiding Reserve Management in Macaronesia Islands* (Doctoral dissertation, Universidade do Porto (Portugal)).

Raposeiro, P. M., Hughes, S. J., Costa, A. C., y Cruz A. M. (2012). *Azorean freshwater invertebrates: status, threats and biogeographical notes*. *Linnetica*, 31, 13-22.

Silva, L., Ojeda Land, E., Rodriguez Luengo, J. L., Borges, P. A., Oliveira, P., y Jardim, R. (2008). *Invasive alien species in Macaronesia. Invasive Terrestrial Flora & Fauna of Macaronesia. TOP 100 in Azores, Madeira and Canaries*, 159-165.

Valente, L., Phillimore, A. B., Melo, M., Warren, B. H., Clegg, S. M., Havenstein, K., ... y Etienne, R. S. (2020). *A simple dynamic model explains the diversity of island birds worldwide*. *Nature*, 579(7797), 92-96.

Whittaker, R. J., Fernández-Palacios, J. M., Matthews, T. J., Borregaard, M. K., & Triantis, K. A. (2017). *Island biogeography: taking the long view of nature's laboratories*. *Science*, 357(6354), eaam8326.

Participante: Ci-661

Ruta INTI