

# INCIDENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS COMUNIDADES DE LEPIDÓPTEROS



**Enrique Murria**

Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA); Ecomuseo de las Mariposas

## INTRODUCCIÓN

El proceso de calentamiento global producido por las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases contaminantes procedentes de la actividad humana, también conocido como cambio climático y referido como CC a lo largo de este texto, es un hecho científicamente probado cuyas repercusiones en los ecosistemas terrestres y marinos son ya constatables en los numerosos desajustes fenológicos, extinciones y procesos invasivos, regresivos o adaptativos observados y estudiados en la flora y la fauna.

El vasto orden de los lepidópteros (unas 150.000 especies descritas) está representado en Europa por más de 10.000 especies (450 diurnas) y en España por casi 6.000 (240 diurnas). Los efectos del aumento de las temperaturas y los cambios en los regímenes de precipitaciones en los diferentes hábitats está traduciéndose en procesos mensurables que afectan a numerosos taxones de este orden de insectos, presente en todos los hábitats terrestres y continentes, salvo la Antártida.

Todo indica que, en el caso de la península Ibérica, y debido a su situación geográfica y carácter eminentemente montañoso, estos desajustes fenológicos, adaptaciones ecológicas y movimientos migratorios son probablemente más acusados que en países europeos con una geografía más homogénea y una ubicación geográfica menos influenciada por el CC. Los estudios al respecto son todavía escasos e incipientes en España, incluidos los referidos a su fauna macaronésica, muy vulnerable ante este impacto, si bien los publicados apuntan todos en esta dirección.

Los procesos ecológicos desencadenados por el CC en la península Ibérica afectan tanto a lepidópteros típicos de las estepas subdesérticas como a los que viven en cadenas montañosas, así como a especies consideradas comunes o generalistas. La densidad poblacional y áreas colonizadas pueden verse afectadas tanto en taxones endémicos como en aquellos con una distribución amplia y una bio-ecología menos exigente.

El CC interactúa junto a otros muchos factores en áreas agrícolas, ganaderas y forestales, donde los efectos directos o indirectos de la actividad humana, como la contaminación química y lumínica, la silvicultura industrializada o los beneficios ambientales de los usos pecuarios tradicionales, favorecen o perjudican con distinta intensidad a las comunidades de lepidópteros y de otros insectos, sean polinizadores o no.

Pero es sin duda en las sierras y grandes cordilleras peninsulares donde los efectos del CC tienen mayor repercusión sobre las comunidades de mariposas, o al menos es donde son más fácilmente perceptibles. Debido a que el gradiente altitudinal juega un importante papel en conjunción con el incremento de las temperaturas y la mengua de las precipitaciones, las condiciones eco-climáticas necesarias para muchas especies de mariposas altimontanas y alpinas se están viendo modificadas, en algunos casos de forma acelerada según indican los datos. A esto se suman factores como una mayor incidencia de los incendios forestales o una sobre-explotación turística de las áreas alpinas, que pueden eliminar de un plumazo poblaciones de un área extensa, haciendo imposible la re-colonización durante decenios, o en el peor de los casos de forma permanente.

Las mariposas más especializadas respecto a su hábitat y plantas huésped, y más cuando están adaptadas al secular paso del ganado trashumante, son también algunas de las que más impacto pueden acumular en sus poblaciones. Algunos endemismos ibéricos están relegados a áreas donde en clima es el principal factor limitante para la presencia de su planta huésped y la supervivencia de huevos, larvas o pupas a los rigores del verano o el invierno. Estos hábitats están en ocasiones mantenidos por el ganado trashumante, cuyo pacer temporal favorece la presencia de praderas con variadas fuentes de néctar, al tiempo que aporta nutrientes al suelo y ayuda a regular su temperatura.

En la conjunción de todos los factores implicados en la desaparición de los polinizadores y otros insectos en Europa, con tasas registradas del 70% en la reducción de su densidad en Alemania y el Reino Unido, el CC juega un papel destacado para muchas especies, tanto para la regresión de poblaciones como para la expansión de las áreas y hábitats colonizados.

En el Reino Unido algunas mariposas termófilas han extendido o desplazado sus poblaciones más de 100 Km hacia el norte, mientras que otras están quedado relegadas a los enclaves más fríos o húmedos de las islas. Son movimientos poblacionales que están sucediendo a gran velocidad en relación a como lo han hecho durante siglos o milenios. Y, aunque algunas causas naturales también pueden desatar eventos similares, demostrados por diferentes ramas de la ciencia como la paleo-climatología o la paleo-botánica, el actual proceso de calentamiento global generado por la emisión de contaminantes atmosféricos interactúa con el resto de factores derivados de la actividad humana. Esto vierte sobre la flora y la fauna un peligroso cóctel de amenazas que conlleva la extinción acelerada

de especies, graves pérdidas poblacionales para otras y la expansión incontrolable de las más adaptables, desencadenando un desequilibrio en los ecosistemas con repercusiones cada vez más visibles.

Un enfoque más amplio de las consecuencias del CC quizás pueda ofrecer a los escépticos los argumentos que justifiquen la necesidad de lidiar con este problema. Lo que dicen los datos respecto a la tendencia poblacional y adaptaciones ecológicas de miles de especies de lepidópteros en todo el planeta no es fruto de la imaginación de los entomólogos, conchabados en multitud de países para difundir datos tendenciosos en favor de la transición energética. Los efectos positivos y negativos del CC sobre estos insectos son hechos constatados con estudios que comparan datos recientes con los acumulados durante decenios, generando gráficos y conclusiones que revelan una homogeneización faunística en las áreas afectadas por el CC.

## LO QUE DICEN LOS DATOS

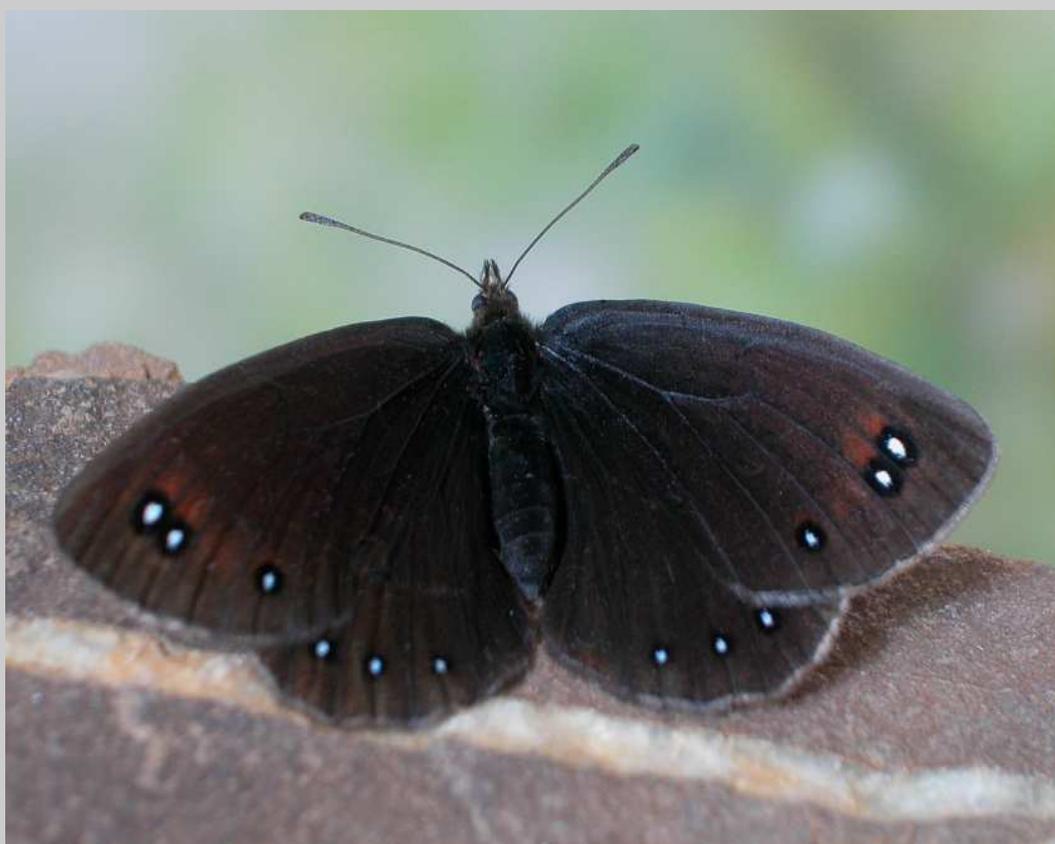
Sobre la base de los trabajos publicados al respecto, cuyo número se ha incrementado en el último decenio conforme son detectados cambios en poblaciones de diferentes especies de lepidópteros, el impacto generado por el CC en las comunidades de mariposas y polillas, sus posibles respuestas adaptativas y las consecuencias positivas o negativas en sus poblaciones, pueden resumirse dentro de los siguientes apartados:

### IMPACTO POBLACIONAL

**-Descenso de la densidad y fragmentación del área de distribución.** Implica la disminución de la densidad general de una especie junto a la desaparición de los núcleos situados en las zonas de distribución periféricas o menos favorables, especialmente de aquellos aislados y con baja densidad, donde el microclima y la presencia de la planta huésped son los principales factores que hacen posible la colonización del área. El aumento de las temperaturas incide de forma destacada en la biología y fenología de muchas plantas y de las mariposas más especializadas que las acompañan, fragmentando en poco tiempo las poblaciones en amplios sectores (1, 3, 4). La modelización de las áreas de distribución futura de varias especies de mariposas ibéricas, basada en la tendencia de los datos climáticos acumulados y su incidencia en los hábitats y plantas huésped, se muestra como regresiva para muchas de ellas y claramente expansiva para otras (8).

Según el citado estudio, las especies ibéricas endémicas y aquellas con una distribución europea finícola en los Pirineos son las más susceptibles de acabar desapareciendo por causas climáticas.

Un claro ejemplo sería el de la población de la montañesa azabache (*Erebia lefebvrei*) de la sierra de Guara (ssp. *abosi*), un endemismo ibérico a nivel específico y subespecífico de ecología periglacial, actualmente protegido y que mantiene en esta sierra prepirenaica una pequeña población relict, aislada del resto de núcleos altopirenaicos tras refugiarse durante la última glaciación en un Nunatak, sobreviviendo tras la retirada de los hielos gracias al topoclima de estas cumbres, alpinizado a pesar de su escasa altitud (18). Debido a su ubicación y tipología, las cimas de Guara siguen reuniendo las condiciones bio-climáticas necesarias para la presencia de este interesante taxón estenotermo frío. Pero una disminución del régimen de innivación, más el aumento de las temperaturas medias primaverales y estivales, pueden estar comprometiendo seriamente su supervivencia a pocos decenios vista, haciendo inviable su biología en un hábitat tan extremo y con una geomorfología que impide el refugio en altura de esta población.



Montañesa azabache (*Erebia lefebvrei* spp. *abosi*), sierra de Guara.

En los Apeninos, el CC se considera como el principal factor que amenaza a las poblaciones de otra especie de este género también presente en los Pirineos, la montañesa clara (*Erebia pandrose*). Según un estudio reciente (23), esta mariposa exclusivamente alpina está representada en esta cordillera italiana por un linaje genético endémico, bien diferenciado de los que colonizan los Alpes y los Pirineos y perfectamente adaptado al clima local grandes altitudes, que ya registra en los Apeninos preocupantes incrementos de temperaturas con el correspondiente deshielo de los glaciares y el desplazamiento altitudinal de muchas plantas.

Según el citado estudio, las proyecciones sobre la evolución de las poblaciones italianas de esta mariposa, basadas en los modelos climáticos previstos para diferentes sectores de la citada cordillera, indican que será una de las primeras especies en desaparecer de su cumbres a causa del CC.

Las especies adaptadas a vivir en bosques subhúmedos y en enclaves con un moderado índice de humedad durante el verano, como claros forestales o zonas sombreadas y escarpadas en riberas y fondos de barrancos, también están expuestas a los efectos de unas temperaturas demasiado elevadas durante largos periodos estivales, y un régimen pluvial alterado con tendencia a periodos de sequía más prolongados.

El efecto del CC en el Prepireneo sobre algunas mariposas diurnas y nocturnas ha resultado demoledor en años como 2024. La montañesa otoñal (*Erebia neoridas*), siempre abundante desde principios de agosto en los claros forestales de pinares y quejigares entre 800 y 1600 m, está experimentando en sierras de este sector un retroceso en su densidad, acompañado de un retraso en su aparición, según observaciones propias a lo largo de 15 años (13). Con una merma progresiva de contingentes desde 2009, en 2024, con un verano sin lluvias en julio y agosto, y tras un 2003 con similar clima y una baja densidad, no se ha observado ni un solo individuo en enclaves donde es mariposa siempre está presente.

Aunque no es probable su extinción total a corto plazo de las sierras prepirenaicas de Huesca y el norte de Zaragoza, las poblaciones más meridionales de la montañesa otoñal, como las de las sierras de Gratal, El Águila, Loarre o Santo Domingo, pueden llegar a desaparecer o disminuir en densidad y extensión si su hábitat continúa sometido a los parámetros climáticos actuales, desencadenantes de una futura y acusada mediterraneización de los bosques Pirenaicos según vaticinan los expertos en clima y vegetación (7, 14).



Montañesa otoñal (*Erebia neoridas*).

Los procesos regresivos por causas climáticas están sucediendo también en una especie emblemática de la fauna europea, la mariposa apolo (*Parnassius apollo*), amenazada y ya extinta en algunas de las sierras béticas más áridas, y en declive en varios sectores de las cordilleras del centro y norte ibéricos, así como en varios países europeos (2, 6, 12, 15, 24, 25, 26).



Hembra de la mariposa apolo (*Parnassius apollo*).

Otra especie finícola en España, también protegida por la legislación, es la pedregosa alpina (*Lasiommata petropolitana*), que mantiene pequeñas poblaciones dispersas en contadas áreas frías, húmedas y rocosas de la vertiente sur del alto Pirineo central, en las provincias de Huesca y Lérida. Si continúa el incremento de las temperaturas y los desajustes en las precipitaciones en este sector de la cordillera, los núcleos de esta mariposa, muy fragmentados y dependientes de microclimas locales, pueden verse comprometidos y desaparecer a corto o medio plazo al retroceder hacia el norte su distribución conforme aumentan las temperaturas (12).



Pedregosa alpina (*Lasiommata petropolitana*).

Las especies crípticas que comparten o no parcialmente su distribución se han demostrado ligadas a nichos climáticos bien diferenciados, que actúan como factores que juegan a favor de los procesos de especiación (19). Estos podrían verse alterados por el CC, haciendo fracasar especiaciones actualmente en marcha y modificando la estructura poblacional de los pares y tríos crípticos existentes en beneficio de una de las especies que los componen, aumentando la hibridación y la homogeneización faunística a medio o largo plazo.

**-Expansión poblacional por incremento del nicho climático.** Sucede sobre todo entre los taxones generalistas termófilos, algunas plagas y en las especies invasoras procedentes de climas cálidos (5). También se incrementa la frecuencia y/o densidad de las especies con movimientos migratorios regionales o desde grandes distancias, como las de procedencia africana y las endémicas con una tendencia poblacional dispersiva (3).

La mariposa del madroño es una especie autóctona que parece estar en expansión en Aragón, según la cantidad de registros que se están acumulando en los últimos años fuera de las áreas donde actualmente crece el madroño (13). Sus movimientos dispersivos son más intensos a finales del verano y principios del otoño, favorecidos ahora por altas temperaturas que le permiten alcanzar áreas alejadas de las madroñeras, explotando allí para su reproducción otras ericáceas como el laurel, registrado en Huesca capital (6), o la gayuba, ensayada en laboratorio como alternativa (13).



Mariposa del madroño, o "cuatrocolas" (*Charaxes jasius*).

La mariposa tigre (*Danaus chrysippus*) se expandió de forma sorprendente en 1998 y 1999 por el valle del Ebro hasta alcanzar cursos fluviales del piedemonte del sistema Ibérico, como la cuenca del Jiloca (22b). En 2009 se establecieron de nuevo poblaciones temporales en los alrededores de Zaragoza, cuyas larvas se alimentaron de una asclepiadácea autóctona, el matacán (*Cynanchum acutum*), abundante en la vega del Ebro. Durante ese año fue posible observar a esta exótica mariposa en lugares como La Alfranca, el galacho de Juslibol o localidades de la ribera del Gállego próximas a Zaragoza (20).

Hace unas décadas esporádica y establecida de forma permanente desde hace casi tres decenios en el Delta del Ebro y otras áreas del litoral Mediterráneo, con poblaciones estables en el N. de África y Canarias, la mariposa tigre es ahora capaz de colonizar áreas del interior, migrando desde sus asentamientos permanentes en las costas españolas, una dinámica poblacional expansiva que es previsible que le permita extender aún más sus dominios por el sur europeo debido al CC.



*Mariposa tigre (Danaus chrysippus)*. Gurrea de Gállego.

El taladro del geranio (*Cacyreus marshalli*) y el taladro de las palmeras (*Paysandisia archon*) son dos especies invasoras a las que favorecen los inviernos y otoños cálidos, cuya expansión por España ha sucedido de forma rápida desde la llegada accidental de los primeros individuos hace pocos decenios. Ambas se han expandido igualmente por otros países hacia el este y norte europeos, favorecidas por el cultivo de palmeras y geranios en lugares donde a mediados del siglo pasado era casi imposible la supervivencia de estas plantas ornamentales (5).

La espectacular esfinge de la adelfa (*Daphnis nerii*), especie nocturna migrante de origen afro-tropical, contaba con escasos registros en España y el resto de Europa hasta el último decenio del S. XX (16, 21). A partir de entonces se han incrementado las citas en diferentes lugares de la península y países centro-europeos, tanto de adultos atraídos por la luz como de

orugas viviendo sobre adelfas ornamentales. Esto parece deberse a que sus movimientos migratorios son ahora más frecuentes e intensos que decenios o siglos atrás, favorecidos por el clima, aunque también ha aumentado notablemente el número de avistadores y fotógrafos que contribuyen a su detección. Aún con esto, es evidente a que para esta gran polilla han mejorado las condiciones adecuadas a sus largas migraciones, así como para la supervivencia de sus crisálidas, que permanecen escasamente enterradas en otoño bajo las adelfas y no resisten las heladas (21).



Esfinge de la adelfa (*Daphnis nerii*)

Lo mismo sucede con la conocida esfinge de la calavera (*Acherontia atropos*), también de origen subtropical africano, pero que en este caso coloniza anualmente gran parte de Europa en dos generaciones gracias a sus largas migraciones y extraordinaria polifagia. Se considera que las crisálidas de este esfíngido son incapaces de sobrevivir al invierno ibérico y de otros países sureños, salvo en algunas áreas de la costa mediterránea (16, 21). Sin embargo, en mayo de 2014 se encontró un individuo recién emergido atraído por la luz en la localidad de Lamiana, en el valle de Escuaín, a 1180 m de altitud. En laderas próximas de solana valle abajo existen relictos de madroñeras y coscojar, lo que indica enclaves con topoclimas cálidos cuyos inviernos pueden llegar a ser muy suaves en

relación al entorno circundante. Su proximidad a huertos familiares donde se cultivan diversas solanáceas, de las que se alimenta preferentemente la oruga, pueden explicar este caso de supervivencia al invierno de *A. atropos* en una localidad alto-pirenaica, favorecida por unas temperaturas invernales más altas de lo habitual.



Esfinge de la calavera (*Acherontia atropos*), Lamiana.

**-Desplazamiento altitudinal de las poblaciones ante el incremento de las temperaturas y/o el desplazamiento de la planta huésped.** Un hecho constatado es el desplazamiento altitudinal y latitudinal de muchas plantas en respuesta al CC (9). Las poblaciones de varias mariposas diurnas típicas de hábitats altimontanos y alpinos también escapan del aumento de las temperaturas ascendiendo en altura, bien acompañando al mismo proceso causado por el clima en sus plantas huésped, bien por no tolerar veranos o inviernos demasiado cálidos o secos, que afectan al desarrollo larvario y la supervivencia de crisálidas y huevos (4, 8).

En áreas no montañosas las poblaciones se están desplazando hacia latitudes más septentrionales, como está sucediendo desde hace años con varias especies de mariposas diurnas en el Reino Unido (11).

La colias de montaña (*Colias phicomone*) habita en España las altas praderas húmedas del Pirineo y los Picos de Europa. En el sector central pirenaico parece estar abandonando las situadas a menor altitud, donde decenios atrás era más abundante. Los muestreos recientes, comparados con los datos bibliográficos del S. XX y de varias colecciones privadas consultadas, indican una menor densidad actual en algunas áreas, su desaparición casi total de otras y su sustitución por su congénere mas termófilo y migrante regional, la colias meridional (*Colias alfacariensis*), que se ha registrado más común de lo habitual en cotas donde antes volaba *C. phicomone*, ocupando su nicho ecológico (12). La colias de montaña parece mantenerse en densidades normales sólo en las cotas más elevadas de su hábitat, si bien en las áreas más áridas del Pirineo central parece no encontrar suficientes recursos tróficos a mayor altitud, siendo actualmente escasa en valles como Ordesa, donde hace 40 años era más común (6).

En este mismo valle, otras especies montanas como *Melanargia galathea*, *Erebia euryale*, *Argynnis paphia* o *Argynnis aglaja*, hace unas décadas abundantes en las praderas y claros forestales del tramo medio, se han registrado mucho más escasas en la actualidad, sin que nada explique este declive poblacional en un hábitat perfectamente conservado, salvo el factor climático o una no detectada contaminación química (6).



Colias de montaña (*Colias phicomone*).

## IMPACTO EN LA BIOLOGÍA

**-Desajustes en la fenología.** Las alteraciones de la fenología por causas climáticas afectan tanto a las mariposas como al crecimiento y floración de sus plantas huésped y fuentes de néctar, con las que mantienen ciclos sincronizados. Esto supone un hándicap para la supervivencia de estos insectos y su descendencia a lo largo de una o más generaciones anuales. Fenómenos como sequías prolongadas o eventos de temperaturas más elevadas o bajas de lo normal en diferentes épocas el año son recurrentes en el ámbito ibérico, especialmente en los biomas mediterráneos. Las especies más adaptadas a un clima variable cuentan con mecanismos para paliar las consecuencias de estos eventos sobre su fenología y densidad poblacional, siendo capaces de recuperarse en pocos años merced a la elasticidad de su ciclo biológico o a una elevada tasa de reproducción.

Sin embargo, al aumentar la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos adversos o anormales, los mecanismos compensatorios con los que cuentan muchas especies se ven desbordados. Poblaciones enteras disminuyen su densidad de forma muy prolongada, se fragmentan y pueden llegar a desaparecer totalmente de un área extensa en pocos lustros (1, 3, 15).

Las primaveras cálidas y secas de algunos de los últimos años han propiciado en localidades del Prepirineo central la emergencia precoz de individuos de varias mariposas diurnas generalistas, como *Lasiommata megera*, *Pararge aegeria*, *Colias crocea*, *Pieris rapae*, *Lampides boeticus*, *Polyommatus icarus* o *Iphiclides feisthamelii*. De estas especies se han observado en los últimos 6 años individuos en diciembre, enero, febrero y marzo en localidades entre 800 y 1000 m de altitud, cuando su fecha de vuelo habitual en estos hábitats termina en octubre y comienza de nuevo a finales de marzo o principios de abril (13). Si el invierno ha sido también seco, muchas de las plantas en las que estas mariposas ponen sus huevos, y otras de las que liban, todavía no habrán brotado o florecido, con lo que la reproducción de los individuos extemporáneos será poco o nada exitosa. Cuando a días demasiado cálidos en febrero y marzo les suceden las lógicas olas de frío, estos individuos morirán irremediabilmente antes de poder completar la reproducción, mermando la densidad primaveral de la especie e influyendo en la de sucesivas generaciones.



Podalirio meridional (*Iphiclides feisthamelii*), especie afectada por el adelanto de sus fechas de vuelo primaverales en el norte ibérico.

**-Incremento del número de generaciones anuales.** Entre las especies generalistas, las que pueden causar plagas y las invasoras, la mayoría muy resilientes y adaptables al clima, puede incrementarse el número de generaciones anuales y con ello elevarse de forma preocupante su densidad. Las repercusiones socio-económicas y ecológicas pueden llegar a ser notables en el caso de las plagas de cultivos y bosques, tanto autóctonas como invasoras (5), y de aquellas especies de lepidópteros y otros invertebrados que inciden en la salud humana y animal, como mosquitos o garrapatas.

La polilla del boj (*Cydalima perspectalis*) incrementa el número de generaciones anuales en las áreas geográficas o países de clima más cálido y húmedo (hasta 5 en Japón), mientras que se reduce sólo a 2 o 3 en las áreas más áridas o frías que ha invadido en Europa, incluidas las localidades aragonesas de donde se ha reportado hasta la fecha (17). Es previsible que el número de generaciones de esta especie se incremente en algunos hábitats aragoneses en años favorables, incluidos los más fríos y húmedos conforme la especie se aclimate a ellos. Las bojedas que todavía se mantienen a salvo de esta plaga no tardarán en dejar de estarlo debido a su elevada capacidad adaptativa, su elevada tasa de reproducción, la escasez de predadores y los efectos del CC en las sierras peninsulares.



Polilla del boj (*Cydalima perspectalis*).

Para algunas especies de lepidópteros, tanto especializadas como generalistas, se ha constatado en los últimos decenios la aparición de una generación en otoño, incluso en áreas de montaña. Y también la supervivencia de viejas hembras de especies estivales hasta bien entrado noviembre, cuando lo habitual es que mueran con los primeros fríos de finales de septiembre o mediados de octubre. La descendencia de generaciones tan tardías en la montaña no encuentra ya el alimento larvario en la cantidad y calidad necesaria, o no puede hibernar en el estadio adecuado y muere sin producir adultos al año siguiente. Esto puede mermar año tras año la densidad poblacional en áreas afectadas por altas temperaturas otoñales, y se suma a otros factores que explican la regresión en Europa de especies polivoltinas generalistas antes comunes, como *Lasiommata megera* o *Lycaena phlaeas* (11).

El incremento de generaciones, favorable para algunas especies, puede por lo tanto ser perjudicial para otras. Más aún si aparece ligado a los desajustes fenológicos comentados en el apartado anterior, de manera que los efectos combinados de ambos pueden agravar la tendencia regresiva detectada en diferentes especies europeas polivoltinas (3, 11, 15).



Manto bicolor (*Lycaena phlaeas*).

**-Incidencia de parasitoides, virus y bacterias patógenas o aliadas.** El impacto del CC sobre otros organismos que interactúan con los lepidópteros puede tener repercusión en el equilibrio poblacional de estos, incrementando los índices de parasitismo y de enfermedades virales o bacterianas que afectan a larvas y pupas (5). Por otro lado, algunas bacterias pueden ser a la vez aliadas, como las del género *Wolbachia*, que se han revelado como barreras reproductivas que impiden la hibridación entre especies crípticas (27). Este complejo mecanismo protege los procesos de especiación genética, al tiempo que su conocimiento permite su empleo en la lucha contra mosquitos vectores de enfermedades (28).

Las mariposas especialistas distribuidas en núcleos dispersos y pequeños, como los endemismos ibéricos amenazados morena española (*Aricia morronensis*) y azufrada de Monegros (*Euchloe bazae*), serían algunas de las más vulnerables en caso de producirse una epidemia microbiana o la sobreabundancia de algún parasitoide en sus hábitats por causas climáticas.

**-Aumento de la competencia trófica.** Las especies monófagas también pueden verse afectadas por problemas fitosanitarios en la planta huésped favorecidos por el CC. Aparte de patologías microbianas, el incremento de la competencia trófica por parte de otros comensales vertebrados o invertebrados, puede tener efectos muy negativos para estas mariposas, estrechamente dependientes de la densidad y estado sanitario de su planta huésped dentro de un nicho climático y una fitosociología muy específicos.



Azufrada de Monegros (*Euchloe bazae* ssp. *iberae*), taxón monófago del asperillo (*Vella (Boleum) asperum*), también endémico de las estepas del bajo Aragón.

**-Aumento o descenso de la presencia y densidad de macro y micropredadores.** Es un importante factor regulador de las poblaciones de lepidópteros, tanto de los estadios inmaduros como de adultos. Si se altera el equilibrio biológico al incrementarse o disminuir la densidad de algún predador por cambios en las condiciones eco-climáticas, las consecuencias se traducen en la merma poblacional de lepidópteros por excesiva presión predatoria; o bien lo contrario, la sobrepoblación de especies con tasas de reproducción elevadas en respuesta a la desaparición o escasez de sus principales predadores (5, 8).

La disminución de los contingentes de aves y murciélagos, considerados importantes reguladores de estos insectos, tiene efectos casi inmediatos sobre el arbolado, los cultivos o la flora silvestre de las que se alimentan las orugas, pudiendo provocar el incremento de patologías causadas por insectos en plantas amenazadas. Especies nunca reportadas como plagas son susceptibles de alcanzar este nivel debido a un clima más cálido, incidiendo en el equilibrio biológico en los ecosistemas y por lo tanto en la economía y la salud humana y animal. Las especies ya conocidas por esta causa pueden llegar a picos poblacionales nunca registrados, afectando a áreas más extensas y con mayor virulencia (5).

## IMPACTO EN LA MORFOLOGÍA

**-Mutaciones adaptativas del patrón alar.** Los lepidópteros, como todos los demás invertebrados terrestres, son animales exotermos que dependen de la temperatura del aire y el calor del sol para poder desarrollarse en sus estadíos larvarios, y para alimentarse y reproducirse en su fase adulta. En algunas especies de mariposas diurnas se está constatando un proceso adaptativo relacionado con la capacidad de los adultos de absorber o disipar el calor por medio de su patrón alar. Las alas actúan en las mariposas diurnas como captadores solares que re-dirigen el calor a través de las venas alares hacia el tórax, y desde este llega al abdomen y la cabeza. Las escamas negras o oscuras absorben el calor, y por ello cubren en muchas especies montañas las áreas alares más próximas al cuerpo, concentrándolo en torno a este. Las escamas blancas o claras lo disipan, ayudando a enfriar al insecto en los hábitats cálidos.

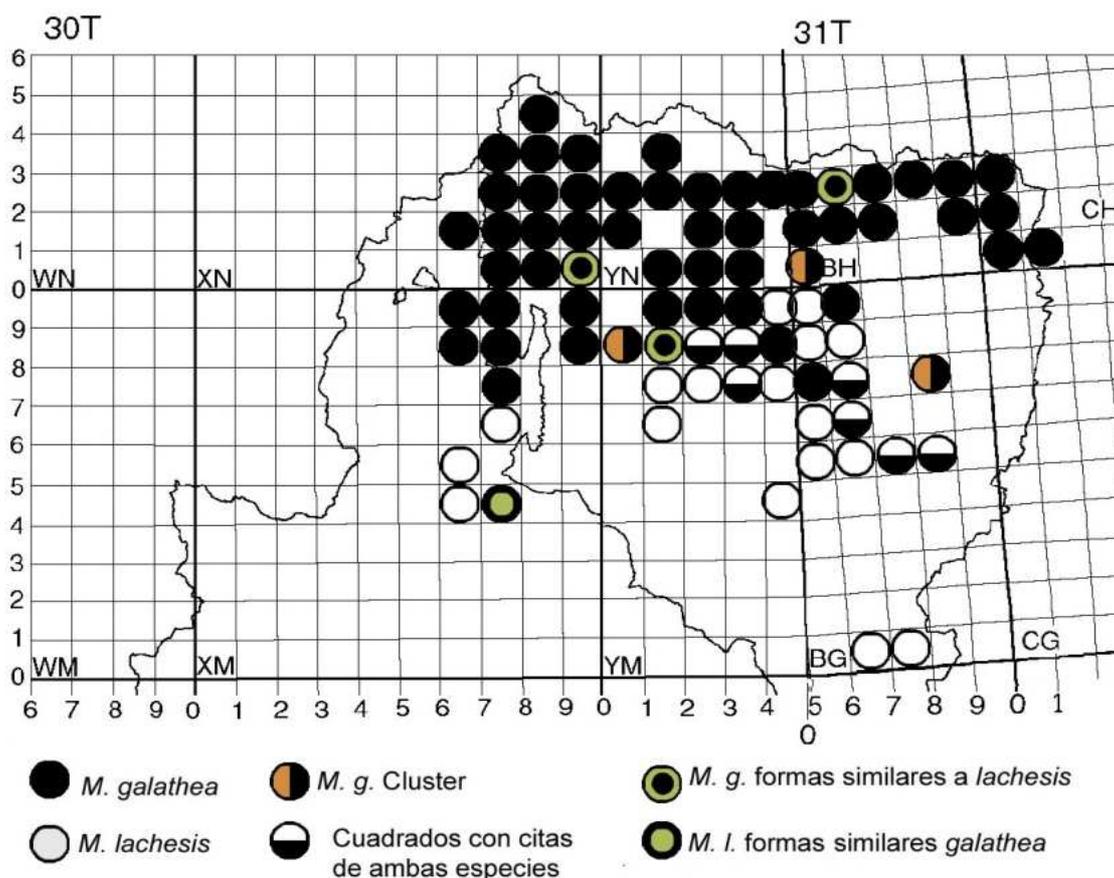
Las mutaciones que producen adultos más claros están apareciendo con frecuencia en los últimos dos decenios en el Pirineo de Huesca en especies como la medioluto norteña (*Melanargia galathea*). Se trata de una mariposa común en la cordillera desde las sierras exteriores hasta los valles axiales, de la que se están registrando abundantes individuos con la ornamentación negra reducida, especialmente en el área basal de las alas (foto siguiente). Estos individuos aparecen salpicados cada vez con más frecuencia en poblaciones con el patrón alar típico, tanto en sierras subhúmedas del Prepirineo como en algunos valles del alto Pirineo (6).

En áreas prepirenaicas situadas a menor altitud, como los tramos medios de las cuencas del Ara y el Isábena, existen poblaciones homogéneas con un patrón alar y envergadura similares la medioluto meridional (*Melanargia lachesis*), endemismo franco-ibérico que ocupa buena parte de la península al sur de los Pirineos, caracterizado por tener las manchas negras alares menos extensas y una envergadura algo mayor que *M. galathea*, fruto de los hábitats más cálidos que ocupa (6, 22).

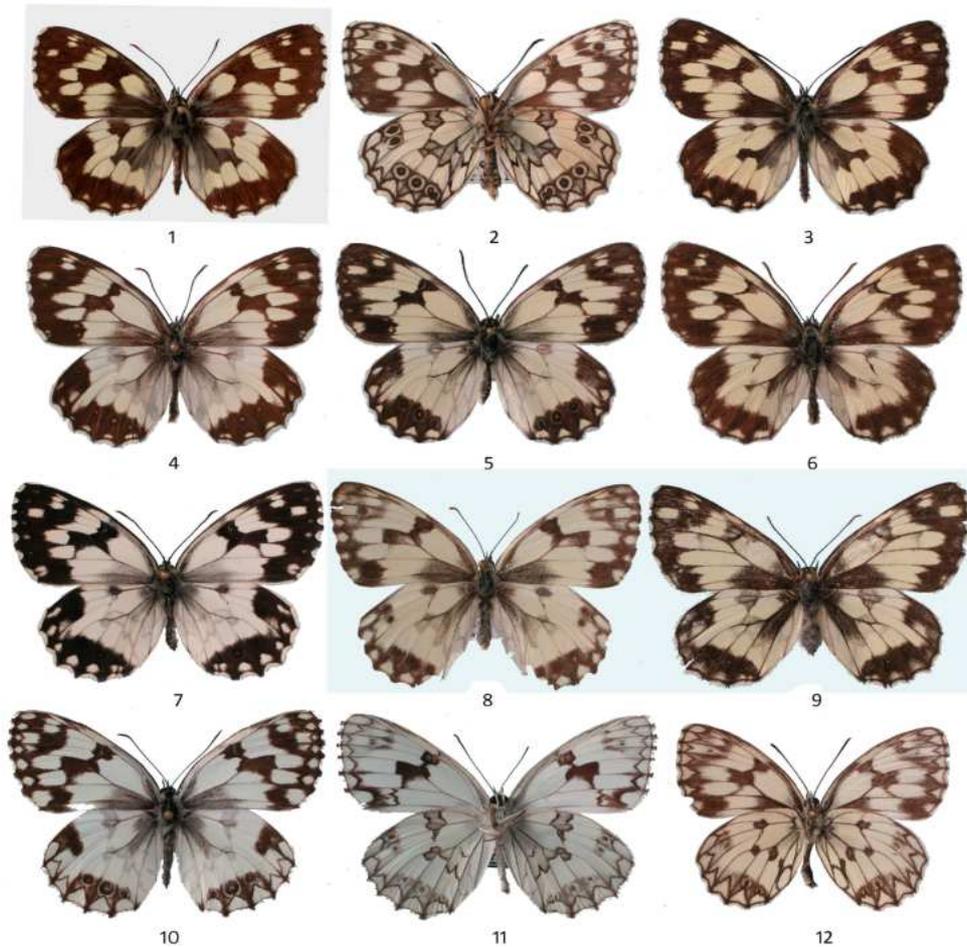
Los datos acumulados indican se está desarrollando un rápido proceso de adaptación fisiológica de *M. galathea* a un hábitat más cálido en la vertiente sur de cordillera, donde las mutaciones claras, debidas probablemente a la introgresión genética de núcleos próximos de *M. lachesis*, tienen ventajas ecológicas que las hacen cada vez más frecuentes por selección natural.

En los sectores del Prepirineo que conforman el límite meridional de su distribución ibérica, las mencionadas poblaciones con patrón alar claro y

mayor talla aparecen en áreas con clima muy mediterraneizado, conformando *clusters* genéticos con un patrón alar homogeneizado debido al contacto con poblaciones cercanas de *M. lachesis*. Aunque es un extremo que debe comprobarse, parece que desde estos *clusters* se irradia un flujo genético que favorece la aparición de las mutaciones claras detectadas más al norte, como parte de un proceso activo de adaptación climática.



Distribución en UTM de 10 x 10 Km de *M. galathea* y *M. lachesis* en el tercio norte de Aragón según los datos acumulados, indicando las áreas donde aparecen poblaciones típicas de *M. galathea*, de *M. lachesis*, los clusters de introgresión genética, los cuadrados con citas de ambas especies sin comprobación de la presencia de formas intermedias, y las poblaciones típicas donde se han hallado formas de *M. galathea* similares a *M. lachesis* y viceversa.



-Medioluto norteña (*Melanargia galathea*): Individuos t picos (**1** anverso, **2** reverso), formas individuales de diversas localidades pirenaicas (**3** Sercu , **5**, **8**, **9** Pico del Aguila, **6** S. Juan de la Peña, **7** Bujaruelo, **12** Revilla, reverso), y habitus t pico en las cuencas del Ara y el Isábena (**4** Bolta a).  
 -Medioluto meridional (*Melanargia lachesis*): **1** anverso, **2** reverso (alrededores de Zaragoza).

Aunque lo anterior y lo siguiente son evidencias todavía sometidas a estudio, parece que la doncella tímida (*Melitaea didyma*) también está manifestando en su patrón alar los efectos de un clima más cálido y seco en el norte ibérico. En esta especie existe una clina altitudinal en el alto Pirineo, en cuyos fondos de valle y piedemontes de solana domina la forma *meridionalis*, con hembras de fondo alar naranja más claro que el macho y ornamentación negra algo menos extensa, mientras que en prados y claros de bosques húmedos y en el piso subalpino del alto Pirineo aparece la forma *occidentalis*, t pica del centro y norte de Europa, cuyas hembras presentan las alas anteriores de fondo gris azulado o gris oscuro y las posteriores con amplia difusión grisácea extendida desde la base alar (**6**).

La distribución altitudinal de la forma clara parece estar ascendiendo en algunos valles, probablemente como respuesta al aumento de 1,5° C en las temperaturas medias anuales registradas en el Pirineo en los últimos 50 años, y un régimen pluvial con tendencia a la disminución y más irregular en su reparto, según revelan los datos del Instituto Pirenaico de Ecología (7).



Doncella tímida (*Melitaea didyma*). Arriba, hembras de la forma *occidentalis* (valles de Hecho y de Ordesa); abajo de la f. *meridionalis* (Lamiana y Riglos).

**Descenso de la talla de los adultos.** Las sequías en primavera e inicios del verano provocan un escaso crecimiento de muchas plantas, incluso impide su brote anual. Si esta sequía se prolonga durante el verano, las especies con larvas estivales también se ven afectadas por la falta de alimento o la menor calidad de este. En años en los que esto sucede, la mayoría de los adultos de muchas mariposas diurnas y nocturnas presentan un menor densidad y una talla inferior a la habitual, que se recuperan en posteriores generaciones en cuanto las condiciones climáticas vuelven a ser adecuadas. Esta capacidad adaptativa permite que un suficiente porcentaje de las orugas completen su ciclo en años con escasez de comida, creciendo menos pero llegando a la ninfosis de forma normal. Los adultos surgidos, aunque más pequeños, mantienen sin embargo intacta su capacidad reproductora y la salvaguarda de la población con la suficiente densidad.

No obstante, y según observaciones en el Prepirineo de Huesca, cuando se suceden varios años desfavorables a especies monovoltinas, como el gran pavón (*Saturnia pyri*), el lepidóptero más grande de Europa, abundante en este sector pirenaico, todos los escasos imagos observados tras años secos

presentan una envergadura notablemente inferior, que se mantiene al año siguiente aún mejorando las condiciones climáticas. Si persisten los veranos sin lluvias, como 2023 y 2024, la especie más grande de Europa pierde durante un tiempo este calificativo, desplazada por el satúrnido oriental aclimatado hace más de un siglo en Mallorca, el bombox del roble (*Antheraea pernyi*), y por su pariente *A. yamamai*, también oriental e introducida junto a la anterior para la producción de seda en países del este del Mediterráneo (16).

Tras lo anecdótico de esta circunstancia subyace sin embargo un fondo preocupante. La disminución prolongada de talla junto a una menor densidad de adultos pueden llevar a una degradación poblacional, y a la desaparición de este satúrnido de las áreas más áridas, como el valle del Ebro. El gran pavón es una especie muy resiliente y bien adaptada a diferentes hábitats, incluso los subdesérticos y los muy humanizados, viviendo en parques, jardines y cultivos de frutales. Pero durante su fase larvaria y su hibernación como crisálida necesita respectivamente abundante comida y el grado de humedad que proporcionan la lluvia y las nieblas en los hábitats que ocupa, que impide que las crisálidas se deshidraten. Junto a las contaminaciones agro-química y lumínica, el CC se considera uno de los principales factores que afectan a la conservación de este y otros magníficos lepidópteros en muchas áreas europeas (10, 15).



Gran pavón (*Saturnia pyri*), macho de envergadura inferior a la habitual.

## BIBLIOGRAFÍA\*

\* Libros en cursiva

- 1 -Clavel, J., R. Julliard & V. Devictor, 2011. Worldwide decline of specialist species: Toward a global functional homogenization? *Frontier Ecological Environment*, 9: 222-228.
- 2 -Todisco, V., P. Gratton, D. Cesaroni & V. Sbordoni, 2010. Phylogeography of *Parnassius apollo*: hints on taxonomy and conservation of a vulnerable glacial butterfly invader. *Biological Journal of the Linnean Society*, 101: 169-83
- 3 -Fourcade, Y., M. Kuussaari, M. Wallisdevries & C. A. M. van-Swaay, J. Heliölä & E. Öckinger, 2021. Habitat amount and distribution modify community under climate change. *Ecology Letters*, march 2021, doi: 10.1111/ele.13691
- 4 -Hodgson, J. A., C.D. Thomas, S. Clinderby, H. Cambridge, P. Evans & J.K. Hill, 2011. Habitat re-creation strategies for promoting adaptation of species to climate change. *Conservation Letters*, 4:289-297
- 5 -Montero-Castaño, A., M. Calviño-Cancela, S. Rojas-Nossa, P. De la Rúa, M. Arbetman & C. L. Morales, 2018. Invasiones biológicas y pérdida de polinizadores. *Ecosistemas*, 27(2): 42-51.
- 6 -Murria Beltrán, E., 2021. *Mariposas diurnas del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Atlas y guía de campo*. 556 pp. Ecomuseo de las Mariposas-Otro matiz Eds.
- 7 -OPCC-CTP, 2018. El cambio climático en los Pirineos: impactos, vulnerabilidades y adaptación. Bases de conocimiento para la futura estrategia de adaptación al cambio climático en los Pirineos. 149 pp.
- 8 -Romo, H., E. García-Barros, A. L. Márquez, J. C. Moreno & R. Real, 2014. Effects of climate change on the distribution of ecologically interacting species: Butterflies and their main food plant in Spain. *Ecography* 37: 1063-1072.
- 9 -Savage, J., & Vellend, M., 2015. Elevational shifts, biotic homogenization and time lags in vegetation change during 40 years of climate warming. *Ecography*, 38: 546-555.
- 10 -Wallis De-Vries, M.F. & C.A.M. Van-Swaay, 2006. Global warming and excess nitrogen may induce butterfly decline by microclimatic cooling. *Global Change Biology*, 12: 1620-1626.
- 11 -Fox, R., Brereton, T.M., Asher, J., Agust, T.A., Botham, M.S., Bourn, N.A.D., Cruickshanks, K.L., Bulman, C.R., Ellis, S., Harrower, C.A., Middlebrook, I., Noble, D.G., Poweny, G.D., Randle, Z., Warren, M.S., & Roy, D.B., 2015. The State of de UK's Butterflies 2015. *Butterfly Consevation & Centre for Ecology & Hydrology Wareham, Dorset*.

- 12 -Murria-Beltrán, E., 2021.** Seguimiento de tres mariposas en el pirineo aragonés oriental. Compilación y análisis de los resultados totales (2018, 2019, 2021). Propuesta HB-12025. Dirección General del Medio Natural de Huesca, Gobierno de Aragón.
- 13 -Murria-Beltrán, E., 2020.** Análisis y estudio de invertebrados como bioindicadores de cambio climático en hábitats vulnerables del Prepirineo aragonés. Informe del Contrato Menor 2020/4422-CONMN/24. Dirección General de Cambio Climático y Educación Ambiental, Gobierno de Aragón.
- 14 -Sánchez, E. & G. Miguez-Macho, 2010.** Proyecciones regionales de clima sobre la península Ibérica: Modelización de escenarios de Cambio Climático. In: *Clima en España: Pasado, presente y futuro. Informe de Evaluación del Cambio Climático Regional*. CLIVAR España. Fiz F. Pérez & R. Boscolo Eds.
- 15 – Numa, C., 2016.** *The status and distribution of Mediterranean butterflies*. 32 pp. IUCN Monographic Series: Red List of Threatened Species. Regional Assessment.
- 16 -De Freina, J. J. & T. J. Witt, 1987.** *Die Bombyces und Sphinges der Westpalearkt (Insecta: Lepidoptera)*. 708 pp. Edition Forschung & Wissenschaft Verlag GmbH, München.
- 17 -A. Hernández-Jiménez, S. Louis-Ortega, F. Garcés-Bericat, F. J. Castillo-Valenzuela, A. Baquero-Arce, J. Ariño-Lampérez, D. Fernández-Fernández, A. Salvera-Lafita, F. Lorente-Añaños, C. M. Tris-Casajus, J. Fraile-Yécora, J. Puente-Cabeza & E. Murria-Beltrán, 2019.** Presencia en Aragón (España) de la polilla del boj *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae, Spilomeninae). *Bol. SEA*, nº 65: 167-172.
- 18 -Murria-Beltrán, E., 2018.** Bionomía, taxonomía y conservación de *Erebia lefebvrei* (Boisduval, [1828] 1829) en la sierra de Guara (Huesca, noreste de España), con la descripción de una subespecie endémica caracterizada genéticamente (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae). *Bol. SEA*, nº 60: 41-54.
- 19 -Platania, L., M. Menchetti, V. Dinca, C. Corbella, I. Kay-Lavelle, R. Vila, M. Wiemers, O. Schweiger & L. Dapporto, 2020.** Assigning occurrence data to cryptic taxa improves climatic niche assessments: Biodecrypt, a new tool tested on European butterflies. *Global Ecology and Biogeography*. Doi: 10.1111/geb.13154
- 20 -Murria-Beltrán, E., 2009.** Presencia de *Apatura iris* (Linnaeus, 1758) (Nymphalidae, Apaturinae) en el Pirineo central de Huesca, nuevos registros de *Danaus chrysippus* (Linnaeus, 1758) (Nymphalidae, Danainae) del valle

medio del Ebro, y otros datos de interés para el conocimiento de los Papilionoidea de Aragón (España) (Lepidoptera). *Bol. SEA*, nº 45: 335-342.

**21 -Pittaway, A. R., 1993.** *The Hawkmoths of the Western Palearctic*. 240 pp. Harley Books & The Natural History Museum.

**22 -Murria-Beltrán, E., 1995.** Contribución al conocimiento de los Lepidópteros de la comarca de Graus (Huesca). *Bol. SEA*, 8:19-25. Zaragoza.

**22b -Murria-Beltrán, E. 1999.** *Danaus chrysippus* L. en el suroeste de la provincia de Zaragoza y otros datos de interés sobre Ropalóceros en Aragón (España). *SHILAP, Revta. lepid.* 27(106): 272.

**23 -Sistri G., M. Menchetti, L. Santini, L. Pascual, S. Sapianti, A. Cini, L. Platania, E. Baletto, F. Barbero S. Bonelli, L.P. Casaccci, V. Dincă, R. Vila, C. Martoni, S. Fattorini & L. Dapporto, 2022.** The isolated *Erebia pandrose* population is genetically unique and endangered by climate change. *Insect Conservation and Biodiversity*, 15: 136-148.

**24 -Descimon, H., 2006.** La conservation des *Parnassius* en France: aspects zoogéographiques. écologiques, démographiques et génétiques. 1- Situation en 1995. *Bull. Léop. Paris*, 15(33): 34-52.

**25 -Barea-Azcón, J.M., Fuentes, F. & Pérez F.J., 2008.** *Parnassius apollo* (Linnaeus, 1758).- In: *Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía*: 1100-1106. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

**26 -Romo, H., E. García-Barros, J. Matín, J. Ylla & M. López, 2012.** *Parnassius apollo* in: VV.AA. Bases ecológicas preliminares para la conservación de las especies de interés comunitario en España: Invertebrados. M.A.A.M.A, 65 pp.

**27 -Hernández-Roldan, J., L. Dapporto, V. Dincă, J.C. Vicente & R. Vila, 2016.** Integrative analyses unveil speciation linked to host plant shift in *Spialia* Butterflies. *Molecular Ecology*, 25(17): 4267-4284.

**28 -Lefteri, D., S.M. Rainey, S.M. Murdochy & S.P. Sinkins, 2024.** Bunyamwera Virus Infection of Wolbachia-Carrying *Aedes aegypti* Mosquitoes Reduces *Wolbachia* density. *Viruses*, 16, 1336. <https://doi.org/10.3390/v16081336>