

[English version](#)



La diversidad de artrópodos terrestres en los archipiélagos de Madeira y Salvajes

Mário Boeiro^{1,2}, António Franquinho Aguiar³, Carla Rego^{1,2},
Paulo A.V. Borges^{1,2} & Artur R.M. Serrano⁴

¹ cE3c – Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes / Azorean Biodiversity Group and Universidade dos Açores - Departamento de Ciências Agrárias, 9700-042 Angra do Heroísmo, Açores, Portugal.

² CITA-A and Portuguese Platform for Enhancing Ecological Research & Sustainability (PEERS).

³ Núcleo de Entomologia, Laboratório Agrícola da Madeira, 9135-372 Camacha, Madeira, Portugal.

⁴ cE3c – Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes / Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 1749-016 Lisboa, Portugal.

1. Los archipiélagos de Madeira y Salvajes

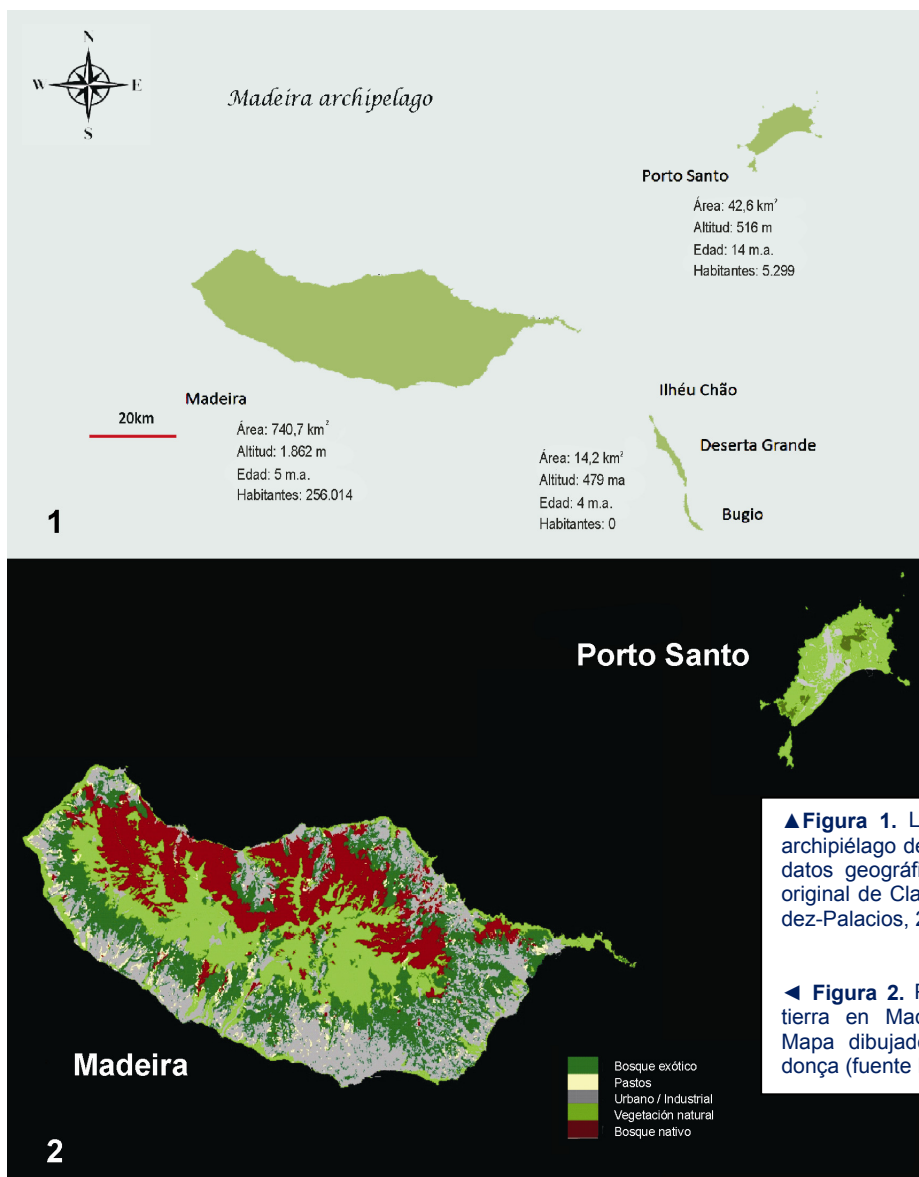
Los archipiélagos de Madeira y Salvajes están situados en el Atlántico oriental, entre 30-33°N y 15-17°O, y forman parte de la región biogeográfica de la Macaronesia.

El archipiélago de Madeira lo forman la isla de Madeira y Porto Santo, con los islotes que las rodean, y las islas Desertas, que incluyen Deserta Grande, Bugio e Ilhéu Chão (Fig. 1). El archipiélago está a 1000 km de la Península Ibérica, pero la distancia a la costa más cercana (Marruecos) es sólo de 600 km. Todas las islas del archipiélago de Madeira son de origen volcánico y se han formado a partir de un único sistema volcánico - el complejo de Madeira-Porto Santo.

La orografía escarpada y el rango altitudinal de la isla de Madeira hacen que presente diferentes tipos de hábitats distribuidos a lo largo del gradiente altitudinal (ver la Lámina I). En el piso de menor altura, la vegetación de la costa y las zonas arbustivas están dominadas por especies de arbustos esclerófilas, xerófilas y termófilas como *Euphorbia piscatoria*, *Maytenus umbellata* y *Sideroxylon mirmulans*. A alturas intermedias el bosque nativo relicto - la Laurisilva - cubre una zona considerable. Este bosque está dominado por especies de la familia Lauraceae, como *Apollonias barbujana*, *Laurus canariensis*, *Ocotea foetens* y *Persea indica*, junto a otras especies de árboles como *Clethra arborea*, *Ilex perado* y *Morella faya*. Madeira tiene la mayor superficie de Laurisilva (~15.000 ha), con un total de un quinto del área total de la isla y con un gran número de fragmentos prístinos, lo que ha conducido a su clasificación como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO (IUCN, 1999).

La mayor parte de la Laurisilva está incluida en el Parque Natural de Madeira y está protegida por legislación regional, nacional e internacional (Menezes *et al.*, 2005a). Además, la Laurisilva de Madeira se considera un hábitat prioritario bajo la Directiva Hábitats, y ha sido designado como parte de la red Natura 2000. El margen superior de la Laurisilva y las zonas por encima (entre 1400-1650 m) están dominadas por arbustos, con dos especies dominantes de *Erica* (*E. arborea* y *E. platycodon maderincola*). Por encima de 1650 m la vegetación está compuesta por un mosaico de tres comunidades rupícolas a diferentes altitudes, en su mayoría representadas por pequeños arbustos o por herbáceas (por ejemplo, *Aeonium glandulosum*, *Deschampsia maderensis*, *Parafestuca albida*, *Thymus micans*). En Porto Santo y Desertas la cubierta vegetal dominante está compuesta por comunidades de herbáceas, aunque también se encuentran, formando mosaicos, algunas especies de árboles y arbustos esclerófilos y termófilos, como *Artemisia argentea*, *Echium nervosum*, *Euphorbia piscatoria*, *Jasminum odoratissimum* y *Olea europaea maderensis*. En Neves *et al.* (1996) o Capelo (2004) se puede encontrar información detallada de la vegetación nativa del archipiélago de Madeira, y en particular de la Laurisilva.

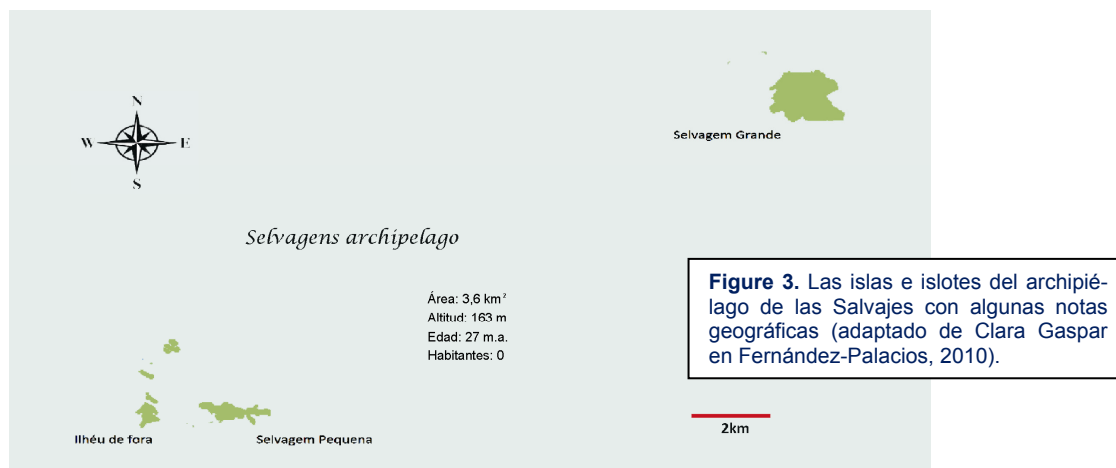
En Madeira y Porto Santo parte de la superficie está también cubierta por plantaciones forestales (Uva, 2008) (Fig. 2; Lámina I). En Porto Santo, se ha plantado pino (*Pinus halepensis*) y ciprés (*Cupressus macrocarpa*) en las cimas de las montañas y en el extremo suroeste, para minimizar el efecto de la



▲ **Figura 1.** Las islas e islotes del archipiélago de Madeira con algunos datos geográficos (adaptado de un original de Clara Gaspar en Fernández-Palacios, 2010).

◀ **Figura 2.** Principales usos de la tierra en Madeira y Porto Santo. Mapa dibujado por Enésima Mendonça (fuente DROTA).

erosión y combatir la desertificación. En Madeira la mayor parte del bosque cultivado está en las vertientes sur y a baja o media altitud, y se han plantado por razones económicas. Las plantaciones dominantes son de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) y pino (*Pinus* spp.), aunque de forma más localizada también son importantes la acacia (*Acacia* spp.) y el castaño (*Castanea sativa*). En los últimos años el abandono de las plantaciones y el impacto del nematodo de la madera del pino están teniendo como consecuencia cambios significativos en las plantaciones forestales de Madeira. Desde su colonización por el hombre, la cobertura natural del archipiélago de Madeira ha sufrido una destrucción progresiva, que ha conducido a una situación dramática en muchas áreas de Madeira y Porto Santo. A pesar de continuados esfuerzos a lo largo de los siglos para controlar la deforestación para obtener madera y combustible, para evitar el uso de fuego para crear pastos y para limitar el efecto negativo del pastoreo de cabras y ovejas, la situación no ha hecho más que empeorar. No fue hasta la segunda mitad del siglo XX (entre 1952 y 1972) cuando se puso en marcha un gran programa para recuperar la cobertura vegetal del archipiélago de Madeira por parte del Servicio Forestal (Andrada, 1990). Esta empresa ambiciosa y multidisciplinar se estructuró en diferentes modalidades, entre las que han jugado un papel determinante el establecimiento de viveros para plantas nativas, actividades de restauración forestal e iniciativas para proteger el suelo de la erosión. La obligación de evitar prácticas dañinas y la creciente percepción de la necesidad urgente de valorar y preservar el patrimonio natural de Madeira por parte tanto de organizaciones regionales o nacionales como del público en general ha conducido a una voluntad generalizada del establecimiento de áreas protegidas en la isla de Madeira. Así, en 1982 se creó el Parque Natural de Madeira, con el objetivo de conservar e incrementar el patrimonio natural y cultural, promover el uso sostenible de los recursos naturales y potenciar el bienestar social y económico de las comunidades locales. Actualmente la red de zonas protegidas en los archipiélagos de Madeira y las Salvajes incluye la Reserva Natural de las Islas Salvajes, el Parque Natural de Madeira, la Reserva Natural Parcial de Garajau, la Reserva Natural de las Islas Desertas, la Reserva Natural de Rocha do Navio y la red de áreas protegidas marinas de Porto Santo, así como otras áreas incluidas en la Red Natura 2000 (Freitas *et al.*, 2004, 2011; Menezes *et al.*, 2004, 2005a, 2005b; Medeiros *et al.*, 2010; ver también <http://www.pnm.pt/>). Los hábitats de agua dulce están



poco representados en el archipiélago, con la excepción de la Isla de Madeira, que presenta una compleja red hidrográfica con numerosos arroyos y sus afluentes con una muy buena calidad ambiental y del agua, particularmente en las zonas próximas a las cabeceras en el norte de Madeira. Aguas abajo y cerca de las desembocaduras la mayoría de arroyos presenta una baja calidad del agua debido a la contaminación (sobre todo orgánica) y la alteración física del entorno (Hughes & Furse, 2001).

En el archipiélago de Madeira la población supera las 260.000 personas (DREM, 2014). La mayoría viven en la Isla de Madeira, en particular en las poblaciones del sur de la isla, en la que están la mayoría de infraestructuras, industria y servicios. En Porto Santo viven solo unas 5.000 personas, la mayoría en los alrededores la capital Vila Baleira. Además de la población residente, el archipiélago de Madeira recibe alrededor de un millón de visitas al año, que acuden a Madeira en busca de buen tiempo y para disfrutar de una gran variedad de actividades culturales o en la naturaleza (como observación de aves o de ballenas, senderismo o paseos por las coladas volcánicas). Durante la pasada década se ha producido una construcción masiva en varias zonas de Madeira, particularmente en los alrededores de Funchal, y la red de carreteras asfaltadas se ha extendido considerablemente conduciendo a una mayor movilidad de la gente y de bienes a través de la isla, con la posibilidad de alcanzar lugares que antes eran inaccesibles.

El archipiélago de las Salvajes está compuesto de Salvaje Grande, Salvaje Pequeña y Ilhéu de Fora (Fig. 3), y se sitúa 175 km al norte de las Islas Canarias. Estas islas están entre las más antiguas de la Macaronesia (27 ma) y representan las últimas fases del ciclo de vida de las islas, cuando se allanan debido a la erosión y tienden a desaparecer por debajo del nivel del mar (Fernández-Palacios & Whittaker, 2010). La vegetación de las Salvajes está dominada por pequeños arbustos y herbáceas xerófitas y halófilas, incluyendo algunos endemismos como dos especies de *Lobularia canariensis* y las nativas *Astydemia latifolia*, *Frankenia laevis*, *Limonium papillatum*, *Schizogyne sericea* y *Suaeda vera*.

A pesar de los intentos de colonización, la falta de agua potable y el entorno adverso fueron obstáculos insuperables para el asentamiento permanente en las Salvajes. Algunas de las características geográficas de los archipiélagos de Madeira y las Salvajes se resumen en las Figuras 1 a 3. Información adicional sobre estos archipiélagos se puede encontrar en la literatura especializada (ver Menezes *et al.*, 2004, 2005a, 2005b; Fernández-Palacios, 2010; Freitas *et al.*, 2011; Ulbrich, 2014 y otras referencias en estos trabajos).

2. Historia del conocimiento de los artrópodos terrestres

Los primeros datos de visitas de naturalistas al archipiélago de Madeira se remontan a fines del siglo XVII, más concretamente al médico y naturalista británico Hans Sloane en 1687. De cualquier forma, se sabe que al parecer las primeras muestras de insectos no se recolectaron hasta 1768, durante la primera expedición del Capitán James Cook, que a pesar de tener como misión secreta del Almirantazgo encontrar la hipotética *Terra Australis Incognita* también realizó otras actividades científicas, como el estudio de la fauna y la flora de los territorios descubiertos. El equipo científico a bordo del HMS Endeavour estaba encabezado por el botánico y aristócrata Sir Joseph Banks (1743-1820) y el botánico sueco Daniel Carlsson Solander (1733-1782). El equipo también incluía a Herman Dietrich Spöring (1733-1771), un finlandés muy diestro en el manejo de instrumentos científicos, que estaba a cargo del mantenimiento del instrumental y de catalogar los descubrimientos de la expedición. De camino a Brasil, y de acuerdo al diario de la expedición de Banks, el Endeavour ancló en la bahía de Funchal el 12 de septiembre. Al día siguiente Banks y Solander fueron recibidos por el cónsul británico en la isla, Mr. Cheap, que les ofreció refugio y todos los recursos y los hombres necesarios para ayudarles en la exploración de la isla. Durante los cinco días siguientes buscaron plantas, conchas, peces e insectos. Dado el poco tiempo disponible la expedición apenas exploró más allá de cinco kilómetros alrededor de Funchal, y a juzgar por lo que Banks escribió en su diario parece que los resultados fueron un tanto decepcionantes: "*la época del año era sin duda la peor tanto para plantas como para insectos*". ¿Qué ha sido de estas primeras muestras de insectos recolectadas en Madeira? Se sabe que Johan Christian Fabricius (1745-1808), un botánico y entomólogo danés que había sido estudiante de Carolus Linnaeus visitó regularmente Londres durante ese verano, en donde estudió muchas colecciones entomológicas de naturalistas ingleses como Banks y Dru Drury. Fue



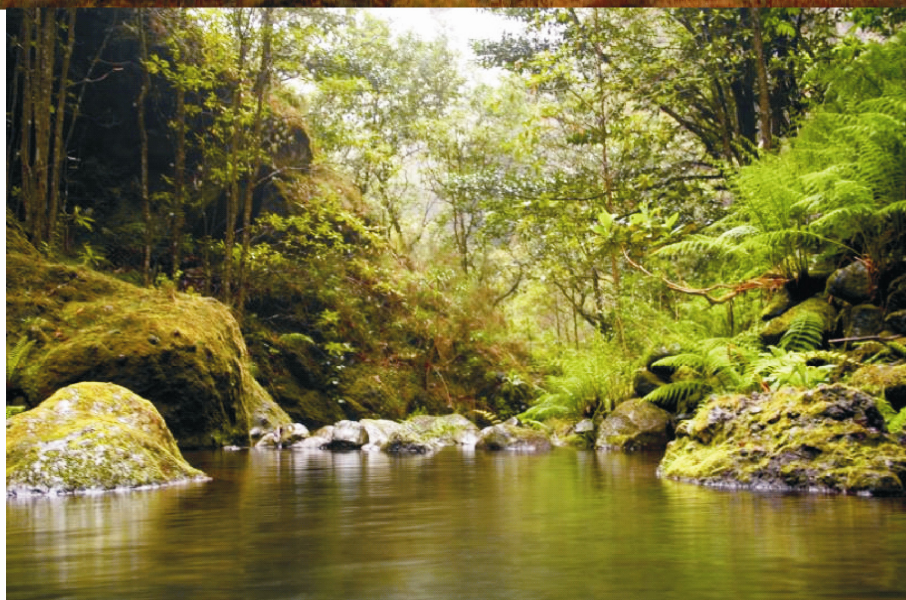
A



B



C



D

Lámina I. Algunos hábitats del archipiélago de Madeira: **A.** vegetación costera en Ilhéu Chão; **B.** cubierta herbácea en Porto Santo; **C.** pradera con arbustos en Ilhéu Chão; **D.** laurisilva. A-C: © A.R.M. Serrano; D: C. Viveiros.

probablemente durante una de estas excursiones cuando Fabricius tuvo acceso a los ejemplares de la colección Banks de Madeira, y como resultado describió varias especies endémicas en su *Entomologia Systematica Emendata et Aucta*, publicado entre 1792 y 1799, como la mariposa *Pararge xiphia*, los escarabajos *Meladema lanio* y *Ellipsodes glabrata* y la hormiga león *Dystoleon catta*.

Otros naturalistas visitaron Madeira tras Banks y Solander, pero fue solo a mediados del siglo XIX cuando el estudio de los insectos del archipiélago avanzó de manera notable, tanto cualitativa como cuantitativamente, de la mano de Thomas Vernon Wollaston (1822-1878). El joven Wollaston, con una licenciatura de Cambridge y miembro de las famosas *Linnean* y *Cambridge Philosophical Society*, tenía 24 años cuando le diagnosticaron tuberculosis. Como era común en la época, los doctores le recomendaron una estancia prolongada en Madeira durante su convalecencia. En esta primera visita a la isla, de octubre de 1847 a mayo de 1848, Wollaston se hizo amigo del reverendo Richard Thomas Lowe (1822-1878), un notable naturalista británico y cabeza visible de la iglesia anglicana en Madeira. Lowe, muy interesado él mismo en plantas y moluscos, convence a Wollaston para que recolecte insectos y conchas, lo que hizo inicialmente sin ningún propósito definido, simplemente para pasar el tiempo en una isla remota. Su viaje de vuelta a Inglaterra agravó de tal manera su salud que seis meses después Wollaston decide volver para una segunda estancia en Madeira. Esta vez Wollaston está decidido a recolectar insectos y publicar el resultado, de modo que desde noviembre de 1848 a junio de 1849 hace recolecciones en Madeira, Porto Santo y Desertas. Al año siguiente vuelve para una tercera estancia desde mayo a septiembre, con un entusiasmo imparable; equipado con una tienda de campaña, muestreó sistemáticamente la isla principal. El enorme volumen de datos recopilados culmina en su obra maestra *Insecta Maderensia*, publicada en 1854, en la que lista más de 500 especies de Coleoptera, y tres años más tarde le sigue el *Catalogue of the coleopterous insects of Madeira in the collection of the British Museum*, que da una visión general de la distribución de las especies de coleópteros en el archipiélago de Madeira. En 1865 Wollaston publica el *Coleoptera Atlantidum*, un catálogo de todas las especies conocidas en ese momento de los archipiélagos de Madeira, incluyendo a las Islas Salvajes, y de las Canarias. Hasta su temprana muerte en 1878 Wollaston visitaría el archipiélago de Madeira varias veces más, y publicó varios libros de la fauna de coleópteros de otros archipiélagos atlánticos, como Cabo Verde (1867) y Santa Helena (1877). Este impresionante legado de producción científica incluye ocho libros y 33 artículos, con un total de más de 3.000 páginas describiendo más de 1.000 especies de escarabajos y otros insectos (Machado, 2006).

El trabajo de Wollaston fue muy importante para atraer la atención de la comunidad científica internacional hacia una región todavía poco explorada, con la promesa de la existencia de muchas especies nuevas por descubrir. Hasta el final del siglo XIX y el principio del XX muchos otros naturalistas y entomólogos visitaron el archipiélago haciendo valiosas contribuciones, aunque fue solo hacia la mitad del siglo XX cuando se organizó la primera expedición científica cuyo objetivo principal era la recolección de artrópodos. Entre julio y agosto de 1935 un equipo del Museo Sueco de Historia Natural dirigido por el zoólogo Carl Olov Lundblad (1890-1970), especialista en ácaros acuáticos, recolectó una enorme cantidad de insectos, arañas, ácaros, garrapatas y pseudoscorpiones. Todo este material fue estudiado más tarde por muchos especialistas, y los resultados se publicaron en varios volúmenes de la revista *Arkiv för Zoologi* entre 1938 y 1958. Entre los contribuyentes, el hemipterólogo William Edward China (1895-1979) produjo el catálogo más completo hasta la fecha de los hemípteros terrestres de Madeira (China, 1938), que incluyó también material todavía poco estudiado recolectado por Wollaston y depositado en el British Museum, del que China era conservador asistente. El mismo Lundblad publicó una extensa lista de coleópteros, actualizando el conocimiento de este grupo de insectos (Lundblad, 1958).

Richard Frey (1886-1965), un entomólogo finlandés, organizó una expedición a Madeira y las Azores junto a Ragnar Stora y Carl Cedercreutz, la "*Iter entomologicum et botanicum ad insulas Madeiram et Azores anno 1938*". Frey, que estaba interesado particularmente en Diptera, publicó sus hallazgos, incluyendo la descripción de especies nuevas, algunos años más tarde en un trabajo en *Commentationes Biologicae* (Frey, 1949).

Casi dos décadas más tarde, en diciembre de 1957, dos miembros de la Royal Entomological Society, A. E. Gardner y Eric W. Classey, estuvieron en Madeira recolectando insectos. Aunque la época del año no era la mejor se las apañaron para recolectar más de un millar de ejemplares de diferentes grupos de insectos, incluyendo algunas series de muchas especies raras. Publicaron sus resultados en 1960 y 1962 en dos artículos del *Proceedings of the South London Entomological and Natural History Society*.

Más o menos por la misma época Håkan Lindberg, profesor en la Universidad de Helsinki, organizó dos expediciones por todo el archipiélago, la primera en junio-julio de 1957, y la segunda en abril-mayo de 1959. La mayor parte del material recolectado en las dos expediciones se depositó en el Museo Finlandés de Historia Natural, y los resultados se publicaron en al menos dos volúmenes de la *Societas Scientiarum Fennica – Commentationes Biologicae*, uno por el mismo Lindberg en 1961, dedicado totalmente a los Hemiptera, y otro en 1963 con 20 artículos de diferentes autores sobre los Coleoptera encontrados en las expediciones. El volumen de 1961, titulado "*Hemiptera Insularum Madeirensium*", cataloga todos los Heteroptera, Cicadomorpha y Fulgoromorpha recolectados durante las expediciones. Este volumen también incluye dos contribuciones del especialista alemán en miridos Eduard Wagner (1896-1978), una de ellas una extensa revisión del género *Chinacapsus* Wagner, 1961, endémico de Madeira, y el género *Lindbergocapsus* Wagner, 1961, endémico de las Islas Canarias. También basándose en el material recolectado durante las expediciones de Lindberg, Marina Mikhailovna Loginova publicó en 1976 un primer estudio extensivo de los psílidos de Madeira. El artículo "*Psyllids of the Canary Islands and Madeira*" lista 29 especies, 20 de ellas nuevas para la ciencia.

Parece que las Islas Atlánticas fueron un destino particularmente favorecido por los entomólogos nórdicos, ya que en 1957 se organizó otra expedición, esta vez sueca, por dos profesores de la Universidad de Lund, Per Brinck y Erik Dahl. Estos científicos estuvieron en las Azores desde febrero a abril y en

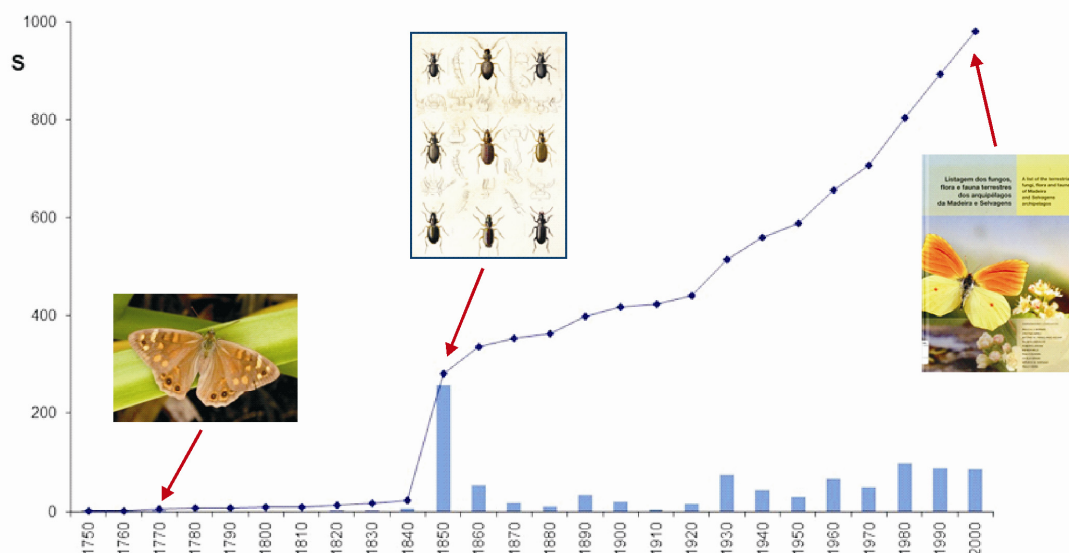


Figura 4. Descripción de los artrópodos terrestres endémicos (S) de los archipiélagos de Madeira y las Salvajes por década (columnas) y su valor acumulado a lo largo del tiempo (rombos). Se destacan tres fechas clave: la descripción de uno de los primeros endémicos, *Pararge xipha* (Fabricius, 1775); la publicación de *Insecta Maderensia* por Wollaston en 1854 y la publicación reciente de la lista de especies de la fauna y flora de los archipiélagos de Madeira y las Salvajes (foto por A.M.F. Aguiar).

Madeira la segunda mitad de abril. La mayor parte del material recolectado durante esta expedición está depositado en el Museo Zoológico de la Universidad de Lund, y una parte importante de los resultados se publicaron en el volumen de 1960 del *Boletim do Museu Municipal do Funchal*.

Entre febrero y marzo de 1976 el Museo de Historia Natural de Tenerife (España) organizó la expedición científica "Agamenon 76" para estudiar la zoología, botánica y geología de las Salvajes. Los resultados se publicaron en 1978 en un único volumen del *Aula de Cultura de Tenerife*, titulado "Contribución al estudio de la Historia Natural de las Islas Salvajes".

El eminente afidólogo portugués Fernando Albano Ilharco, investigador de la Estación Agronómica Nacional (Portugal), organizó dos expediciones en 1966 y 1980 con soporte financiero de la fundación Calouste Gulbenkian. Durante estas expediciones se visitaron las principales islas habitadas de Madeira y Porto Santo, así como Deserta Grande en el segundo viaje. El material recolectado está depositado en la Estación Agronómica Nacional, y los resultados se publicaron en varios artículos de las revistas *Agronomia Lusitana*, *Boletim da Sociedade Portuguesa de Entomologia* y *Boletim do Museu Municipal do Funchal*.

En 1980 también se organizó la primera expedición científica multidisciplinar a los archipiélagos de Madeira y las Salvajes por un equipo de zoólogos portugueses de la facultad de ciencias de Lisboa y el Museo Nacional de Ciencia e Historia Natural. La conocida como "Misión Zoológica" se llevó a cabo entre abril y mayo, y estaba orientada al muestreo de pájaros e insectos. Durante la expedición se recolectaron varios cientos de ejemplares de 25 órdenes de insectos, y los resultados se publicaron principalmente en las revistas *Bocagiana*, *Boletim do Museu Municipal do Funchal* y *Arquivos do Museu Bocage* durante la década siguiente. Desde 1980, varios expertos taxónomos europeos como Reinhard Remane, Rauno Linnavuori y Richard Strassen, recibieron ejemplares de Madeira para su estudio, y han colaborado en la dura tarea de describir y catalogar la fauna de artrópodos terrestres de estas islas.

Durante las décadas posteriores a la expedición tanto el interés creciente en la biodiversidad de Madeira como la facilidad para viajar a las islas potenció la visita de muchos taxónomos expertos. En consecuencia, el conocimiento de la biodiversidad de artrópodos de Madeira se ha incrementado considerablemente. Así, entre otros, queremos destacar las contribuciones extraordinarias hechas por Dieter Erber (Coleoptera), Henrik Enghoff (Diplopoda), Joerg Wunderlich (Araneae), Luis Subías (Acari), Marcos Báez (Diptera), Ole Karsholt (Lepidoptera), Volker Assing (Coleoptera) y sus colegas. Además, se debe señalar que durante este periodo también se hicieron algunas expediciones entomológicas al archipiélago de las Salvajes, que produjeron nuevos descubrimientos: una expedición de la Universidad de Manchester en 1984 y la expedición científica "Macaronesia 2000" organizada por el Museo de Historia Natural de Tenerife en 1999. Los primeros resultados de esta última expedición se publicaron en el volumen de 2001 de la *Revista de la Academia Canaria de Ciencias*. El ritmo de descripción de nuevos artrópodos terrestres endémicos de Madeira y las Salvajes se ha mantenido relativamente alto desde 1980, aunque puede no parecer tan impresionante si se compara con el trabajo excepcional de Thomas Wollaston durante la década de 1850 (Fig. 4).

A pesar de todo, sólo en una fecha tan reciente como 2008 se hizo accesible en un único documento el conocimiento global de los artrópodos terrestres de los archipiélagos de Madeira y las Salvajes, con un listado de 3.891 especies y subespecies. Esto fue el resultado del esfuerzo de un equipo de más de 70 entomólogos coordinados por uno de nosotros (P.A.V. Borges) en un proyecto dirigido por la Universidad de las Azores y financiado por las organizaciones del medio ambiente de Madeira. La lista de la diversidad taxonómica de Madeira y las Salvajes se completó con dos trabajos importantes en los que se identificaban las prioridades de conservación en el ámbito de la Macaronesia, con el objetivo de proteger

las especies nativas y al mismo tiempo controlar las especies invasoras (Martín *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2008). Se identificó a cuatro artrópodos endémicos –*Chrysolina fragariae*, *Deucalion oceanicum*, *Gonepteryx maderensis*, *Paradeucalion desertarum*– como necesitados de medidas urgentes de conservación en Madeira y las Salvajes, y se destacó la necesidad imperiosa de promover el control de las poblaciones de varias especies perjudiciales de artrópodos introducidos. Más recientemente nuestro equipo coordinó un libro con contribuciones de 26 autores en el que se discutían hallazgos recientes de los artrópodos terrestres de Madeira y la Macaronesia, y se presentaban perspectivas para trabajos futuros en el campo de la diversidad, la ecología y la evolución (Serrano *et al.*, 2010). En el campo de la entomología aplicada en Madeira se han sucedido varios intentos de control biológico de plagas de insectos mediante la introducción de predadores y parasitoides exóticos. Aunque no siempre han tenido éxito, estos intentos han sido importantes para la transferencia de tecnología. A finales de los años 1930 se crió localmente en cautividad al coccinélido *Rodolia cardinalis* para su liberación por granjeros locales para el control del cóccido exótico *Icerya purchasi*, por aquel entonces una plaga importante de los cítricos. El predador y la población del cóccido se han controlado hasta el punto de que actualmente se la considera una plaga poco importante. En los años 1970 los Servicios Agrícolas locales importaron de Francia (de la Estación de Investigación de Antibes – INRA) un pequeño número del parasitoide eulópido *Cales noacki* para un intento (exitoso) de implantación de la especie para combatir la mosca blanca algodonosa de los cítricos, *Aleurothrixus floccosus*. A mediados de los 1990, bajo el programa IPM financiado por la EU para combatir a diferentes plagas de los cítricos, se hizo otra introducción con éxito, esta vez desde Israel: se liberó al parasitoide encrírido *Ageniaspis citricola* para controlar el minador de las hojas de cítricos *Phyllocnistis citrella*. Algunos años más tarde, en el centro de Funchal se está combatiendo una infestación severa de la decorativa jacaranda malva por la cochinilla blanca menor de los cítricos *Insignorthezia insignis*. Se ha decidido implementar un nuevo programa de control biológico, y se han establecido contactos con la Oficina Agrícola Internacional de la Commonwealth (Commonwealth Agricultural Bureau International), a través de la cual se ha importado de Kenya, en 2002, una pequeña cantidad (menos de 200 ejemplares adultos) del coccinélido predador *Hyperaspis pantherina*. Parte de esta muestra se soltó y el resto se ha utilizado para iniciar una colonia de cría para la reproducción masiva. Se implementaron algunos cambios en la metodología de cría de este coccinélido que resultaron en un incremento del 75% en la producción de ejemplares adultos. Las nuevas instalaciones de cría que se crearon permanecieron activas durante tres años, y durante este periodo se liberaron más de 110.000 ejemplares de coccinélido en Funchal y alrededores (Félix *et al.*, 2004, 2005).

El programa más extenso y caro que se ha desarrollado en Madeira en contra de un insecto plaga fue la aplicación de SIT (*Sterile Insect Technique*) para controlar la mosca de la fruta mediterránea, *Ceratitis capitata*. Financiado también por la EU bajo el programa POSEIMA/Madeira, se construyó una planta de producción de moscas estériles en 1996. El éxito de esta técnica requiere la producción masiva de insectos a un coste relativamente bajo, y en la época ésta fue la primera y única planta en Europa con una capacidad de producción semanal de 50 millones de machos esterilizados. Fue también la primera en utilizar una cepa de *C. capitata* mejorada genéticamente, la cepa *tsl* (*temperature sensitive lethal*, o letal sensible a la temperatura), que permite la eliminación de las hembras en la fase de huevo o de larva neonata y por tanto produce sólo machos esterilizados (Pereira, 1999). La planta mantuvo la producción durante 15 años, con sueltas de machos de manera continuada en las islas de Madeira y Porto Santo, y al mismo tiempo exportando el excedente de pupas a Israel y Marruecos.

Finalmente, es interesante mencionar que tres grupos de insectos, los macroinvertebrados acuáticos, los carábidos y las especies de *Drosophila*, se han estudiado con detalle bajo una perspectiva de ecología y ecología evolutiva aplicada, demostrando la utilidad de los artrópodos de Madeira como organismos modelo. Los macroinvertebrados acuáticos se han utilizado como bioindicadores para evaluar la calidad del agua de los arroyos de la isla de Madeira, contribuyendo a un mayor conocimiento de la integridad ecológica de la red hidrográfica y conduciendo además a algunos hallazgos taxonómicos interesantes (Hughes *et al.*, 1998; Hughes & Furse, 2001; Hughes, 2006). Los coleópteros carábidos se han utilizado como bioindicadores ecológicos y de biodiversidad, para estimar el valor de diferentes fragmentos de laurisilva para su conservación (Serrano & Aguiar, 1997, 1998; Boieiro *et al.*, 2013b). Por otra parte, algunos estudios genéticos, ecológicos y etológicos de dos especies hermanas de *Drosophila* –la endémica *D. madeirensis* y la nativa *D. subobscura*– han contribuido a esclarecer los mecanismos de diversificación de especies y de aislamiento reproductivo en especies muy próximas (Khadem & Krimbas, 1996; Rego *et al.*, 2006).

Cualquier entomólogo que estudie de forma activa o que esté simplemente interesado en los insectos de estas islas debería saber que actualmente hay al menos cuatro colecciones institucionales de insectos en Madeira. En Funchal podemos encontrar la colección del Museo de Historia Natural de Funchal, que incluye una pequeña selección de insectos para su exhibición al público, aunque la colección principal es de acceso limitado. El Departamento de Biología de la Universidad de Madeira, situado en el Campus de Penteada, tiene su colección entomológica propia, resultado de las muestras acumuladas en varios proyectos llevados a cabo en todo el archipiélago. Los restos de la colección histórica del Museo del Seminario, resultado del trabajo dedicado de varios sacerdotes, se han recuperado y catalogado recientemente, y actualmente se conservan en un pequeño museo de historia natural alojado en el Jardín Botánico de Funchal. La cuarta colección entomológica es la del Laboratorio Agrícola de Madeira, situado cerca de Camacha, que contiene cerca de 30.000 ejemplares, y que, aunque también tiene un valor más general, es una referencia especialmente importante para las especies de interés económico. Otras instituciones, tanto en Portugal continental como en el extranjero, también tienen colecciones de artrópodos de los archipiélagos de Madeira y las Salvajes, incluyendo material tipo resultado de expediciones individuales o colectivas, o que fue donado o vendido por sus propietarios.



Lámina II. Artrópodos endémicos del archipiélago de Madeira: **A.** la termita *Postelectrotermes praecox*; **B.** la efémera *Cloeon peregrinator*; **C.** la mariposa *Hipparchia maderensis*; **D.** la abeja *Amegilla maderae*; **E.** el carábido *Eurygnathus latreillei*; **F.** el tenebriónido *Hadrus* sp. A, C, E, F: © A.R.M. Serrano; B: © A.M.F. Aguiar; D: © C. Rego.

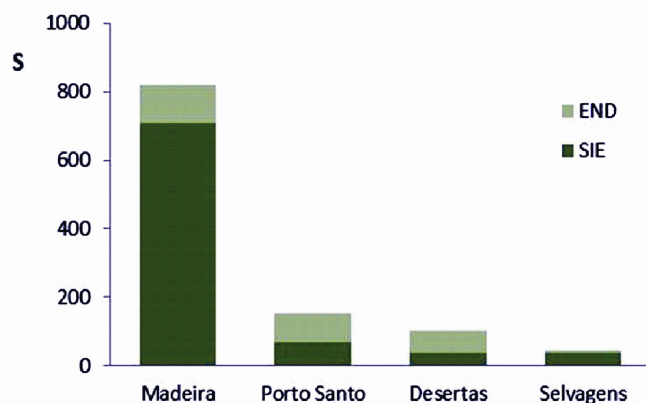


Figura 5. Número de taxones de artrópodos terrestres endémicos (END) en la isla de Madeira y el archipiélago de las Salvajes. Los endémicos restringidos a una isla o un grupo de islas (SIE, "single island endemics") se destacan en verde oscuro.

3. La biodiversidad de los artrópodos terrestres

En conjunto, los archipiélagos de Madeira y Salvajes presentan una diversidad considerable en especies y en formas de vida endémicas. La lista de las especies de artrópodos terrestres de los archipiélagos de Madeira y Salvajes se ha actualizado recientemente a partir de una revisión bibliográfica y de ejemplares de colecciones de historia natural, además de incluir información inédita (Borges *et al.*, 2008a). Esto solo ha sido posible gracias a la colaboración de muchos taxónomos expertos, y será a partir de ahora una referencia importante para la biodiversidad de los archipiélagos de Madeira y Salvajes.

El número de taxones de artrópodos terrestres citado de los archipiélagos de Madeira y Salvajes es respectivamente 3.801 y 201, entre los que hay un número significativo de endemismos (Borges *et al.*, 2008b) (ver Tabla I; Fig. 5; Lámina II). Madeira, la isla más grande, con una orografía compleja y con el número mayor de diferentes tipos de hábitat, destaca claramente sobre las otras islas de los dos archipiélagos tanto en la riqueza de especies como en el número de taxones endémicos. Sin embargo, también se debe tener en cuenta que la biodiversidad de Madeira se ha estudiado más en detalle, ya que esta isla ha sido el objetivo de varias expediciones de historia natural y muchas visitas de taxónomos expertos de todo el mundo (ver la sección anterior).

La fauna de artrópodos terrestres de Madeira y las Salvajes presenta una elevada proporción de especies nativas (68%), pero el número de especies introducidas es considerable y se puede esperar que siga aumentando debido al creciente transporte de personas y bienes desde diferentes puntos del globo (Pombo *et al.*, 2010a). El porcentaje de taxones endémicos es considerable, y es de notar que muchos de los taxones endémicos de los archipiélagos de Madeira y las Salvajes lo son de una única isla (es decir, están presentes en solo una isla) o están restringidos a unas pocas islas o islotes pequeños (Desertas o Salvajes) (Fig. 5). Además, hay un número de especies nativas que además de encontrarse en los archipiélagos de Madeira o Desertas solo se encuentran en las Azores y/o en Canarias (es decir, son exclusivos de la Macaronesia).

A pesar del gran número de especies citadas de los archipiélagos de Madeira y las Salvajes, el conocimiento actual de la diversidad taxonómica de estas islas está lejos de ser completo, como se destaca en un trabajo reciente (Lobo & Borges, 2010). Así lo confirman descubrimientos recientes, incluso en grupos de artrópodos bien estudiados (Caldara & Aguin-Pombo, 2008; Donabauer, 2008; Esser, 2008; Schimmel, 2008; Serrano *et al.*, 2009; Wrase, 2010; Machado, 2012; Kratochvil & Scheuchl, 2013; Crespo *et al.*, 2014; Reboleira & Enghoff, 2014; Rego *et al.*, 2014; Rota *et al.*, 2014). Se deberían potenciar los esfuerzos para explorar los hábitats y las regiones menos conocidas, y centrarse en algunos grupos de artrópodos hiperdiversos todavía poco conocidos, como los Acari, Araneae, Diptera e Hymenoptera (Lobo & Borges, 2010).

Entre los diferentes grupos de artrópodos terrestres citados de los archipiélagos de Madeira y las Salvajes los coleópteros son claramente dominantes en número de especies y endémicos, seguidos de los himenópteros, dípteros, lepidópteros y hemípteros (Tabla I, Fig. 6). En conjunto, estos grupos de insectos hiperdiversos representan casi el 77% de la diversidad endémica de artrópodos terrestres, aunque tanto arañas como ácaros también están bien representados.

Es importante señalar que una fracción importante de los endemismos de Madeira y las Salvajes corresponde a linajes que se han diversificado dentro de los archipiélagos. Los 31 géneros con cinco o más taxones endémicos contribuye con más de un tercio del total de endemismos. Entre estos géneros, *Laparocerus*, *Cylindroiulus*, *Sphaericus*, *Tarphius*, *Blastobasis*, *Acalles*, *Geostiba*, *Trechus*, *Nesotes* y *Chinacapsus* son particularmente especiosos (Fig. 7). Curiosamente, algunos de estos géneros también han radiado en las Azores (por ejemplo, *Tarphius*, *Trechus*) y en las Canarias (por ejemplo, *Acalles*, *Blastobasis*, *Laparocerus*, *Nesotes*, *Sphaericus*, *Tarphius*, *Trechus*) (Emerson & Oromí, 2005; Contreras-Díaz *et al.*, 2007; Arechavaleta *et al.*, 2010; Borges *et al.*, 2010; Amorim *et al.*, 2012). Otros taxones de artrópodos terrestres incluidos en géneros endémicos, como los monotípicos *Cymoptus*, *Deucalion*, *Ellipsodes*, *Esuriidea*, *Eurygnathus*, *Frontiphantes*, *Macrostethus*, *Madeirostiba*, *Paradeucalion*, *Ploeosoma*, *Ramblinus*, *Rhinotripiella* y los polítipicos *Chinacapsus* y *Hadrus*, representan líneas evolutivas únicas que se han diferenciado genética y morfológicamente de sus ancestros o que están restringidas a estos archipiélagos.

Tabla I. Número de artrópodos terrestres de diferentes grupos taxonómicos en las islas de Madeira y las Salvajes, y en el conjunto de los dos archipiélagos (Total). El número total de taxones de artrópodos terrestres se da al final. En algunos casos se han citado taxones del archipiélago de Madeira sin indicar la isla en la que se efectuó la recolección.

Clase/Orden	Madeira	Porto Santo	Desertas	Selvagens	Total
Arachnida	301	54	15	47	338
Acari: Astigmata	3	0	0	0	3
Acari: Ixodida	2	0	0	0	9
Acari: Mesostigmata	5	0	0	0	5
Acari: Oribatida	48	0	0	2	50
Acari: Prostigmata	62	0	0	0	62
Araneae	164	48	11	38	183
Opiliones	2	0	0	1	3
Pseudoscorpiones	15	6	4	6	23
Malacostraca	50	3	2	1	57
Maxillopoda	4	0	0	0	4
Ostracoda	4	0	0	0	4
Chilopoda	19	4	6	2	21
Diplopoda	54	7	3	2	60
Paupoda	10	0	0	0	10
Symphyla	3	0	0	0	3
Collembola	75	24	0	0	87
Diplura	1	0	0	0	1
Protura	9	0	0	0	9
Insecta	3.019	676	279	149	3.297
Blattodea	14	2	1	0	14
Coleoptera	881	274	130	66	1040
Dermaptera	12	4	1	4	12
Diptera	538	48	16	9	555
Embioptera	1	2	2	0	2
Ephemeroptera	3	0	0	0	3
Hemiptera	481	124	47	14	522
Hymenoptera	593	28	28	9	610
Isoptera	3	0	0	0	3
Lepidoptera	315	137	26	24	331
Mantodea	1	0	0	0	1
Microcoryphia	2	1	0	0	3
Neuroptera	14	4	1	0	15
Odonata	5	5	1	2	6
Orthoptera	26	6	5	5	28
Phthiraptera	8	4	9	5	13
Psocoptera	40	6	0	4	45
Siphonaptera	6	9	1	2	11
Strepsiptera	1	0	0	0	1
Thysanoptera	57	19	10	2	62
Trichoptera	13	0	0	0	13
Zygentoma	5	3	1	3	7
Artrópodos terrestres	3.549	768	305	201	3.891

Uno de los rasgos característicos de los ecosistemas de islas oceánicas es la ausencia de especies de algunos grupos de artrópodos terrestres que están bien representados en el continente. Este fenómeno, conocido como desarmonía taxonómica, resulta de los obstáculos a los que los individuos se enfrentan durante la colonización y establecimiento en las islas, que afecta de manera distinta al conjunto de los colonizadores potenciales. Como consecuencia, las especies o grupos que logran establecerse con éxito son una pequeña parte de los colonizadores potenciales, y en el nuevo ambiente pueden evolucionar para ocupar nichos ecológicos vacantes. En los archipiélagos de Madeira y Salvajes hay algunos grupos de artrópodos terrestres ausentes, a pesar de ser comunes en los continentes más próximos. Por ejemplo, en estas islas no hay ningún representante de hespéridos entre las mariposas, ni de notodóndidos entre las polillas (Aguiar & Karsholt, 2006). Tampoco hay cicindélidos ni lampíridos entre los coleópteros, ni mutílidos entre las avispas, tabánidos entre las moscas, o muchas familias de insectos acuáticos. La colonización de los archipiélagos de Madeira y las Salvajes se inició hace millones de años, tras la formación de las islas, y es un proceso que sigue activo. A pesar de que muchas especies de artrópodos tienen una gran capacidad de dispersión y son capaces de cubrir distancias muy grandes mediante el vuelo, otras muchas especies fueron transportadas de forma pasiva por el viento, las corrientes marinas o, más recientemente, con la ayuda del hombre (Ashmole & Ashmole, 1988; Brunton & Hurst, 1998; Edwards & Thornton, 2001; Kelly *et al.*, 2001). De hecho, durante el pasado siglo un gran número de especies exóticas asociadas a plantas cultivadas, además de especies invasoras cosmopolitas, se han establecido de esta

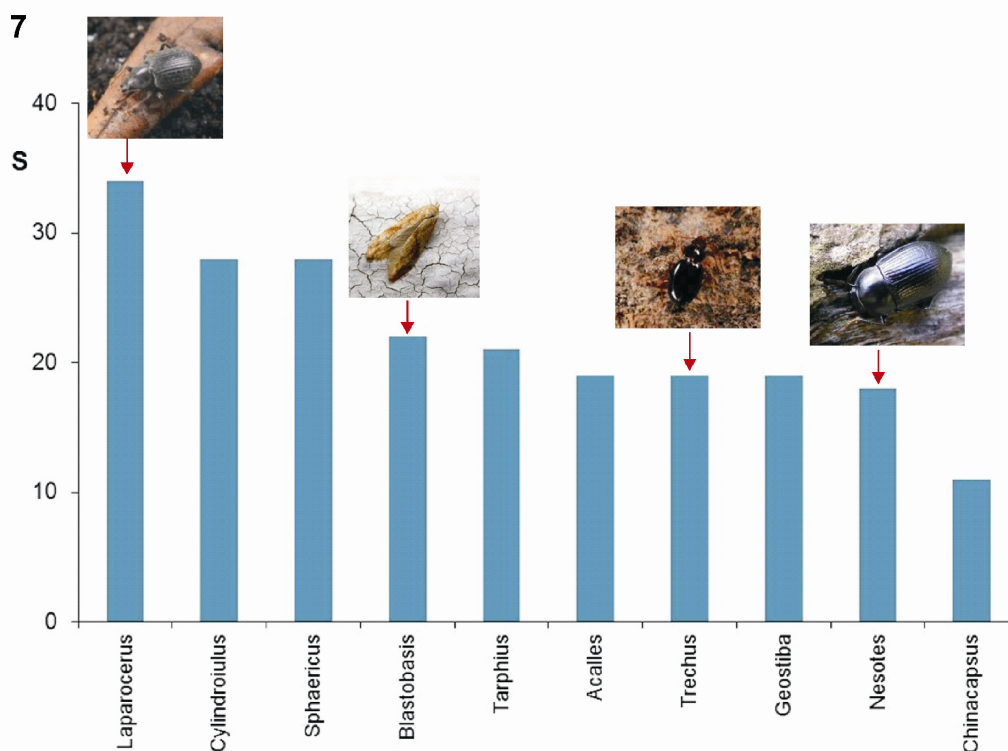
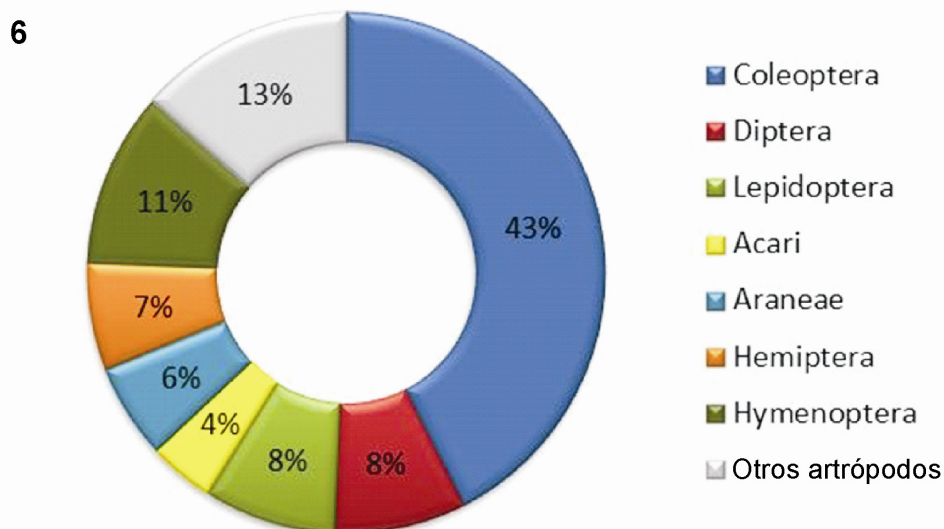


Figura 6. Proporción de taxones endémicos en los diferentes grupos de artrópodos terrestres en Madeira y el archipiélago de las Salvajes. **Figura 7.** Número de taxones (S) de géneros endémicos de artrópodos terrestres que se han diversificado (> 10 taxones) en los archipiélagos de Madeira y las Salvajes (fotos de A.M.F. Aguiar y A.R.M. Serrano).

forma en Madeira. Entre las especies invasoras con mayor impacto mundial, cuatro –las hormigas *Linepithema humile* y *Paratrechina longicornis*, la mosca *Ceratitis capitata*, y la mosca blanca *Bemisia tabaci*– ya se han establecido en Madeira, aunque los datos sobre su impacto ecológico es todavía escaso (Pombo *et al.*, 2010b). Además, otras cuatro especies de artrópodos citadas de Madeira –el milipedo *Ommatoiulus moreletti*, las cochinillas de humedad (o "bichos bola") *Armadillidium vulgare* y *Eluma purpurascens*, y la araña *Dysdera crocata*– se han identificado como invasoras en Macaronesia y ya se han diseñado algunas directrices para desarrollar programas de monitoreo y control (Silva *et al.*, 2008).

La historia de la colonización de Madeira y las Salvajes por artrópodos terrestres se puede entender con claridad sólo si se tiene en cuenta la historia biogeográfica de estos archipiélagos y la dinámica de los cambios de nivel del mar y la circulación oceánica desde el Oligoceno (Fernández-Palacios *et al.*, 2011). Además de los archipiélagos existentes en la Macaronesia, otras islas que son ahora montes sumergidos (*seamounts*) forman lo que se conoce como la Paleo-Macaronesia. Estas antiguas islas, con edades hasta los 60 ma, estaban distribuidas entre las islas actuales, el suroeste de Europa (formando la provincia

volcánica de Madeira) y el norte de África (formando la provincia volcánica Canaria), y parecen haber jugado un papel fundamental en la colonización de los archipiélagos de la Macaronesia actuando como escalas intermedias. Así, las rutas de colonización de Madeira y las Salvajes fueron bien a través de estas antiguas islas de la Paleo-Macaronesia mediante una serie de etapas sucesivas o directamente desde el continente, particularmente el norte de África y el suroeste de Europa.

Los estudios de los artrópodos de las islas han producido información fundamental para el avance del conocimiento científico en áreas tan diversas como la adaptación, especiación, ensamblaje de comunidades o el impacto de las especies invasoras (Carson & Kaneshiro, 1976; O'Dowd *et al.*, 2003; Whittaker & Fernández-Palacios, 2007; Serrano *et al.*, 2010; Hembry *et al.*, 2013). La biodiversidad de artrópodos terrestres de Madeira y las Salvajes es única, e incluye modelos animales excelentes para el estudio de patrones evolutivos o ecológicos y los procesos que estructuran la diversidad de la vida.

4. Perspectivas y desafíos en el conocimiento y la conservación de los artrópodos terrestres

Las islas oceánicas contribuyen desproporcionadamente a la biodiversidad global, ya que tienen un gran número de especies endémicas en un área muy reducida. Sin embargo, los ecosistemas insulares se han visto gravemente alterados por la crisis actual de la biodiversidad, con multitud de ejemplos de extinciones de especies como consecuencia de la actividad humana (Balckburn *et al.*, 2004; Régnier *et al.*, 2009; Connor *et al.*, 2012; Rando *et al.*, 2012, 2013). En el archipiélago de Madeira el panorama no ha sido muy distinto, y algunas especies se han dado por extintas tras la colonización por el hombre, incluyendo la reciente extinción de una mariposa –la mariposa blanca de la col de Madeira, *Pieris wollastoni* (Pieper, 1985; Goodfriend, 1994; Gardiner, 2003; Fontaine *et al.*, 2007; Rando *et al.*, 2012; Fig. 8). Hay otras especies de invertebrados que se dan por extintas dada la falta de citas durante décadas, y los drásticos cambios directos o indirectos en sus hábitats (Boeiro *et al.*, 2010).

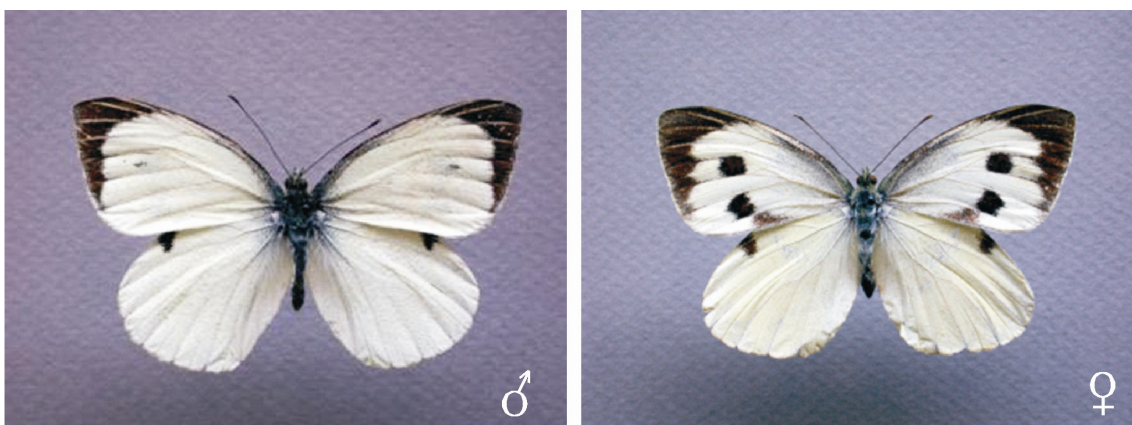


Figura 8. Ejemplares macho y hembra de la extinta mariposa blanca de la col de Madeira (*Pieris wollastoni*) (fotos de A.M.F. Aguiar).

La conservación de los artrópodos terrestres de los archipiélagos de Madeira y las Salvajes es un reto que debe afrontarse desde una aproximación multidisciplinar e interdisciplinar. En la última década se han dado pasos importantes para un mejor conocimiento, valoración y protección de la biodiversidad de artrópodos terrestres de estos archipiélagos:

- Se ha compilado y publicado una lista de los artrópodos terrestres (Borges *et al.*, 2008a, b). Este importante trabajo es ahora una de las principales referencias de la biodiversidad de Madeira, enumerando todos los taxones existentes, su distribución geográfica y su origen, situando así la biodiversidad de Madeira en un contexto global. Sin embargo, otro de los méritos de este trabajo ha sido la identificación de lagunas geográficas y taxonómicas en el conocimiento de los artrópodos terrestres de Madeira y las Salvajes, que pueden ir completándose de forma progresiva. La falta de información de datos básicos sobre las especies de artrópodos terrestres es un serio impedimento para su conservación efectiva (Cardoso *et al.*, 2011), y es crucial establecer como prioridad el desarrollo de programas de inventariado y monitoreo centrados en estos grupos.

Recientemente, dos proyectos financiados por la Fundación para la Ciencia y la Tecnología de Portugal (proyectos FCT - POCTI/BIA-BDE/59202/2004 y PTDC/BIA-BEC/099138/2008) estudiaron los hábitats nativos y antropizados de Madeira, Porto Santo y Desertas utilizando protocolos estandarizados con el objetivo de investigar patrones y procesos espaciales de la diversidad de arañas y coleópteros carábidos (Boeiro *et al.*, 2013a; 2014). Se deberían llevar a cabo urgentemente proyectos similares con otros grupos de artrópodos y tipos de hábitats para obtener datos de la distribución y abundancia de las especies, esenciales para evaluar su estado de conservación.

- En diferentes trabajos se ha subrayado la necesidad urgente de proteger algunos de los artrópodos terrestres de Madeira y las Salvajes (ver la Lámina III). En una reciente identificación de las prioridades

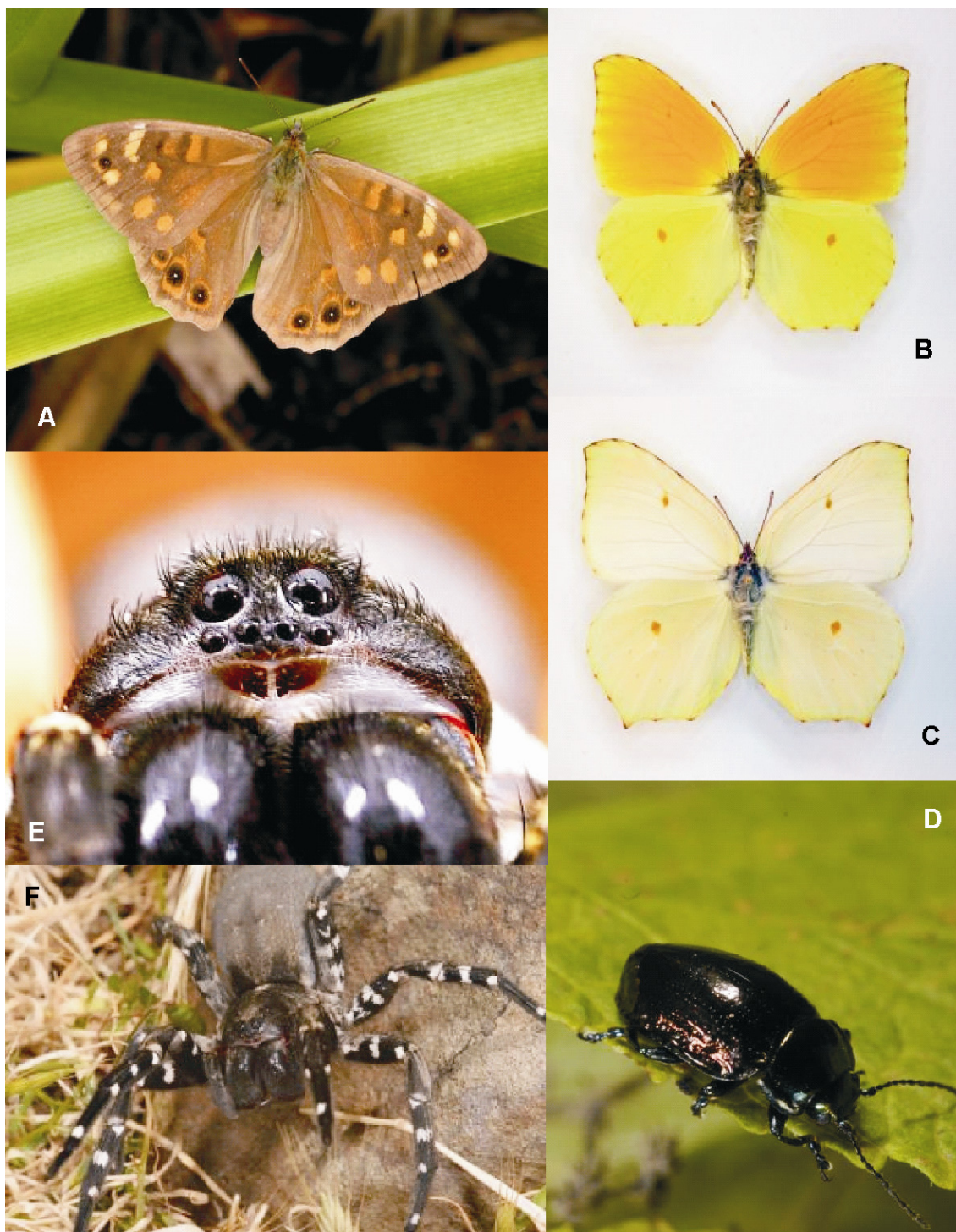


Lámina III. Artrópodos endémicos amenazados del archipiélago de Madeira: Las mariposas **A.** *Pararge xiphia* y **B-C:** *Gonepteryx maderensis* (**B:** macho y **C:** hembra); **D:** el crisomélido *Chrysolina fragariae*; **E-F:** la tarántula de Desertas *Hogna ingens* (**E:** detalle de la cabeza y **F:** ejemplar adulto). A-C: © A.M.F. Aguiar; D-F: © A.R.M. Serrano.

para la conservación de Madeira/Salvajes y la Macaronesia se listaron cuatro especies raras de artrópodos terrestres entre las especies más amenazadas (Martín *et al.*, 2008). Además, en las listas rojas de especies europeas de algunos grupos de artrópodos publicadas por taxónomos expertos algunas especies endémicas de Madeira se clasifican como "amenazadas" o "casi amenazadas" (Kalkman *et al.*, 2010; Nieto & Alexander, 2010; Van Swaay *et al.*, 2010). Otros trabajos reclaman la necesidad urgente de protección de especies amenazadas de extinción, como el escarabajo endémico *Geostiba brancomontis* (Assing & Schülke, 2006). Recientemente, algunos autores preocupados por la conservación de la especie de araña lobo endémica de Desertas (*Hogna ingens*) tomaron la iniciativa de recopilar información de la abundancia y distribución de esta especie, de las características de su hábitat y las mayores amenazas para su supervivencia, y propusieron su clasificación como "en peligro crítico" a la IUCN (Crespo *et al.*, 2014).

El conjunto de especies de artrópodos terrestres reconocidas como en peligro debería ser el objetivo de planes de actuación para recopilar datos de su biología, el estado de sus poblaciones y su distribución, así como identificar y controlar las amenazas a su supervivencia. Por otra parte, el desarrollo de programas de inventariado y monitoreo centrados en artrópodos terrestres, junto al análisis de citas históricas y el consejo de expertos, también puede conducir a la identificación de prioridades para la conservación en otros grupos de artrópodos que han sido hasta ahora ignorados.

- Las autoridades legales son conscientes de la singularidad del patrimonio natural del archipiélago de Madeira, y comparten la creciente preocupación por la conservación de especies de invertebrados. En el pasado, y a pesar de que la conservación de los invertebrados no era una prioridad para las autoridades regionales debido a la falta de financiación y de personal especializado, siempre han mostrado su apoyo a proyectos de investigación y conservación centrados en estos grupos de animales. Más recientemente, el Parque Natural de Madeira (PNM) empezó a incluir entre los proyectos bajo su coordinación estudios específicos y actuaciones de conservación dirigidas a invertebrados endémicos (en particular a caracoles terrestres amenazados). Además, y especialmente en la última década, se ha producido un esfuerzo para que los invertebrados estuviesen representados en las actividades de publicación y divulgación del PNM. A pesar de todo, el público general sigue sin percibir la gran relevancia de los artrópodos terrestres de los ecosistemas de Madeira, y hay un escaso entendimiento de las razones para protegerlos.

Uno de los grandes retos a los que se enfrentan las autoridades ambientales de Madeira es pues involucrar a la población en la valoración y protección de la biodiversidad de invertebrados de los archipiélagos de Madeira y las Salvajes. El personal técnico del PNM ha hecho esfuerzos, y continúa haciéndolos, para alcanzar este objetivo, y muy recientemente, como consecuencia de un proyecto en colaboración, se ha publicado un libro sobre la biodiversidad de Madeira destinado al público general, destacando la singularidad de sus insectos y arañas (Boeiro *et al.*, 2013b). Sin embargo, queda mucho por hacer en este tema, y se podría tomar como estímulo y guía para futuras iniciativas a otros programas nacionales o internacionales involucrando al público general en la conservación de los invertebrados (Oberhauser & Prysby, 2008; Braschler, 2009; Braschler *et al.*, 2010; New, 2010; ver también https://repositorio.uac.pt/bitstream/10400.3/2377/1/Chama-lhe_Nomes.pdf, <http://cita.angra.uac.pt/ficheiros/noticias/1364834635.pdf>).

Un tema crítico que debería merecer el compromiso de las entidades legales es el desarrollo de una base de datos en línea de la biodiversidad de Madeira y las Salvajes. La aprobación reciente de la E-infraestructura PROBIOTA por la FCT creará una oportunidad para que Madeira se una al Portal de la Biodiversidad de las Azores en una base de datos nacional en línea. Este logro permitiría alcanzar múltiples objetivos:

- centralizar la información sobre biodiversidad para ayudar a la gestión y la toma de decisiones en la conservación;

- dar a conocer a una gran audiencia la diversidad de especies de los archipiélagos de Madeira y las Salvajes, con el objetivo de involucrar a la gente en la valoración y la protección de este patrimonio natural;

- recopilar, organizar y hacer pública la información sobre la biodiversidad de Madeira, incluyendo los artículos científicos y las colecciones de historia natural.

Las bases de datos de biodiversidad en línea han demostrado constituir herramientas importantes tanto para la investigación como para la educación al proporcionar de manera fácil y visual información valiosa para la identificación de las especies, su ecología y distribución. Además, algunas de ellas se actualizan regularmente con noticias interesantes y con datos científicos, y pueden permitir algún tipo de interacción con el público general, un aspecto clave en la conservación de la biodiversidad. La base de datos en línea del Portal de la Biodiversidad de las Azores (<http://www.azoresbiportal.angra.uac.pt/>) es un ejemplo extraordinario de como las bases de datos de biodiversidad pueden ser de gran ayuda para la comunidad científica, el público general y otros potenciales usuarios, gracias a la accesibilidad de diferentes tipos de información de las especies de plantas y animales de las Azores (Borges *et al.*, 2010).

La conservación de los artrópodos terrestres de Madeira y las Salvajes se ve amenazada por una variedad de factores como la destrucción y fragmentación del hábitat, las especies invasoras y el cambio climático. La destrucción del hábitat natural fue una de las mayores causas de la extinción de poblaciones de artrópodos, y condujo a cambios drásticos en la composición de especies en muchas zonas del archipiélago de Madeira desde su colonización. La creciente concienciación de la gente hacia la conservación de la naturaleza, el desarrollo de instituciones gubernamentales y no-gubernamentales dedicadas a la protección de la biodiversidad y la creación de instrumentos legislativos han sido factores importantes destinados a parar la pérdida de biodiversidad en Madeira. En la actualidad, la red de áreas protegidas de los archipiélagos de Madeira y las Salvajes cubre una gran parte del territorio (Fig. 9), e impone dentro de sus límites una serie de restricciones destinadas a mantener la integridad de los hábitats naturales y a proteger la biodiversidad. De todas formas, para proteger algunas de las poblaciones de especies de artrópodos amenazadas se debería considerar la creación de microreservas o el cambio de categoría de protección dentro de áreas ya protegidas.

La introducción de especies en los archipiélagos de Madeira y las Salvajes ha tenido un severo impacto en la biodiversidad, incluyendo cambios en la composición en especies y en la estructura de las comunidades naturales. A pesar de la falta de datos, se sabe que plantas y mamíferos invasores han afectado la reproducción de aves marinas protegidas, contribuyendo al declive de plantas endémicas y afectado a la supervivencia de invertebrados endémicos (Oliveira *et al.*, 2010; Crespo *et al.*, 2014). El PNM tiene una amplia experiencia en el control de poblaciones de especies invasoras de vertebrados y plantas en los archipiélagos de Madeira y las Salvajes. El PNM ha erradicado con éxito ratones y conejos invasores de las Salvajes; ratones, ratas, conejos y cabras de Bugio (Islas Desertas) y, más recientemente,

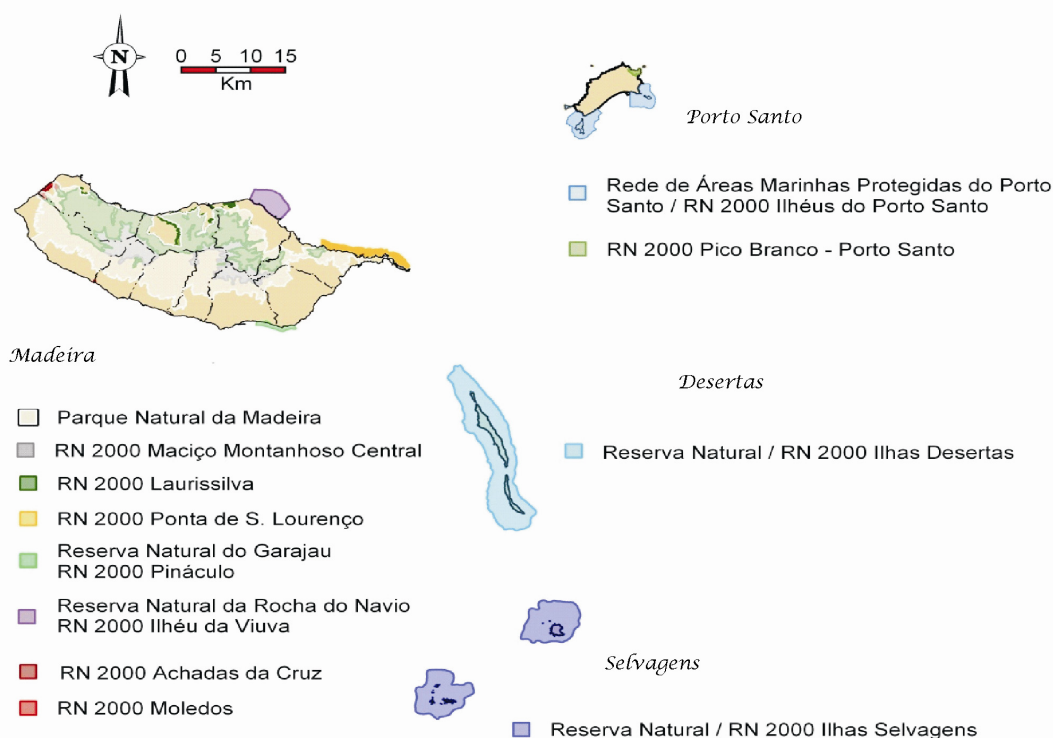


Figura 9. Áreas protegidas de los archipiélagos de Madeira y las Salvajes, incluyendo los espacios de la red Natura 2000 (RN 2000) (adaptado de <http://www.pnm.pt/>).

ratones, ratas y conejos de los islotes de Porto Santo (Oliveira *et al.*, 2010). En la isla de Madeira el PNM coordina campañas periódicas para el control de poblaciones de plantas invasoras (por ejemplo, *Ageratina adenophora*, *Carpobrotus edulis*, *Hedychium gardnerianum*, *Nicotiana glauca*, *Passiflora mollissima*, *Pittosporum undulatum*), y las colonias de aves marinas amenazadas son protegidas anualmente del ataque de gatos silvestres y ratas. A pesar de estos esfuerzos, un número considerable de especies, particularmente de invertebrados, llega cada año a Madeira, algunos de los cuales logran establecerse y pueden suponer una amenaza a la seguridad ambiental, la salud pública o la economía local, tal y como sucedió con la reciente introducción del mosquito *Aedes aegypti* (vector de la fiebre del Dengue) y el escarabajo longicornio *Monochamus galloprovincialis* (vector del nematodo del pino) (ver Lámina IV). Sin embargo, el impacto en las comunidades naturales de muchos invertebrados invasores es discreto, pero grave, conduciendo a la extinción a otros invertebrados o reduciendo sus poblaciones de forma significativa, con efectos nocivos en los procesos ecológicos (Clarke *et al.*, 1984; O'Dowd *et al.*, 2003; Jackson *et al.*, 2014). Es necesario establecer programas de control de las poblaciones de las especies invasoras de artrópodos establecidas en Madeira y las Salvajes (Silva *et al.*, 2008), y de forma regular se deben llevar a cabo programas de monitoreo para evaluar la salud de los ecosistemas (es decir, identificar los cambios en la composición de especies y en la estructura de las comunidades naturales), para poder evaluar a tiempo la necesidad de adoptar medidas específicas de conservación.

Es de esperar que los cambios climáticos afecten en gran medida a los ecosistemas de las islas oceánicas en todo el mundo. En Madeira, el cambio climático puede producir cambios significativos en la distribución de las especies y los hábitats naturales, teniendo como consecuencia directa la extinción de especies y poblaciones (Santos & Aguiar, 2006; Cruz *et al.*, 2009). Por ejemplo, el área ocupada por hábitats naturales de gran altura (pastos y brezales de altura) se verá drásticamente reducida, y probablemente desaparecerán de las altitudes más bajas para quedar reducidos a los picos de las montañas. Presumiblemente también aumentará el nivel del mar (hasta un máximo de 60 cm en 2099, de acuerdo a diferentes pronósticos), provocando cambios en los hábitats de las zonas costeras y amenazando a las poblaciones de plantas y animales de los islotes de menor altura. Se deben proponer acciones para mitigar los efectos del cambio climático, así como adoptar estrategias para adaptarse, encaminadas a afrontar algunas de las consecuencias previstas.

La conservación de los artrópodos terrestres de los archipiélagos de Madeira y las Azores es una tarea formidable pero urgente, que precisa ser tomada como un objetivo prioritario siguiendo una estrategia de conservación diseñada para este grupo de animales, y no como un efecto secundario de otras actividades de conservación. Los principales objetivos de esta estrategia deben estar claros, ser alcanzables y dirigidos a resolver tanto problemas de conservación general como aspectos más concretos, algunos de los cuales se han planteado en los últimos años y para los que se dispone de información básica. Conseguir los fondos necesarios para los programas de inventariado y monitorización puede ser un problema importante, pero se debe encontrar una solución.

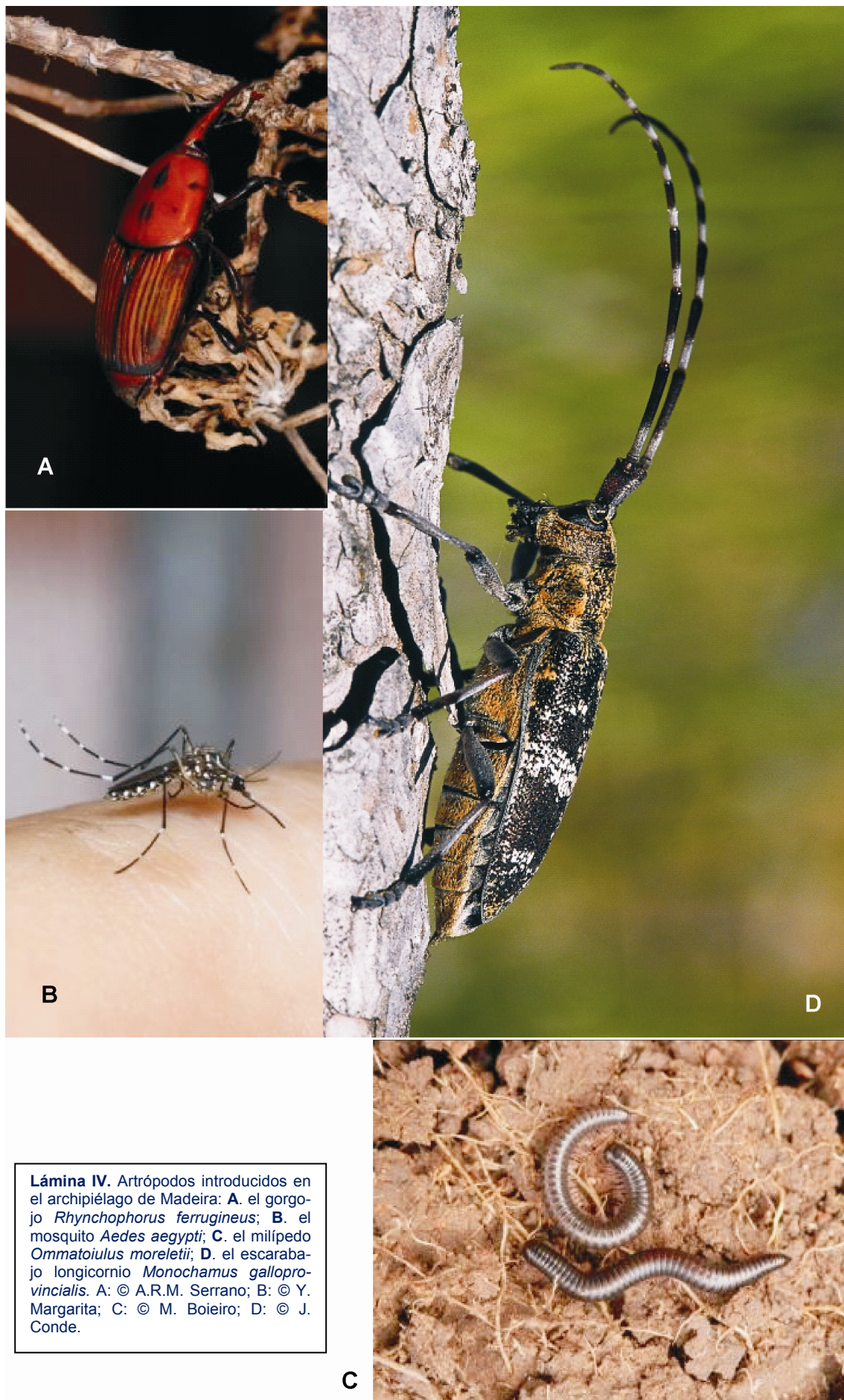


Lámina IV. Artrópodos introducidos en el archipiélago de Madeira: **A.** el gorgojo *Rhynchophorus ferrugineus*; **B.** el mosquito *Aedes aegypti*; **C.** el milípedo *Ommatoiulus moreletii*; **D.** el escarabajo longicornio *Monochamus galloprovincialis*. A: © A.R.M. Serrano; B: © Y. Margarita; C: © M. Boieiro; D: © J. Conde.

La estrategia para la conservación de los artrópodos terrestres de Madeira y las Salvajes debe intentar involucrar a la comunidad científica, los agentes interesados en la biodiversidad y el público en general, y deben desarrollar directrices para:

–Mejorar el conocimiento de las especies de artrópodos terrestres (mediante la recopilación, gestión y análisis de esta información);

–Identificar, priorizar y proteger a las especies y hábitats naturales más vulnerables (mediante la obtención de información, análisis y modelado, gestión, iniciativas legislativas y actividades para proteger la vida silvestre).

–Hacer pública esta biodiversidad única de artrópodos terrestres, e involucrar al público para valorar y preservar el patrimonio natural de Madeira (proporcionando información de forma atractiva en línea, en papel y en formato digital, organizando conferencias y exposiciones, desarrollando programas de educación ambiental en colaboración con escuelas).

Los archipiélagos de Madeira y las Salvajes tienen una biodiversidad única, reconocida internacionalmente e identificada como parte de un punto caliente (*hotspot*) de biodiversidad global, en la que los artrópodos terrestres juegan un papel importante debido a su riqueza en especies y en endemismos, pero también considerando su historia evolutiva y su función ecológica en los ecosistemas naturales. El creciente conocimiento que tenemos de la abundancia, distribución y ecología de los artrópodos terrestres, junto a la información sobre las amenazas a su supervivencia, ha enfatizado la necesidad de desarrollar una estrategia de conservación dirigida a este grupo de animales como una forma de prevenir la pérdida de biodiversidad en el ambiente cambiante y relativamente vulnerable de las islas oceánicas.

5. Acknowledgments

Los autores quieren dar las gracias a Enésima Mendonça y Clara Gaspar por su ayuda con los mapas y a Dília Menezes por las informaciones relativas a las actividades de conservación desarrolladas en el Parque Natural de Madeira. Carlos Viveiros, José Conde e Ysabel Margarita por permitirnos utilizar sus fotografías. Igualmente agradecemos el apoyo financiero prestado por la Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT, Portugal) a través de las subvenciones SFRH/BPD/91357/2012 (a C. Rego) y SFRH/BPD/86215/2012 (a M. Boieiro).

6. Bibliografía recomendada

- AGUIAR, A.M.F. & O. KARSHOLT 2006. Systematic catalogue of the entomofauna of the Madeira archipelago and Selvagens islands. Lepidoptera Vol. 1. *Boletim do Museu Municipal do Funchal (História Natural)* Supl., **9**: 5-139.
http://publications.cm-funchal.pt/bitstream/100/1409/1/Bolmmf_s09_2006_pp005-140.pdf
- AMORIM, I., B.C. EMERSON, P.A.V. BORGES & R.K. WAYNE 2012. Phylogeography and molecular phylogeny of Macaronesian island *Tarphius* (Coleoptera: Zopheridae): why so few species in the Azores? *Journal of Biogeography*, **39**: 1583-1595. http://cita.angra.uac.pt/ficheiros/projectos/5_1355677776.pdf
- ANDRADA, E.C. 1990. *Repovoamento florestal no arquipélago da Madeira (1952-1975)*. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, Lisboa.
- ARECHAULETA, M., S. RODRÍGUEZ, N. ZURITA & A. GARCÍA (Eds.) 2009. *Lista de especies silvestres de Canarias (hongos, plantas y animales terrestres)*. Gobierno de Canarias, Tenerife.
http://www.gobiernodecanarias.org/medioambiente/piac/descargas/Biodiversidad/Listas-Especies/Lista_Especies_Silvestres.pdf
- ASHMOLE, N.P. & M.J. ASHMOLE 1988. Insect dispersal on Tenerife, Canary Islands: high altitude fallout and seaward drift. *Arctic and Alpine Research*, **20**: 1-12.
- ASSING, V. & M. SCHÜLKE 2006. Systematic catalogue of the entomofauna of the Madeira Archipelago and Selvagens Islands. *Staphylinoidea, Staphylinidae* (Coleoptera). Supl. 11, 167 pp.
http://publications.cm-funchal.pt/bitstream/100/1407/1/Bolmmf_s11_2006_pp005-168.pdf
- BLACKBURN, T.M., P. CASSEY, R.P. DUNCAN, K.L. EVANS & K.J. GASTON 2004. Avian extinction and mammalian introductions on oceanic islands. *Science*, **305**: 1955-1958.
- BOIEIRO, M., D. MENEZES, C. REGO & A.R.M. SERRANO 2010. Spatial patterns of endemism and the conservation of beetles (Carabidae and Staphylinidae) in Madeira Island. In: Serrano, A.R.M., Borges, P.A.V., Boieiro, M. & P. Oromí (Eds.) (2010). *Terrestrial arthropods of Macaronesia – biodiversity, ecology and evolution*. Sociedade Portuguesa de Entomologia, Lisboa, Pp. 115-132.
<http://cita.angra.uac.pt/ficheiros/publicacoes/1310498562.pdf>
- BOIEIRO, M., J.C. CARVALHO, P. CARDOSO, C.A.S. AGUIAR, C. REGO, I. FARIA E SILVA, I.R. AMORIM, F. PEREIRA, E.B. AZEVEDO, P.A.V. BORGES & A.R.M. SERRANO 2013a. Spatial factors play a major role as determinants of endemic ground Beetle Beta diversity of Madeira Island Laurisilva. *Plos One*, **8**(5): e64591.
<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0064591>
- BOIEIRO, M., A.F. AGUIAR, C.A.S. AGUIAR, P.A.V. BORGES, P. CARDOSO, L. CRESPO, D. MENEZES, F. PEREIRA, C. REGO, I. SILVA, P.M. SILVA & A.R.M. SERRANO 2013b. *Madeira, the biodiversity pearl - valuing the native habitats and endemic life forms*. Sociedade Portuguesa de Entomologia, Lisboa, 80 pp.
- BOIEIRO, M., A. AGUIAR, C. AGUIAR, P.A.V. BORGES, P. CARDOSO, L. CRESPO, A. FARINHA, J. HORTAL, P.M. SILVA, D. MENEZES, C. PALMA, F. PEREIRA, C. REGO, P.R. SILVA, A.M.C. SANTOS, I. SILVA, J.P. SOUSA, A.R.M. SERRANO, C. PRADO & E. CASTRO 2014. Conflito entre actividades humanas e a conservação

- de endemismos insulares numa área de elevada biodiversidade à escala mundial. *Ecologi@*, **7**: 85-88. http://speco.fc.ul.pt/revistaecologia_7_art_2_11.pdf
- BORGES, P.A.V., C. ABREU, A.M.F. AGUIAR, P. CARVALHO, R. JARDIM, I. MELO, P. OLIVEIRA, C. SÉRGIO, A.R.M. SERRANO & P. VIEIRA (Eds.) 2008a. *A list of the terrestrial fungi, flora and fauna of Madeira and Selvagens archipelagos*. Direcção Regional do Ambiente da Madeira and Universidade dos Açores, Funchal and Angra do Heroísmo. 438 pp. <http://cita.angra.uac.pt/ficheiros/publicacoes/1258117277.pdf>
- BORGES, P.A.V., A.M.F. AGUIAR, M. BOIEIRO, M. CARLES-TOLRÁ & A.R.M. SERRANO 2008b. List of arthropods (Arthropoda). In: Borges, P.A.V., Abreu, C., Aguiar, A.M.F., Carvalho, P., Jardim, R., Melo, I., Oliveira, P., Sérgio, C., Serrano, A.R.M. & P. Vieira (Eds). *A list of the terrestrial fungi, flora and fauna of Madeira and Selvagens archipelagos*. Direcção Regional do Ambiente da Madeira and Universidade dos Açores, Funchal and Angra do Heroísmo. <http://cita.angra.uac.pt/ficheiros/publicacoes/1258375719.pdf>
- BORGES, P.A.V., A. COSTA, R. CUNHA, R. GABRIEL, V. GONÇALVES, A. FRIAS MARTINS, I. MELO, M. PARENTE, P. RAPOSEIRO, P. RODRIGUES, R. SERRÃO SANTOS, L. SILVA, P. VIEIRA & V. VIEIRA 2010a. *Listagem dos organismos terrestres e marinhos dos Açores*. Príncipe Editora, Lda. 429 pp. http://www.azoresbiportal.angra.uac.pt/files/publicacoes_Listagem_ml.pdf
- BORGES, P.A.V., R. GABRIEL, A. ARROZ, A. COSTA, R. CUNHA, L. SILVA, E. MENDONÇA, A.F. MARTINS, F. REIS & P. CARDOSO 2010b. The Azorean Biodiversity Portal: an internet database for regional biodiversity outreach. *Systematics and Biodiversity*, **8**: 423-434. https://repositorio.uac.pt/bitstream/10400.3/1709/1/P118_Borges2010_Portal.pdf
- BRASCHLER, B. 2009. Successfully implementing a citizen-scientist approach to invertebrate monitoring in a resource-poor country. *BioScience*, **59**: 103-104. <http://www.bioone.org/doi/pdf/10.1525/bio.2009.59.2.2>
- BRASCHLER, B., K. MAHOOD, N. KARENYI, K.J. GASTON & S.L. CHOWN 2010. Realizing a synergy between research and education: how participation in ant monitoring helps raise biodiversity awareness in a resource-poor country. *Journal of Insect Conservation*, **14**: 19-30.
- BRUNTON, C.F.A. & G.D.D. HURST 1998. Mitochondrial DNA phylogeny of Brimstone butterflies (genus *Gonepteryx*) from the Canary Islands and Madeira. *Biological Journal of the Linnean Society*, **63**: 69-79.
- CALDARA R. & D. AGUÍN-POMBO 2008. A new synonym and new records of Tychiini (Coleoptera, Curculionidae) from Madeira Archipelago and Selvagens Islands. *Zootaxa*, **1781**: 63-66.
- CAPELO, J. 2004. A paisagem vegetal da ilha da Madeira. *Quercetea*, **6**: 3-200.
- CARDOSO, P., T.L. ERWIN, P.A.V. BORGES & T.R. NEW 2011. The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. *Biological Conservation*, **144**: 2647-2655. <http://cita.angra.uac.pt/ficheiros/noticias/1318530000.pdf>
- CARSON, H.L. & K.Y. KANESHIRO 1976. *Drosophila* of Hawaii - systematics and ecological genetics. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **7**: 311-345.
- CHINA, W.E. 1938. Arthropodenfauna von Madeira nach den Ergebnissen der Reise von Prof. Dr. O. Lundblad 1935. III. Terrestrial Hemiptera. *Arkiv för Zoologi*, **30**: 1-68.
- CLARKE, B., J. MURRAY & M.S. JOHNSON 1984. The Extinction of Endemic Species by a Program of Biological Control. *Pacific Science*, **38**: 97-104. <http://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/handle/10125/844/v38n2-97-104.pdf>
- CONNOR, S.E., J.F.N. VAN LEEUWEN, T.M. RITTENOUR, W.O. VAN DER KNAAP, B. AMMANN & S. BJÖRCK 2012. The ecological impact of oceanic island colonization – a palaeoecological perspective from the Azores. *Journal of Biogeography*, **39**: 1007-1023.
- CONTRERAS-DIAZ, H.G., O. MOYA, P. OROMI & C. JUAN 2007. Evolution and diversification of the forest and hypogean ground-beetle genus *Trechus* in the Canary Islands. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **42**: 687-699.
- CRESPO, L.C., M. BOIEIRO, P. CARDOSO, C.A.S. AGUIAR, I.R. AMORIM, C. BARRINHA, P.A.V. BORGES, D. MENEZES, F. PEREIRA, C. REGO, S. RIBEIRO, I.F. SILVA & A.R.M. SERRANO 2014. Spatial distribution of Madeira Island Laurisilva endemic spiders (Arachnida: Araneae). *Biodiversity Data Journal*, **2**, e1051, 1-60. http://biodiversitydatajournal.com/browse_journal_articles?journal_id=1
- CRUZ, M.J., R. AGUIAR, A. CORREIA, T. TAVARES, J.S. PEREIRA & F.D. SANTOS 2009. Impact of climate change on the terrestrial ecosystems of Madeira. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, **4**: 1-10.
- DONABAUER, M. 2008. Zwei neue Arten der Gattungen *Nesorthomus* und *Eutrichopus* (Coleoptera: Carabidae: Pterostichini). *Zeitschrift Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Entomologen*, **60**: 117-120.
- DREM 2014. *Estatísticas demográficas da Região Autónoma da Madeira*. Direcção Regional de Estatística da Madeira, Funchal, Portugal. http://estatistica.gov-madeira.pt/downloads/Social/Populao%20e%20Condies%20Sociais/Demografia/Demografia%20%20Publicaes/pdf_-_estatstcas_demogrficas_2013.pdf
- EDWARDS, J.S., & I.W.B. THORNTON 2001. Colonization of an island volcano, Long Island, Papua New Guinea, and an emergent island, Motmot, in its caldera lake. VI. the pioneer arthropod community of Motmot. *Journal of Biogeography*, **28**: 1379-1388.
- EMERSON, B.C., & P. OROMÍ 2005. Diversification of the forest beetle genus *Tarphius* in the Canary Islands, and the evolutionary origins of island endemics. *Evolution*, **59**: 586-598.
- ESSER, J. 2008. Systematic Catalogue of the Cryptophagidae of the Madeira Archipelago and Selvagens Islands (Coleoptera: Cucujoidea). *Mitteilungen des Internationalen Entomologischen Vereins* **33**(1-2): 31-43. <http://www.orion-berlin.de/bibl/esser/51.pdf>

- FÉLIX, A.P., J. VASCONCELOS, C. BRAZÃO & A.M.F. AGUIAR 2004. Aspectos bioecológicos de *Hyperaspis pantherina* Fürsch (Coleoptera: Coccinellidae) predador de *Orthezia insignis* Browne (Homoptera: Ortheziidae). *Boletín Sanidad Vegetal – Plagas*, **30**(2): 347–354.
http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_plagas%2FBSVP-30-02-347-354.pdf
- FÉLIX, A.P., P. ROCHA, C. BRAZÃO & A.M.F. AGUIAR 2005. Criação laboratorial e aspectos morfológicos de *Hyperaspis pantherina* Fürsch (Coleoptera: Coccinellidae) predador de *Orthezia insignis* Browne (Homoptera: Ortheziidae). *Boletín Sanidad Vegetal – Plagas*, **31**(3): 473–481.
<http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/plagas/BSVP-31-04-473-481.pdf>
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M. 2010 The islands of Macaronesia. In: Serrano, A.R.M., Borges, P.A.V., Boieiro, M. & P. Oromí (Eds) (2010). *Terrestrial arthropods of Macaronesia – biodiversity, ecology and evolution*. Sociedade Portuguesa de Entomologia, Lisboa, Pp 1-30.
http://jmfepal.webs.ull.es/Book_Chapters_files/Cap.1%20The%20islands%20of%20Macaronesia.pdf
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M., L. DE NASCIMENTO, R. OTTO, J.D. DELGADO, E. GARCÍA DEL REY, J.R. ARÉVALO & R.J. WHITTAKER 2011. A reconstruction of Palaeo-Macaronesia, with particular reference to the long-term biogeography of the Atlantic island laurel forests. *Journal of Biogeography*, **38**: 226–246.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M. & R.J. WHITTAKER 2010. El ciclo de la isla. In: *Atlas de la Biodiversidad de Canarias* (ed. J.L. Martín Esquivel), pp. 18–27. Turquesa Ediciones, Santa Cruz de Tenerife.
http://jmfepal.webs.ull.es/Book_Chapters_files/EI%20ciclo%20de%20la%20isla%20Atlas%20de%20biodiversidad%20de%20Canarias.pdf
- FONTAINE, B., et al. 2007. The European union's 2010 target: Putting rare species in focus. *Biological Conservation*, **139**: 167–185.
- FREITAS, C., L. GOUVEIA, P. OLIVEIRA, R. PIRES & S. FONTINHA 2004. *As Reservas Marinhas da Ilha da Madeira*. Serviço do Parque Natural da Madeira.
<http://issuu.com/parquenaturalmadeira/docs/reservas-marinhas>
- FREITAS, C., C. SANTOS, C. MEDEIROS, D. MENEZES, G. MATEUS, I. FREITAS, L. GOUVEIA, M. DOMINGUES, N. JARDIM, P. OLIVEIRA, P. SEPÚLVEDA, R. PIRES & S. FONTINHA 2011. *Madeira Paraíso Natural*. Serviço do Parque Natural da Madeira.
http://issuu.com/parquenaturalmadeira/docs/madeira_par_natural_2011
- FREY, R. 1949. Die Dipterenfauna der Insel Madeira. *Commentationes biologicae*, **8**: 1–47.
- GARDINER, B.O.C. 2003. The possible cause of extinction of *Pieris brassicae wollastoni* Butler (Lepidoptera: Pieridae). *Entomologist's Gazette*, **54**: 267–268.
- GOODFRIEND, G.A., R.A.D. CAMERON & L.M. COOK 1994. Fossil evidence of recent human impact on the snail fauna of Madeira. *Journal of Biogeography*, **21**: 309–320.
- HEMBRY, D.H., T. OKAMOTO, G. MCCORMACK & R.G. GILLESPIE 2013. Phytophagous insect community assembly through niche conservatism on oceanic islands. *Journal of Biogeography*, **40**: 225–235.
- HUGHES, S.J. 2006. Temporal and spatial distribution patterns of larval trichoptera in madeiran streams. *Hydrobiologia*, **553**(1): 27–41.
- HUGHES, S.J. & M.T. FURSE 2001 Development of a biotic score for the assessment of the ecological quality of the rivers and streams of Madeira. *Arquipélago - Life and Marine Sciences*, Supplement **2** (Part B): 19–32. http://www.db.uac.pt/pdf/fauna/5_biotic.pdf
- HUGHES, S.J., M.T. FURSE, J.H. BLACKBURN & P. LANGTON 1998. A Checklist of Madeiran Freshwater Macroinvertebrates. *Boletim do Museu Municipal do Funchal*, **50**(284): 5–41.
<http://publications.cm-funchal.pt/bitstream/100/883/1/Bolmmf-1998-art284.pdf>
- IUCN 1999. The Laurisilva of Madeira (Portugal). In: *World Heritage Committee. IUCN evaluation of nominations of natural and mixed properties to the World Heritage List*. Marrakesh, pp. 93–97.
- JACKSON, M., T. JONES, M. MILLIGAN, D. SHEATH, J. TAYLOR, A. ELLIS, J. ENGLAND & J. GREY 2014. Niche differentiation among invasive crayfish and their impacts on ecosystem structure and functioning. *Freshwater Biology*, **59**: 1123–1135.
- KALKMAN, V.J., J.-P. BOUDOT, R. BERNARD, K.-J. CONZE, G. DE KNIJF, E. DYATLOVA, S. FERREIRA, M. JOVIĆ, J. OTT, E. RISERVATO & G. SAHLEN 2010. *European Red List of Dragonflies*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/downloads/European_dragonflies.pdf
- KELLY, L.C., D.T. BILTON & S.D. RUNDLE 2001. Population structure and dispersal in the Canary Island cadisfly *Mesophylax aspersus* (Trichoptera, Limnephilidae). *Heredity*, **86**: 370–377.
- KRATOCHVIL, A. & E. SCHEUCHL 2013 *Andrena* (*Micrandrena*) *dourada* nov.sp. from Porto Santo, Madeira Archipelago, Portugal. *Linzer Biologische Beiträge*, **45**: 755–774.
- LOBO, J.M. & P.A.V. BORGES 2010. The provisional status of terrestrial arthropod inventories in the macaronesian islands. In: Serrano, A.R.M., Borges, P.A.V., Boieiro, M. & P. Oromí (Eds) (2010). *Terrestrial Arthropods of Macaronesia – biodiversity, ecology and evolution*. Sociedade Portuguesa de Entomologia, Lisboa, Pp. 33–47. <http://cita.angra.uac.pt/ficheiros/publicacoes/1310498271.pdf>
- LINDBERG, H. 1961 Hemiptera Insularum Maderensium. *Commentationes biologicae*, **24**: 1–109.
http://research.amnh.org/pbi/library/0541_1.pdf
- LUNDBLAD, O. 1942 Die Arthropodenfauna von Madeira nach den Ergebnissen der Reise von Prof. Dr. O. Lundblad Juli-August 1935. XXXI. Die Hydrachnellae. *Arkiv för Zoologi*, **5**: 1–121.
- LUNDBLAD, O. 1958. Die Arthropodenfauna von Madeira nach den Ergebnissen der Reise von Prof. Dr. O. Lundblad Juli-August 1935. XXXV. Die Käferfauna der Insel Madeira. *Arkiv för Zoologi*, **11**: 461–524.
- MACHADO, A. 2006. *T. Vernon Wollaston (1822-1878). Un entomólogo en la Macaronesia*. Taro de Tahiche: Fundación César Manrique, Canarias.
<http://www.fcmanrique.org/recursos/publicacion/tvernonwollaston.pdf>

- MACHADO, A. 2012. Two new *Tarphius* species from Macaronesia (Coleoptera, Zopheridae). *Journal of Natural History*, **46**: 637-643.
- MARTÍN, J.L., M. ARECHAVALA, P.A.V. BORGES & B. FARIA (Eds.) 2008. *TOP 100 - As cem espécies ameaçadas prioritárias em termos de gestão na Região Europeia Biogeográfica da Macaronésia*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias, 500 pp.
<http://cita.angra.uac.pt/ficheiros/publicacoes/1258124693.pdf>
- MEDEIROS, A., C. SANTOS, D. MENEZES, L. GOUVEIA, P. OLIVEIRA & R. PIRES 2010. *Ponta de São Lourenço*. Serviço do Parque Natural da Madeira. <http://issuu.com/parquenaturalmadeira/docs/livroslourenco>
- MENDES, L.F. 1981. Nova nota e descrições de Tisanuros (Microcoryphia e Zygentoma: Apterygota) da Macaronésia. *Arquivos do Museu Bocage*, Série A, I(9): 143-164.
- MENEZES, D., I. FREITAS, L. GOUVEIA, M. MATEUS, M. DOMINGUES, P. OLIVEIRA & S. FONTINHA 2005a. *A floresta Laurissilva da Madeira Património Mundial*. Serviço do Parque Natural da Madeira.
<http://issuu.com/parquenaturalmadeira/docs/floresta-laurissilva>
- MENEZES, D., I. FREITAS, L. GOUVEIA, P. OLIVEIRA, R. PIRES & S. FONTINHA 2005b. *As Ilhas Desertas*. Serviço do Parque Natural da Madeira. <http://issuu.com/parquenaturalmadeira/docs/ilhas-desertas>
- MENEZES, D., L. GOUVEIA, M. DOMINGUES, N. JARDIM, P. OLIVEIRA & S. FONTINHA 2004. *As Ilhas Selvagens*. Serviço do Parque Natural da Madeira. http://issuu.com/parquenaturalmadeira/docs/ilhas_selvagens
- NEVES, H., A. VALENTE, B. FARIA, I. SILVA, J. MARQUES, N. GOUVEIA, P. SILVA & P. OLIVEIRA 1996. *Laurissilva da Madeira – caracterização quantitativa e qualitativa*. Funchal: Parque Natural da Madeira, Gráfica-madeira. 192 pp.
- NEW, T.R. 2010. Butterfly conservation in Australia: the importance of community participation. *Journal of Insect Conservation*, **14**(3): 305-311.
- NIETO, A. & K.N.A. ALEXANDER 2010. *European Red List of Saproxyllic Beetles*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/downloads/European_saproxylic_beetles.pdf
- OBERHAUSER, K.S. & M.D. PRYSBY 2008. Citizen science: creating a research army for conservation. *American Entomologist*, **54**(2): 103-105.
http://monarchnet.uga.edu/GetInvolved/Oberhauser_and_Prysbys.pdf
- O'DOWD, D.J., P.T. GREEN & P.S. LAKE 2003. Invasional 'meltdown' on an oceanic island. *Ecology Letters*, **6**: 812-817.
- OLIVEIRA, P., D. MENEZES, R. TROUT, A. BUCKLE, P. GERALDES & J. JESUS 2010. Successful eradication of the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) and house mouse (*Mus musculus*) from the island of Selvagem Grande (Macaronesian archipelago), in the Eastern Atlantic. *Integrative Zoology*, **5**: 70-83.
- PEREIRA, R. 1999. Subprograma de Luta Autocida contra *Ceratitidis capitata*. In: *Contribuição para a Protecção Integrada na Ilha da Madeira*, ed JP de Carvalho, pp. 177-210. Funchal: DRA/Sec. Reg. Agr. Florestas e Pescas
- PETIT, J. 2008. Madeira. In: *Climate Change and Biodiversity in the European Union Overseas Entities* (eds. J. Petit & G. Prudent), pp. 130-132. UICN, Brussels.
- PIEPER, H. 1985. The fossil land birds of Madeira and Porto Santo. *Bocagiana*, **88**: 1-6.
<http://publications.cm-funchal.pt/bitstream/100/1477/1/Boc088-1985.pdf>
- POMBO, A.D., A.M.F. AGUIAR & E. NUNES 2010a. Exotic arthropods in Macaronesia: vectors, pathways, control measures and global trade. In: Serrano, A.R.M., Borges, P.A.V., Boieiro, M. & P. Oromí (Eds). *Terrestrial arthropods of Macaronesia – biodiversity, ecology and evolution*. Sociedade Portuguesa de Entomologia, Lisboa. Pp. 145-168.
- POMBO, A.D., A.M.F. AGUIAR & E. NUNES 2010b. Exotic arthropods in Macaronesia: invasiveness, ecological impact and effects of climate change. In: Serrano, A.R.M., Borges, P.A.V., Boieiro, M. & P. Oromí (Eds) (2010). *Terrestrial arthropods of Macaronesia – biodiversity, ecology and evolution*. Sociedade Portuguesa de Entomologia, Lisboa. Pp. 169-196.
- QUARTAU, J.A. 1981. Missão zoológica aos Arquipélagos da Madeira e das Selvagens. *Arquivos do Museu Bocage* (Série C), **1**(1): 1-29.
- REBOLEIRA, A.S.P.S. & H. ENGHOFF 2014. Insular species swarm goes underground: two new troglobiont *Cylindroiulus millipedes* from Madeira (Diplopoda: Julidae). *Zootaxa*, **3785**: 481-489.
- RANDO, J., J. ALCOVER, S. OLSON & H. PIEPER 2013. A new species of extinct scops owl (Aves: Strigiformes: Strigidae: *Otus*) from São Miguel Island (Azores Archipelago, North Atlantic Ocean). *Zootaxa*, **3647**: 343-357.
- RANDO, J.C., H. PIEPER, J.A. ALCOVER & S.L. OLSON 2012. A new species of extinct fossil scops owl (Aves: Strigiformes: Strigidae: *Otus*) from the Archipelago of Madeira (North Atlantic Ocean). *Zootaxa*, **3182**: 29-42.
- RÉGNIER, C., B. FONTAINE & P. BOUCHET 2009. Not knowing, not recording, not listing: numerous unnoticed mollusk extinctions. *Conservation Biology*, **23**: 1214-1221.
- REGO, C., M. BOIEIRO, Y. GONÇALVES, D. MENEZES, D. AGUIAR-POMBO & R. CAPELA 2014. The drosophilids (Diptera: Drosophilidae) from a Laurissilva patch in Madeira with two new records for this Island. *Bocagiana*, **238**: 1-8. <http://publications.cm-funchal.pt/bitstream/100/1658/1/Boc238-2014.pdf>
- ROTA, J., A. AGUIAR & O. KARSHOLT 2014. Choreutidae of Madeira: review of the known species and description of the male of *Anthophila threnodes* (Walsingham, 1910) (Lepidoptera). *Nota Lepidopterologica*, **37**: 91-103.
- SANTOS, D. & R. AGUIAR (Eds.) 2006. *Impactos e medidas de adaptação às alterações climáticas no Arquipélago da Madeira - Projecto CLIMAAT II*, Direcção Regional do Ambiente da Madeira, Funchal.

- SCHIMMEL, R. 2008. The genus *Coptostethus* Wollaston from the Selvage Islands, with descriptions of two new species (Coleoptera: Elateridae). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, A (Biologie), Neue Serie*, **1**: 351-355.
- SERRANO, A.R.M. 1987a. Contribution à la connaissance des Coléoptères de l'archipel de Madère. I. Coleoptera: Carabidae, Dytiscidae, Hydraenidae, Hydrophilidae, Histeridae et Staphylinidae. *Boletim do Museu Municipal do Funchal*, **39**(192): 141-155.
<http://publications.cm-funchal.pt/bitstream/100/1166/1/Bolmmf-1987-art192.pdf>
- SERRANO, A.R.M. 1987b. Contribution à la connaissance des Coléoptères (Insecta, Coleoptera) de l'archipel des Sauvages. *Bocagiana*, **111**: 1-3.
<http://publications.cm-funchal.pt/bitstream/100/1447/1/Boc111-1987.pdf>
- SERRANO, A.R.M. 1988. Contribution à la connaissance des Coléoptères de l'archipel de Madère. II. Coleoptera: Cerambycidae. *Boletim do Museu Municipal do Funchal*, **40**(204): 235-238.
<http://publications.cm-funchal.pt/bitstream/100/1149/1/Bolmmf-1988-art204.pdf>
- SERRANO, A.R.M. & C.A.S. AGUIAR 1997. An approach to the ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of two fragments of laurel forest (Madeira Island). *Portugaliae Zoologica*, **4**: 9-19.
- SERRANO, A.R.M. & C.A.S. AGUIAR 1998. Diversity and habitat preference of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in Encumeada de S. Vicente (Madeira). *Boletim do Museu Municipal do Funchal*, Supl. **5**: 399-408. http://publications.cm-funchal.pt/bitstream/100/900/1/Bolmmf_s05B_1998_pp399-408.pdf
- SERRANO, A.R.M., C.A.S. AGUIAR, M.C. BOIEIRO, P.A.V. BORGES, C. REGO, I.R. AMORIM, S.P. RIBEIRO & F. PEREIRA 2008. A new species of *Orthomus* Chaudoir, 1838 (Coleoptera: Carabidae) from Madeira island (Macaronesia) and notes on related species. *Zootaxa*, **1972**: 20-34.
- SERRANO, A.R.M., P.A.V. BORGES, M. BOIEIRO & P. OROMÍ (Eds.) 2010. *Terrestrial arthropods of Macaronesia – biodiversity, ecology and evolution*. Sociedade Portuguesa de Entomologia, Lisboa, 327 pp.
- SILVA, L., E.O. LAND & J.L. RODRÍGUEZ LUENGO (Eds.) 2008. *Invasive terrestrial flora & fauna of Macaronesia. TOP 100 in Azores, Madeira and Canaries*. ARENA, Ponta Delgada, 546 pp.
http://www.azoresbiportal.angra.uac.pt/files/publicacoes_Part1_Inicio.pdf
- ULBRICH, H.J. 2014. *An illustrated bibliography of the Ilhas Selvagens (recorded 2000-2014)*. Institutum Canarium. Special Publication 1, Wien, 157 pp.
http://www.almogaren.org/ic-digital/ICDigital_Selvagens_Bibliography_2014.pdf
- UVA, J.S. 2008. *IFRAM1 – 1º Inventário Florestal da Região Autónoma da Madeira*. Direcção Regional de Florestas, Funchal, 120 pp.
- VAN SWAAY, C., A. CUTTELOD, S. COLLINS, D. MAES, M. LOPEZ MUNGUIRA, M. ŠAŠIĆ, J. SETTELE, R. VEROVNIK, T. VERSTRAEL, M. WARREN, M. WIEMERS & I. WYNHOF 2010. *European Red List of Butterflies* Luxembourg: Publications Office of the European Union.
http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/downloads/European_butterflies.pdf
- WHITTAKER, R.J. & J.M. FERNÁNDEZ-PALACIOS 2007. *Island biogeography: ecology, evolution, and conservation*, 2nd ed. Oxford University Press, Oxford.
- WOLLASTON, T.V. 1854. *Insecta Maderensia, being an Account of the Insects of the Islands of the Madeiran Group*. London.
- WOLLASTON, T.V. 1857. *Catalogue of the Coleopterous Insects of Madeira in the collection of the British Museum*. London.
- WOLLASTON, T.V. 1864 *Catalogue of the coleopterous insects of the Canaries in the collection of the British Museum*. British Museum. Taylor and Francis, London, 648 pp.
- WOLLASTON, T.V. 1865. *Coleoptera Atlantidum, being an enumeration of the coleopterous insects of the Madeiras, Salvages and Canaries*. London.
- WOLLASTON, T.V. 1867 *Coleoptera Hesperidum, being an enumeration of the Coleopterous insects of the Cape Verde Archipelago*. London: John van Voorst, 255 pp.
- WOLLASTON, T.V. 1877. *Coleoptera Sanctae Helenae*. J. van Voorst, London, 256 pp.
- WRASE, D.W. 2010 A new species of genus *Zargus* Wollaston 1854 from Madeira (Coleoptera, Carabidae, Licinini). *Linzer biologische Beiträge*, **42**: 325-334.