

6.3. Fenología de mariposas diurnas en Sierra Nevada

Barea-Azcón, J.M.

Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía

Resumen

El estudio fenológico de las comunidades de mariposas diurnas de Sierra Nevada muestra que la mayor parte de las especies atrasan sus periodos de vuelo en las localidades situadas a mayor altitud. Las especies con periodos de vuelo más tardíos (especies de verano) muestran una sincronización mayor a lo largo de sus distribuciones altitudinales que las especies más precoces (especies de primavera). Se ha comprobado que la ocurrencia de primaveras cálidas reduce el retardo altitudinal medio de cinco especies de mariposas representativas de diferentes ecosistemas de Sierra Nevada. Esto sugiere que un incremento de la temperatura reducirá las diferencias fenológicas a lo largo del gradiente altitudinal estudiado. Los resultados obtenidos muestran que las primaveras cálidas, y más concretamente las temperaturas altas del mes de mayo, provocan un adelanto del periodo de vuelo de la mariposa apolo de Sierra Nevada.

➤ Objetivos y metodología

Censos de mariposas

El método de muestreo consistió en el recuento visual de individuos adultos de mariposas diurnas a lo largo de transectos a pie, donde se contabilizan todas las mariposas que se observan en una caja imaginaria de 2,5 m a cada lado y de 5 m por delante y por encima del observador [5]. Es un método aceptado internacionalmente y se sigue en otros programas similares en diferentes lugares del mundo. El número anual de transectos varió según el año entre 8 y 22 y la longitud de los mismos entre 300 y 3.272 m (media: 1.589,5 m). Los transectos se repitieron un mínimo de dos veces al mes y un máximo de una vez por semana. Los muestreos se realizaron desde los 700 a los 3.100 msnm.

Fenología de las mariposas

Para cada año y para cada especie se calculó la fecha media de vuelo como: $(\sum n^{\circ} \text{ de mariposas de una especie determinada} \times \text{fecha en la que se realiza el transecto}) / n^{\circ} \text{ total de mariposas de esa especie contabilizados en ese año y en esa localidad}$ [6]. No se han tenido en cuenta las especies que no son univoltinas en el área de estudio, las especies que presentan dificultades

para su identificación en campo, que presentan adultos invernantes, especies migradoras o especies de hábitos marcadamente arborícolas. A partir de esta información y de su regresión frente a la altitud a la que se sitúa cada una de las localidades estudiadas se ha inferido el retraso fenológico (expresado como días/km).

Datos climáticos

Para contrastar los efectos de la temperatura sobre el retraso fenológico, se utilizaron datos procedentes de la red de estaciones multiparamétricas del Observatorio del Cambio Global en Sierra Nevada. Se utilizaron datos de las estaciones del Encinar (1.700 msnm), Rambla de Guadix (600 msnm), Embarcadero (1.550 msnm), Piedra de los Soldados (2.150 msnm) y Aljibe de Montenegro (975 msnm).

Para analizar los efectos de la climatología sobre la fenología de *Parnassius apollo* se realizó una regresión múltiple donde la variable dependiente fue la fecha media de vuelo de los adultos en la Laguna Seca y los predictores fueron las temperaturas medias y la precipitación acumulada de abril a junio (valores mensuales y promedio para los tres meses) registrados en

la estación meteorológica ubicada en un punto intermedio del transecto (2.280 msnm).



Blanca del majuelo (*Aporia crataegi*).

➤ Resultados

Gradiente altitudinal

En los análisis han sido consideradas entre 6 y 14 especies/año, de acuerdo a los criterios establecidos. Solamente 6 especies fueron analizadas a lo largo de los tres años estudiados. La proporción de especies que muestran un retraso o un adelanto altitudinal significativo fue del 83,3 % en 2012, del 71,4 % en 2013 y del 83,3 % en 2014. En el año 2012 cinco de las seis especies retrasaron su fenología en un gradiente altitudinal, todas ellas con una respuesta significativa. En 2013, 9 especies mostraron un retraso fenológico significativo en el citado gradiente altitudinal, y 5 mostraron adelanto fenológico significativo en relación con la altitud. Por último, en 2014, 10 especies mostraron un retraso en su periodo de vuelo en relación a la altitud y 2 mostraron el patrón inverso, en todos los casos esta respuesta fue significativa. Una pauta común a todos los años es el hecho de que las especies que muestran mayor atraso fenológico son aquellas cuyo periodo de vuelo es más temprano (Figura 1).

Al estudiar la fenología de las cinco especies de mariposas diurnas con una respuesta fenológica altitudinal significativa durante los tres años analizados se observaron fluctuaciones interanuales en los valores medios (2012: 24,2 días de retraso/km de ascensión, 2013: 29,2 días de retraso/km de ascensión y 2014: 27,4 días de retraso/km de ascensión). Estas oscilaciones están relacionadas con la temperatura media de los meses de marzo, abril, mayo y junio ($r_s = 0,99$; p-valor $< 0,001$, Figura 2). Las especies incluidas en este análisis muestran perfiles ecológicos diferentes, aunque todas ellas son elementos de carácter montano: *Aporia crataegi* (altitud media 2012-2014: 1.746 msnm), *Melanargia lachesis* (altitud media 2012-2014: 1.804 msnm), *Hyponphele lycaon* (altitud media 2012-2014: 2.055 msnm), *Lycaena alciphron* (altitud media 2012-2014: 2.055 msnm) y *Parnassius apollo* (altitud media 2012-2014: 2.336 msnm).

Un caso concreto: la mariposa Apolo de Sierra Nevada

Los resultados obtenidos analizando una serie temporal de 6 años de datos disponibles para *Parnassius apollo nevadensis* muestran que la fecha media de vuelo está sujeta a fluctuaciones interanuales, pero que las diferencias entre localidades situadas a diferente altitud se mantienen constantes entre años (Figura 3). La temperatura media del mes de mayo condiciona el adelanto o el atraso del vuelo de la mariposa apolo en la localidad en la que existe una serie de datos más completa, situada en la Laguna Seca ($r_s = 0,95$; p-valor $< 0,001$, Figuras 4 y 5). De este modo, temperaturas más cálidas durante el mes de mayo propiciarían el adelanto fenológico de los adultos de apolo de Laguna Seca, mientras que temperaturas más frías en el mismo mes favorecerían un atraso. El retardo altitudinal medio para las diferentes poblaciones estudiadas de la mariposa apolo de Sierra Nevada durante los últimos 3 años es de 45,2 días/km.

➤ Discusión y conclusiones

Gradientes altitudinales en la fenología de las mariposas diurnas de Sierra Nevada

El seguimiento de mariposas diurnas en Sierra Nevada durante los últimos tres años muestra como la mayor parte de las especies retrasan su periodo de vuelo en cotas altas, aunque esta respuesta no es constante ni entre especies ni entre años. Los resultados obtenidos muestran un atraso medio de 26,93 días/km para cinco especies de mariposas diurnas con perfiles ecológicos diferentes y de las que se disponen de tendencias significativas de 2012 a 2014. Teniendo en cuenta que la temperatura descende a razón de 6°C por cada kilómetro que ascendemos en altitud, los resultados obtenidos implican que, para 1°C de incremento en la temperatura, estas especies adelantan su fenología en 4,48 días. Dado que las previ-

siones de cambio climático de aquí a final de siglo predicen un aumento en torno a los 2 y 6 °C para las temperaturas máximas y de 1 y 4 °C para las temperaturas mínimas (capítulo 1), en el 2100 el periodo de vuelo de estos insectos se podría adelantar entre 6,7 y 22,4 días aproximadamente.

A pesar de la limitación de la serie temporal existente, se ha podido establecer una estrecha relación entre la ocurrencia de primaveras (periodos marzo-junio) cálidas y la sincronización de la emergencia de adultos a lo largo de gradientes altitudinales. Este hecho, sugiere que el calentamiento del clima a escala local minimiza las diferencias en las fenofases de organismos poiquiloterms, como las mariposas, a lo largo del gradiente altitudinal.

El caso particular de la mariposa Apolo de Sierra Nevada

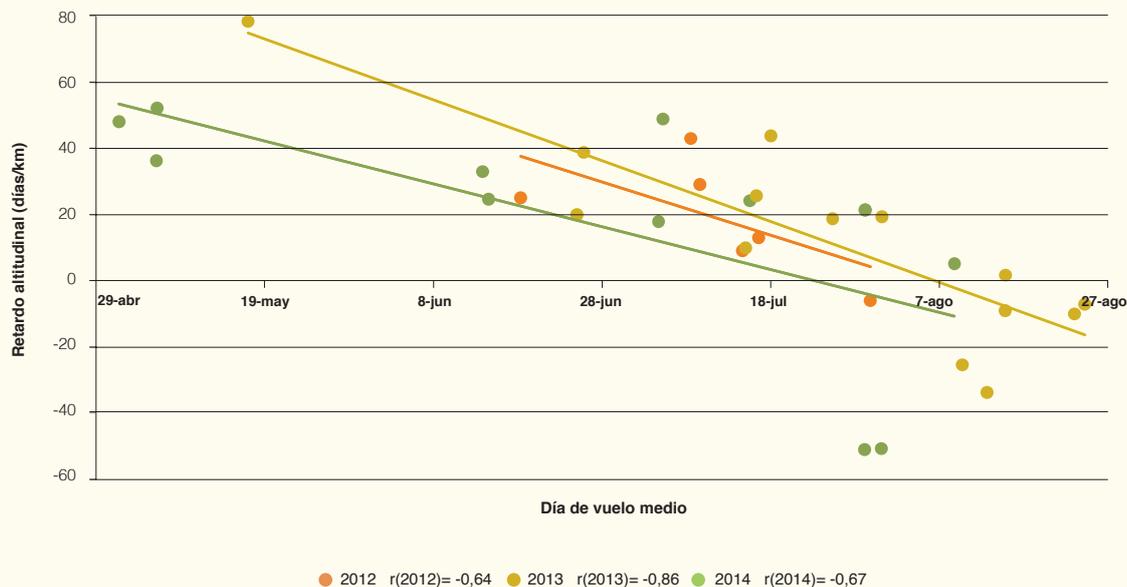
Los patrones observados en la localidad de Laguna Seca establecen una estrecha relación entre los meses de mayo cálidos y el adelanto fenológico y también se pone de relieve el proceso inverso. Mayo es un mes clave para la mariposa apolo de Sierra Nevada, pues durante este periodo las larvas de 5ª edad concluyen su desarrollo y se produce un incremento exponencial en su peso y en su tamaño (datos inéditos). Cuantas más horas al día se den las condiciones climáticas apropiadas para que las larvas permanezcan activas, mayor será su tasa de crecimiento y antes puparán, lo que a su vez puede provocar un adelanto en las fechas de vuelo de los adultos. Además, durante la serie de años analizada la temperatura del mes de

mayo está correlacionada positivamente con la temperatura media de los meses previos (febrero-mayo, $r_s = 0,81$; p-valor $< 0,05$), lo que favorece la actividad de las larvas y la acelera-

ción de su crecimiento y desarrollo. Los datos aquí mostrados ofrecen evidencias desde dos puntos de vista diferentes (gradiente temporal y gradiente altitudinal) de cuáles es-

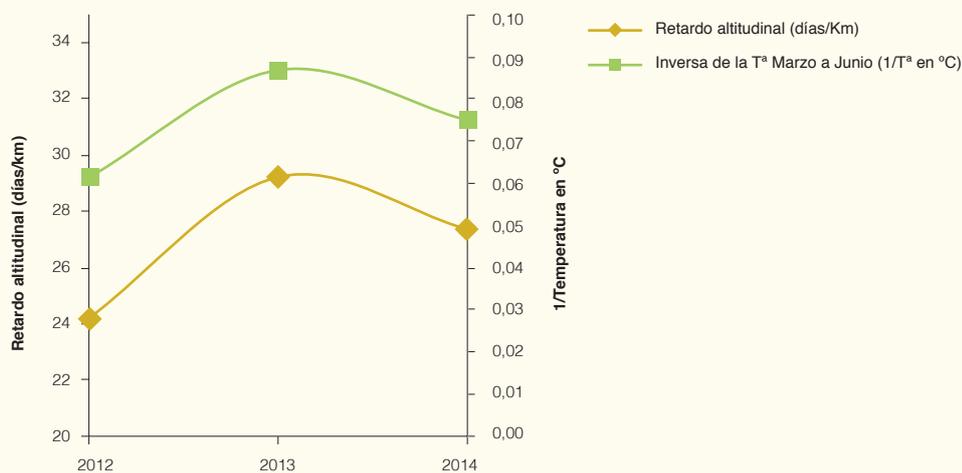
tán siendo y cuáles serán las repercusiones del cambio climático sobre las poblaciones de este elemento clave en las comunidades de insectos de la alta montaña mediterránea.

Figura 1



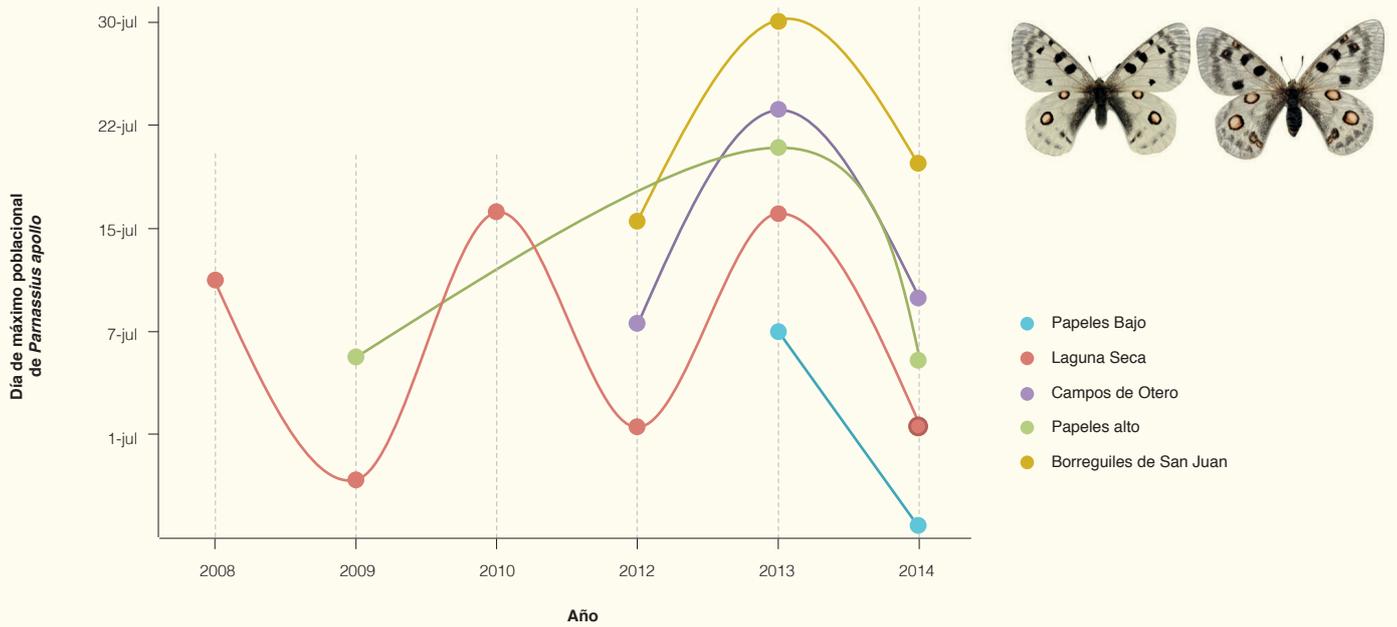
Regresión lineal entre el retardo altitudinal y la fecha media global. Cada punto representa una especie y un año.

Figura 2



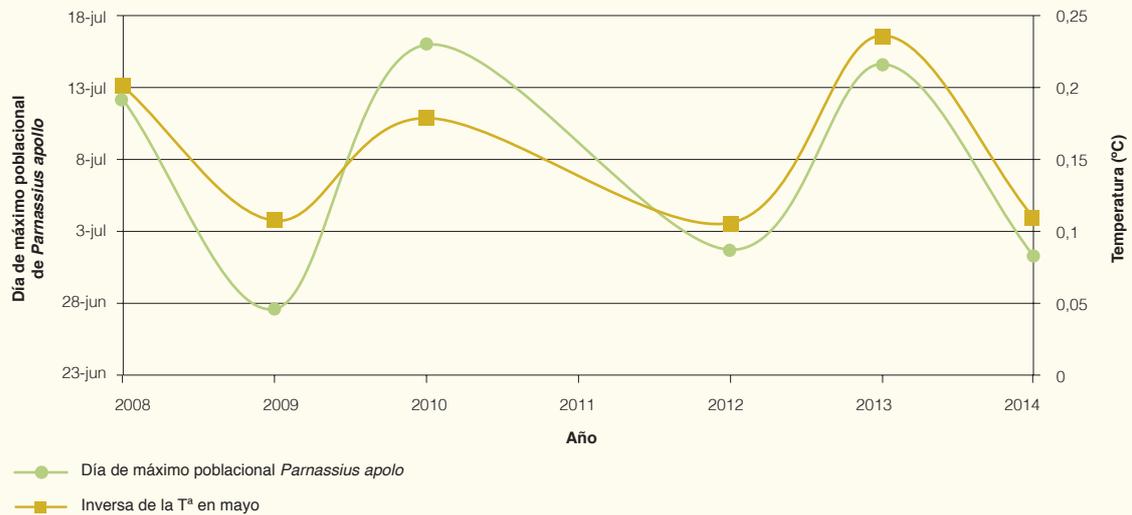
Retardo altitudinal medio para cinco especies (*P. apollo*, *M. lachesis*, *A. crataegi*, *H. lycaon* y *L. alciphron*) de 2012 a 2014 e inversa de la temperatura media de marzo a junio (registrada en 5 estaciones meteorológicas situadas entre 600 y 2.150 msnm).

Figura 3



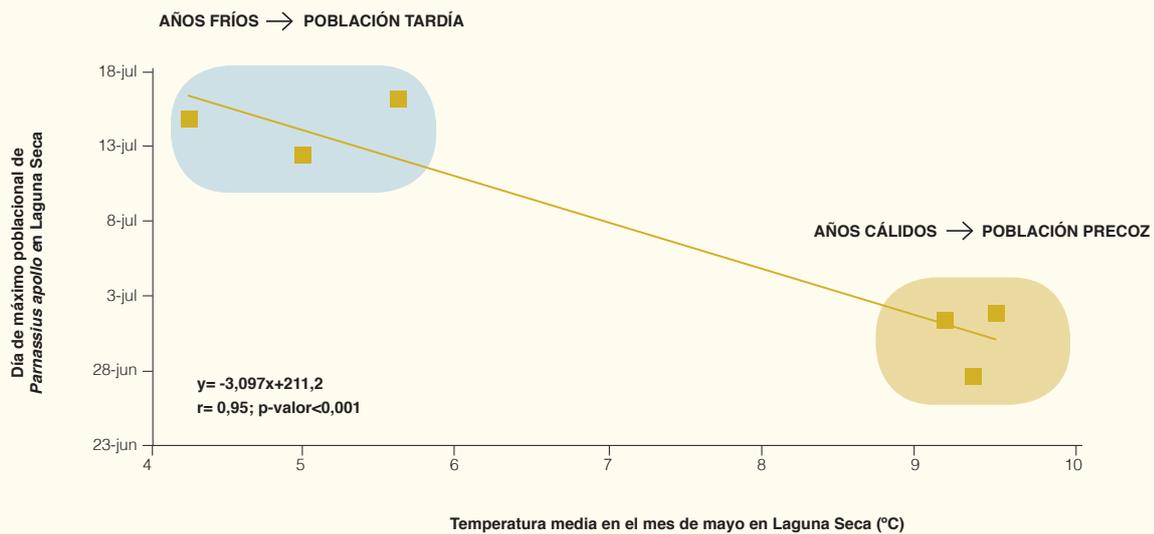
Fecha media de vuelo para *Parnassius apollo* en 2008 (1 localidad), 2009 (2 locs.), 2010 (1 loc.), 2012 (3 locs.), 2013 (5 locs.) y 2014 (5 locs.).

Figura 4



Fecha media de vuelo para *Parnassius apollo* y evolución de la T^a media en el mes de mayo en Laguna Seca.

Figura 5



Regresión lineal entre el día de máximo poblacional de *Parnassius apollo* y los valores de T^{a} media en el mes de mayo en Laguna Seca.



Parnassius apollo recién emergida con la Laguna Seca (2.280 m) al fondo.