

Influencia de las fluctuaciones climáticas sobre los ciclos de vida de coleópteros (Coleoptera: Tenebrionidae) de la superficie del suelo del Malpaís de Güímar

Influence of climatic fluctuations upon coleopterans life cycles (Coleoptera: Tenebrionidae) of the soil surface of the Malpaís de Güímar

TRABAJO FIN DE GRADO

Diego Miguel Forte Trujillo

Tutorizado por Antonio de los Santos

Contenido

Resumen.....	3
Abstract	3
1. Introducción	3
2. Objetivos	4
3. Materiales y Métodos	4
3.1 Sitio de estudio.....	4
3.2 Muestreo.....	4
3.3 Estudio de laboratorio.....	5
3.4 Análisis de datos.....	5
4. Resultados y Discusión	6
4.1 Aumento de temperatura	6
4.2 Comparación de humedad	9
4.3 Cambios anuales en la densidad-actividad de las especies	11
4.4 Cambios estacionales en la densidad-actividad de Hegeter amaroides.....	14
4.5 Variación de la longitud total y relación entre peso y temperatura	17
4.6 Recuento del número de huevos y su relación con la temperatura	19
5. Conclusiones.....	22
5. Conclusions.....	23
Agradecimientos	24
Bibliografía	25

Resumen

Se realizaron estudios acerca de la relación que las fluctuaciones climáticas tienen sobre la densidad-actividad, cantidad de huevos y parámetros biométricos en una especie del género *Hegeter* (Coleoptera: Tenebrionidae) en el Arenal de la Reserva Natural del Malpaís de Güímar, en Tenerife (Islas Canarias). El *Hegeter amaroides* es una especie de tenebriónido adaptada a vivir en microhábitats de zonas geográficas con temperaturas extremas. Es precisamente esta adaptación la que permite emplear a los individuos de esta especie como indicadores bióticos de la temperatura y la humedad de sus hábitats.

Los resultados sugieren que los cambios o fluctuaciones de la temperatura y la humedad que ha habido en los últimos treinta años en el área de estudio tienen una influencia positiva en la distribución y adaptación de esta especie, en detrimento de estos mismos parámetros en otras especies muestreadas en el mismo área de estudio, sugiriendo su futura desaparición en este hábitat.

Abstract

Studies were driven about the relationship that climatic fluctuations have on the density-activity, amount of eggs, and biometric parameters in a specie of the genus *Hegeter* (Coleoptera: Tenebrionidae) in the Arenal de la Reserva Natural del Malpaís de Güímar, in Tenerife (Canary Islands). The *Hegeter amaroides* is a tenebrionide species adapted to live in microhabitats of geographic zones with extreme temperatures. It's precisely this adaptation which allows to employ individuals of this species as biotic indicators of temperature and humidity of their hatitats.

The results suggest that changes or fluctuations of temperature and humidity that has occurred in the last thirty years in the study area have a positive influence on the distribution of this species, in the detriment of these same parameters in other species sampled in the same study area, suggesting its eventual disappearance in this habitat.

1. Introducción

Investigaciones previas realizadas sobre las distintas especies de escarabajos oscuros (Familia Tenebrionidae) se han centrado en los estudios de sus ritmos de actividad circadiana, su reproducción fenológica y sus adaptaciones morfológicas y fisiológicas que permiten su supervivencia en microhábitats localizados en zonas de temperaturas extremas (Hamilton, 1973; Bartholomew et al., 1985).

Otros estudios muestran las preferencias de distribución de estas especies en ambientes áridos y semiáridos (Hamilton, 1971; Henwood, 1975), así como su vinculación con estaciones cálidas en aquellas áreas de climas fluctuantes (Brun, 1970; Knor, 1975; Allsopp, 1980a; de los Santos et al., 1988). Los diferentes patrones de ciclos de vida identificados en diferentes áreas áridas y semi-áridas de dichas especies,

demuestran la estrecha relación de los escarabajos oscuros con la temperatura ambiental, de la que dependen sus ciclos diarios y estacionales (Brun et al., 1970)

Por tanto, es imperativo el estudiar y conocer los posibles efectos que las fluctuaciones climáticas de los últimos 30 años hayan podido tener sobre los ciclos de vida de estas especies.

2. Objetivos

Esta investigación se centra en el estudio de los ciclos de vida de una especie perteneciente al Orden Coleoptera y a la Familia Tenebrionidae; *Hegeter amaroides* en el Malpaís de Güímar (Tenerife, Islas Canarias), y la comparación de estos resultados con los resultados derivados de los estudios de esta misma especie en el mismo lugar pero en los períodos anuales de 1985-86 y 2001-02. También se atendió a los datos de densidad-actividad de otras cuatro especies de tenebriónidos en esta misma zona con el objetivo de conocer su distribución general. De esta forma se podrá conocer los posibles efectos o repercusiones que las fluctuaciones climáticas han tenido sobre estas mismas especies a lo largo de la escala temporal.

3. Materiales y Métodos

3.1 Sitio de estudio

El estudio de campo fue llevado a cabo en tres estaciones o zonas seleccionadas en el Malpaís de Güímar, localizado a una altura comprendida entre los 0 y 120 metros desde el nivel del mar. El clima del lugar es, por lo general, de tipo seco templado, con períodos de tiempo en los que la temperatura aumenta de forma notable.

La vegetación dominante del malpaís es de tipo matorral xerofítico, rica en suculentas, especialmente euforbios cactiformes o dendriformes. (e.g. *Euphorbia canariensis* L., *E. balsamifera* Ait., *E. obtusifolia* Poir.), así como *Plocama pendula* Ait.

3.2 Muestreo

Los muestreos se realizaron en tres estaciones diferentes del Malpaís de Güímar. Las especies de *Hegeter* de cada estación fueron muestreadas o capturadas mediante el uso de trampas de caída durante el período otoñal comprendido entre los meses de Septiembre y Diciembre del año 2016, cuyos datos fueron proporcionados por Jorge Julián Arechavaleta, y los meses primaverales de Marzo y Mayo del año 2017, estableciendo de esta manera un estudio que abarca los períodos estacionales de Otoño-Primavera. Además, aunque no fueron llevados a laboratorio, se contaron el número de individuos de otras especies de tenebriónidos que cayeron en dichas trampas. Estos individuos pertenecerían principalmente a las especies de *Pimelia canariensis*, *Hegeter tristis*, *Arthrodeis obesus* y *Zoophocys bicarinata*. En cada estación se estableció un cuadrante con 3x8 trampas, estableciendo una distancia entre trampas de unos 8-10 metros.

Durante el período de muestreo se tomaron datos semanales de las temperaturas y la humedad empleando un pluviómetro y un termómetro de máximos y mínimos colocados a nivel de suelo en una de las estaciones. El termómetro fue protegido de las lluvias, viento y radiaciones solares directas cubriéndolo con un techo formado por rocas o lajas de piedra volcánica del lugar, simulando de esta forma las mismas condiciones de temperatura a la que suelen estar expuestas las especies muestreadas. La humedad o precipitaciones se miden en milímetros de altura, donde cada milímetro captado por el pluviómetro indica la caída de un litro de agua por metro cuadrado.

3.3 Estudio de laboratorio

Las muestras obtenidas eran llevadas a laboratorio y sumergidas en Formaldehído al 6% para su fijación y posterior disección. A cada espécimen de *Hegeter amaroides* se le tomaban medidas con un calibrador en mm, de la longitud, altura y anchura de sus tres segmentos principales: Cabeza, tórax y abdomen; además de una última medida para su longitud total. Tras esto, cada muestra era diseccionada para determinar su sexo y su tasa de producción y maduración ovárica empleando criterios establecidos (Gilbert, 1956; Barlow, 1973; Luff, 1973; Heerdt et al., 1976; Allsopp, 1980b). Las muestras diseccionadas e identificadas eran llevadas entonces a un horno a 60°C durante 24 horas para su desecamiento y posterior toma del peso seco mediante una pesa eléctrica.

3.4 Análisis de datos

Tras el estudio de laboratorio se procedió a la comparación de los datos obtenidos durante el período Otoño-Primavera del año 2016-17 con los datos obtenidos del muestreo y el análisis de laboratorio de los períodos anuales de estudios previos realizados durante los períodos de 1985-86 y 2001-02. Los datos obtenidos durante el presente año 2016-17 se obtuvieron siguiendo los mismos criterios empleados en los estudios de los dos períodos mencionados. Con una extensión temporal de 30 años y los datos obtenidos con una diferencia temporal de 15 años entre cada estudio se logra estudio que permite observar las diferencias climáticas entre los distintos períodos así como la repercusión de las mismas sobre la distribución de las especies de *Pimelia canariensis*, *Arthrodeis obesus*, *Zoophocys bicarinata*, *Hegeter tristis* y *Hegeter amaroides*, en cuyo último caso se le realizaron los estudios de laboratorio anteriormente descritos.

La comparación fue realizada mediante la observación directa de gráficas y tablas derivadas de los datos de temperatura, humedad, densidad-actividad, peso y número de huevos de los distintos períodos temporales expuestos. Para la densidad-actividad se realizaron dos estudios diferentes. En primer lugar, un estudio en el que se recogen los datos de densidad-actividad anual de las cinco especies mencionadas para comprobar en líneas generales la mayor o menor presencia de estas especies a lo largo de la escala temporal. En segundo lugar, se realizó un estudio de la densidad-actividad mensual para *Hegeter amaroides*, relacionando los valores obtenidos con los datos de las medias de temperatura mínima y máxima para cada uno de los períodos mensuales

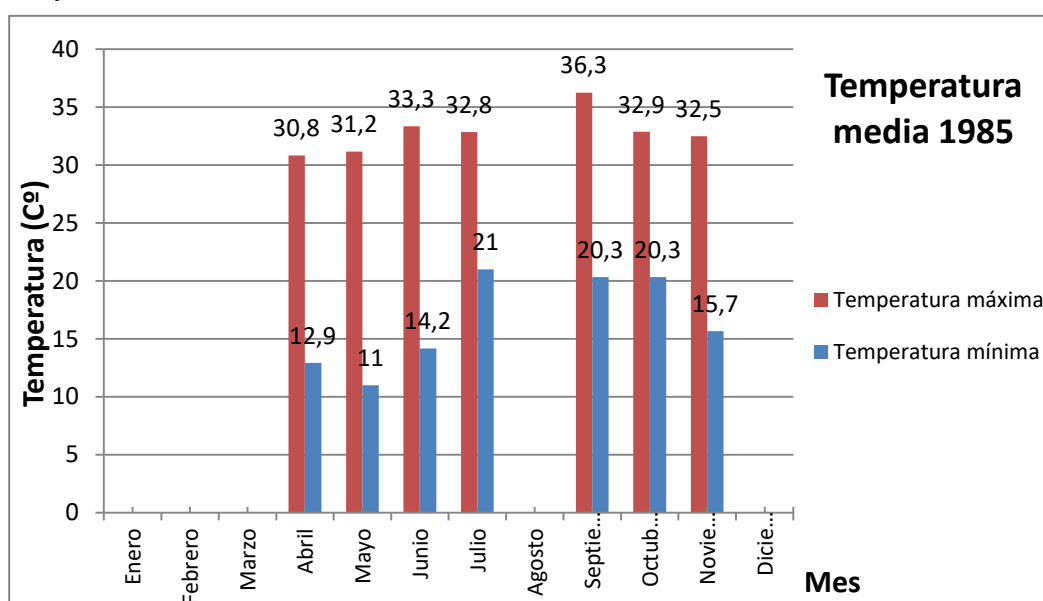
(A. De Los Santos et al., 2006). Por último, se realizaron también relaciones entre los datos de peso y número de huevos de esta especie con las medias de temperaturas máximas y mínimas debido a que es la única de las especies muestreadas a la que se le realizaron los estudios de laboratorio descritos en dos de los períodos anuales expuestos, faltando los datos del peso y el número de huevos del período anual de 2001-02.

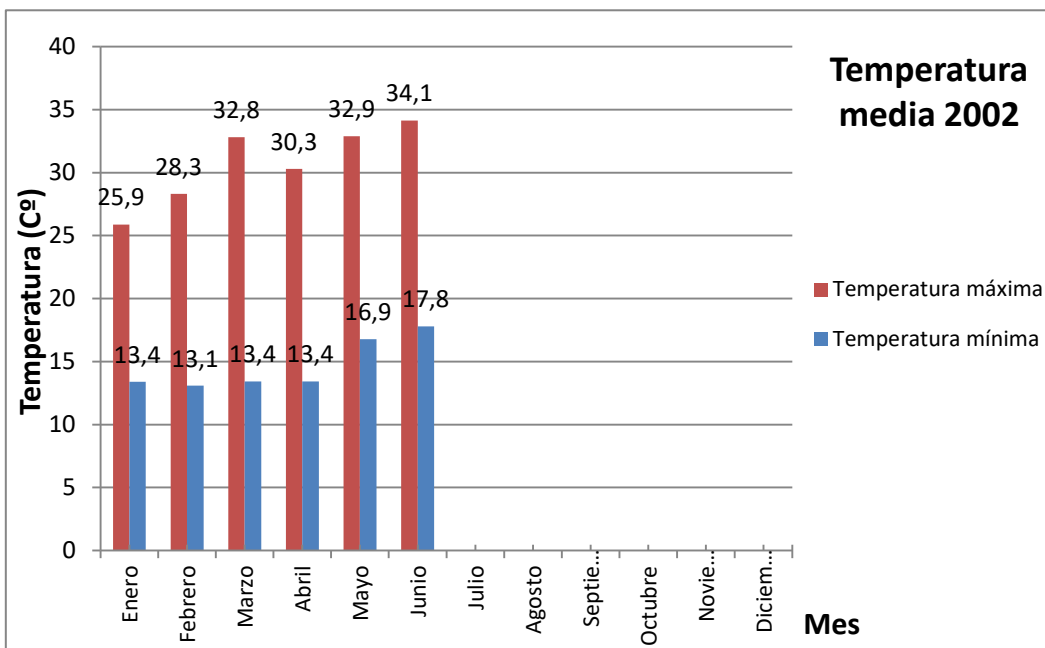
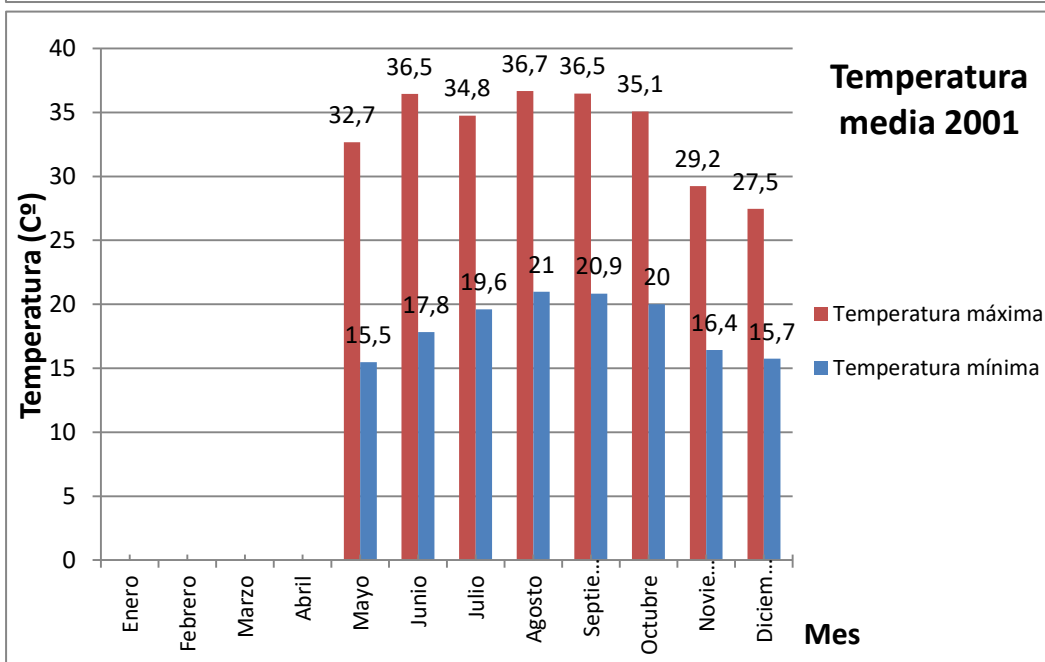
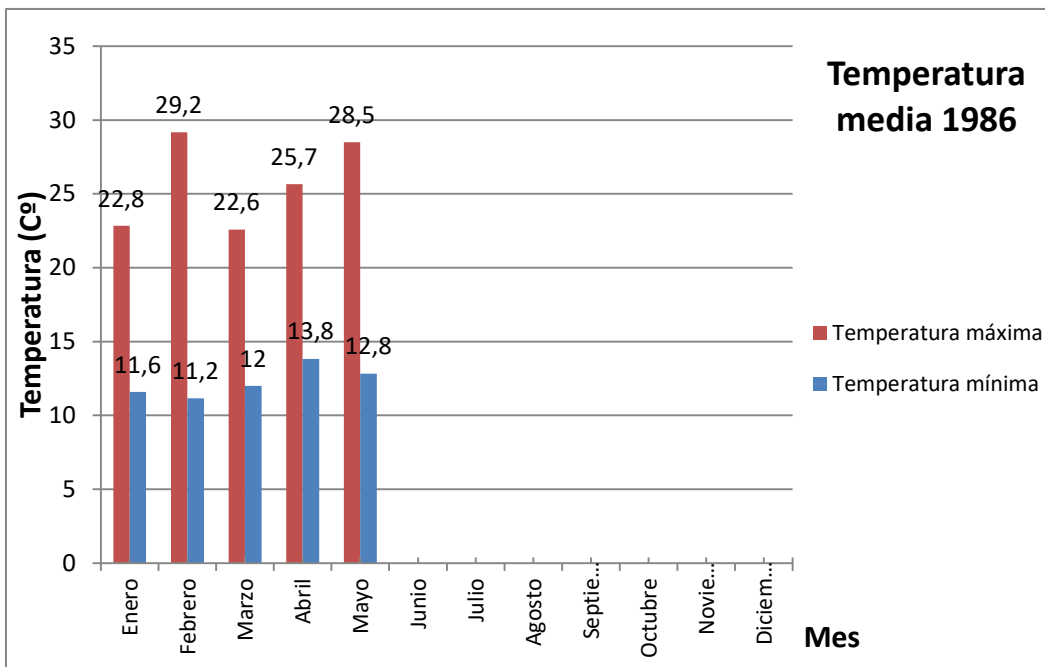
4. Resultados y Discusión

4.1 Aumento de temperatura

Las temperaturas fueron medidas semanal o bisemanalmente en cada uno de los meses correspondientes a los períodos anuales descritos empleando un termómetro de máximos y mínimos. Luego, se calculó la temperatura máxima y mínima media para cada uno de los meses de cada año analizado (Fig. 1) así como la temperatura media anual de cada período, representada en la Fig. 2. Observando la Fig. 1., podemos observar un aumento generalizado de las temperaturas máximas y mínimas mensuales a medida que avanzamos en la escala temporal hacia la actualidad.

Como se muestra en la Fig. 2. las temperaturas máximas y mínimas aumentan conforme pasa el tiempo. Entre los períodos de 1985-86 y 2001-02 podemos observar que en unos 15 años ha habido un aumento de 3°C en la temperatura media máxima, así como un aumento de 2,4°C en la temperatura mínima media. Luego, tras otros 15 años, observando los períodos de 2001-02 y 2016-17 observamos que ha habido un aumento de 0,8°C en la temperatura máxima media y de 0,5°C en la temperatura mínima media. Es posible que el aumento real de temperatura media anual entre estos dos últimos períodos sea ligeramente diferente, pues el número de meses analizados en el período 2016-17 es inferior al de los dos primeros períodos, por lo que la temperatura media podría haber sido diferente en caso de haber tomado medidas de temperaturas en un mayor número de meses. Aun así, creemos que los resultados mostrarían igualmente un aumento de la temperatura media en el Malpaís de Güímar con respecto a períodos anteriores, aunque no necesariamente tan grande como el que hubo entre los períodos de 1985-86 y 2001-02.





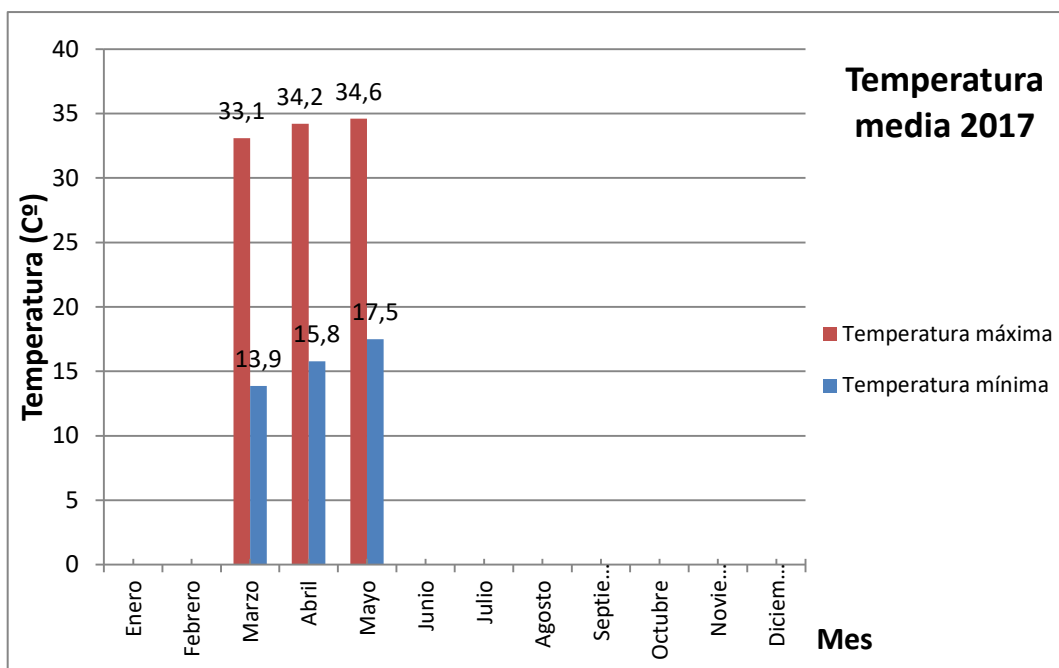
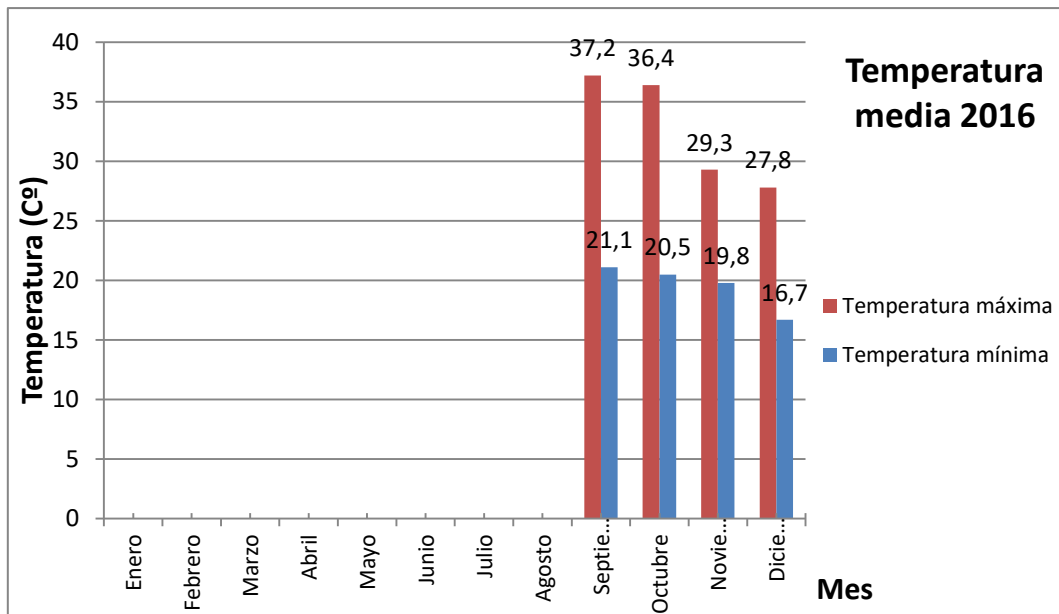


Fig. 1. Gráficas de Temperaturas medias mensuales para cada uno de los años analizados.

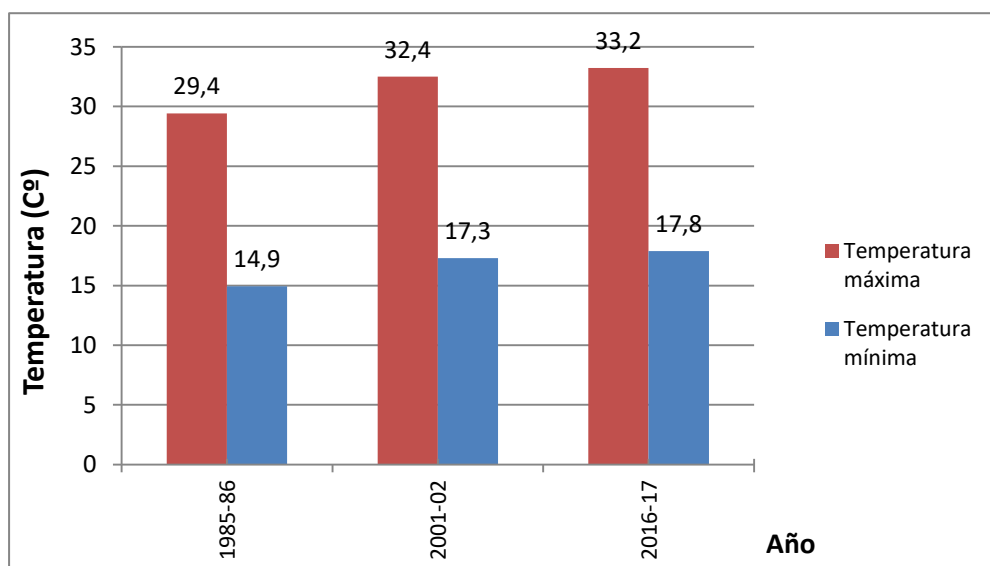


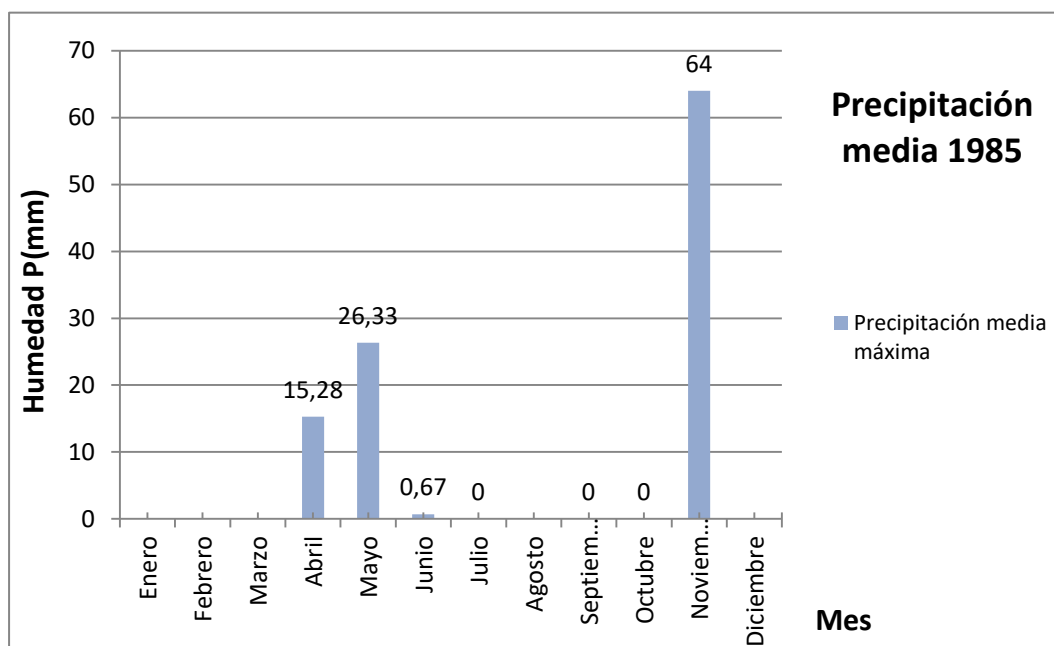
Fig. 2. Temperaturas medias de los períodos anuales seleccionados

4.2 Comparación de humedad

De igual forma que la temperatura, la humedad fue medida semanal o bisemanalmente durante cada uno de los meses de los períodos anuales empleando un pluviómetro. Las comparaciones y muestras de la humedad o precipitaciones sólo tienen en cuenta el primer y tercer período anual, pues no se tomaron datos de las lluvias en el período de 2001-02. Por esta razón, los resultados gráficos expuestos en las Fig. 3 y 4 sólo poseen datos de los extremos de la escala temporal analizada.

Observando las gráficas de la Fig. 3 es posible apreciar cómo las precipitaciones parecen ser más abundantes durante los meses comprendidos entre Septiembre y Diciembre en el año 2016, mientras que en el 1985 tan sólo hubo precipitaciones en Noviembre. En el período de 1985-86, las precipitaciones en estos meses eran más escasas, pero se observa que eran mayores en los meses primaverales, desde Marzo hasta Mayo. En cambio, en el período actual del 2017, las precipitaciones en dichos meses son casi inexistentes. Esto podría indicar que ha habido un adelantamiento de varios meses de las “estaciones lluviosas” en el período de 30 años de los datos estudiados en el Malpaís de Güímar.

Por otra parte, observamos en la Fig. 4 que en general la cantidad de precipitaciones anuales en el Malpaís de Güímar han disminuido enormemente desde 1985-86 hasta la actualidad, con una diferencia de 54,82 mm de altura, o lo que es lo mismo, 54,82 litros por m² de diferencia. Por supuesto, es muy posible que esta diferencia sea menor, pues el número de meses analizados durante el período 2016-17 es inferior al del período 1985-86. A pesar de ello, todo parece indicar que aunque la diferencia fuera inferior, no sería lo significativamente menor como para no asumir que ha habido una disminución de las precipitaciones anuales en el Malpaís de Güímar.



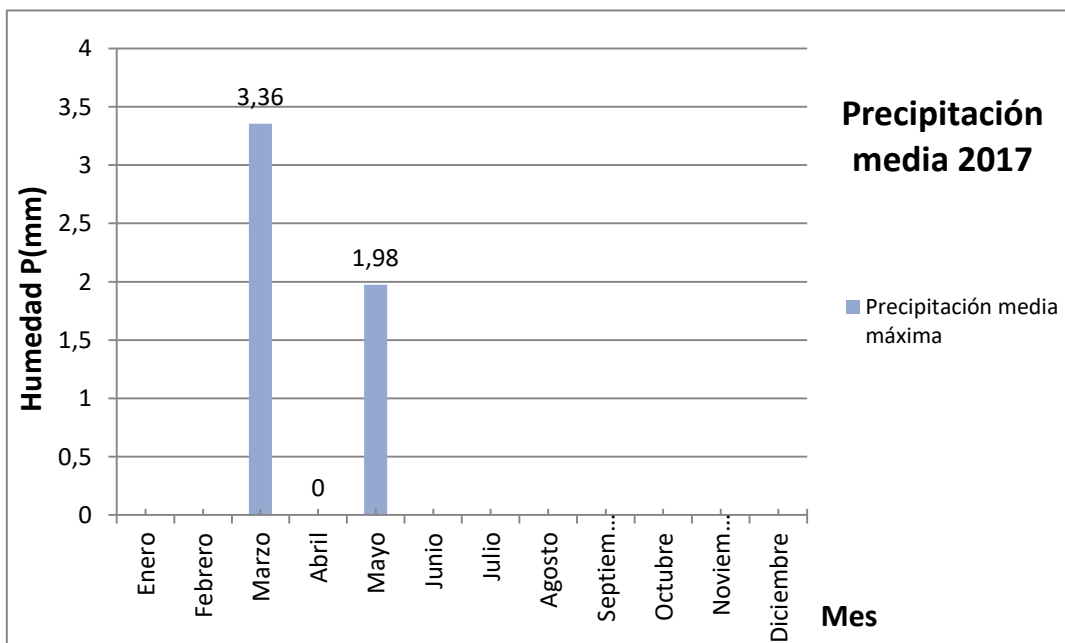
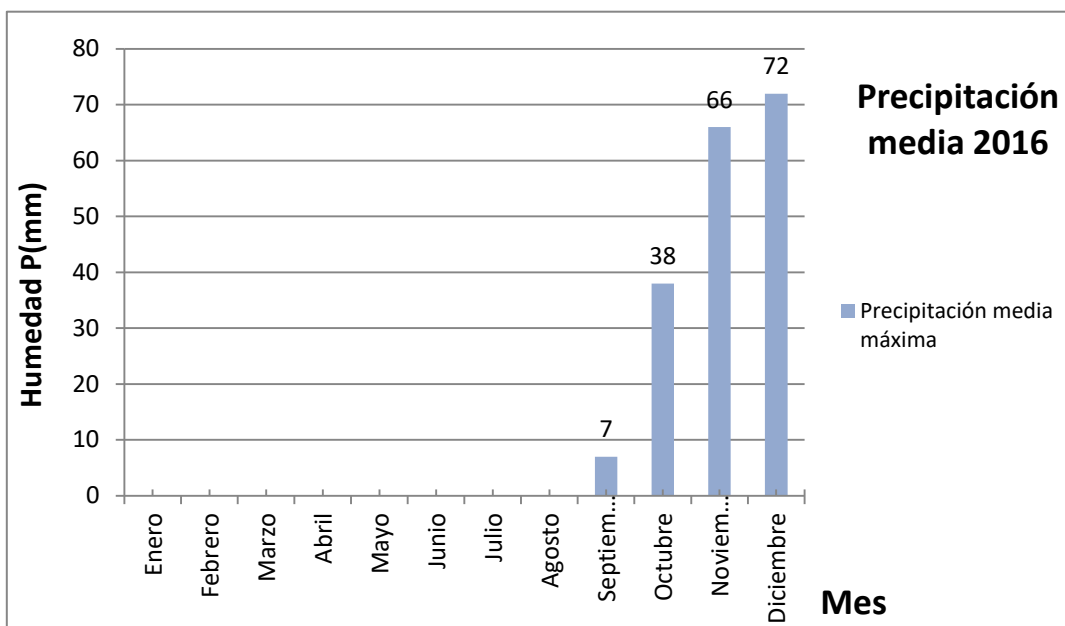
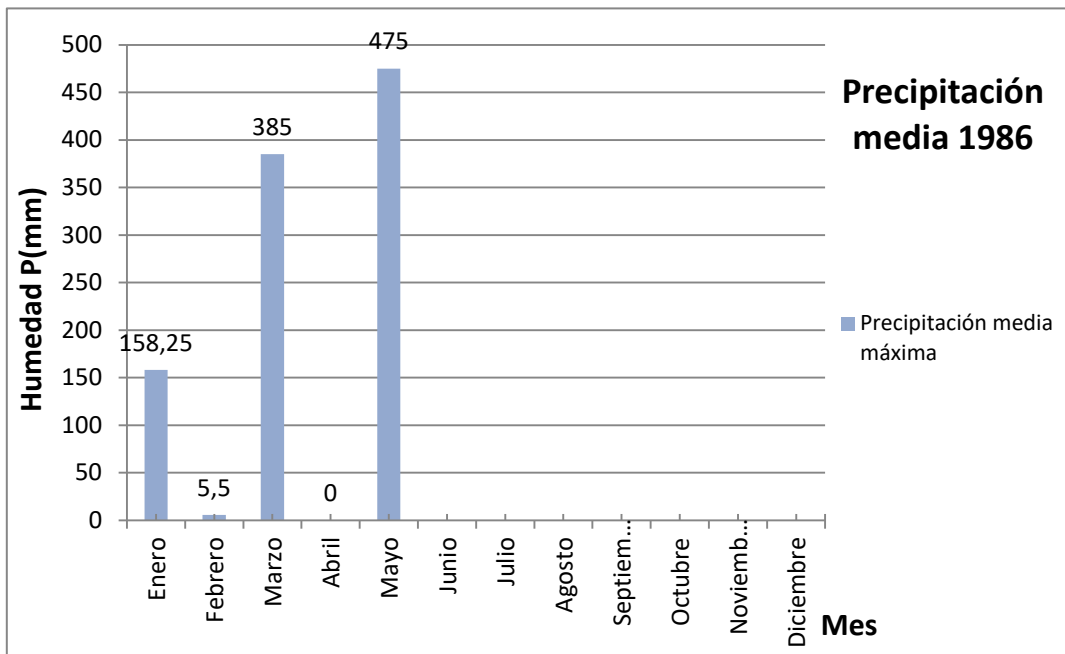


Fig. 3. Gráficas de precipitaciones medias mensuales para cada uno de los años analizados

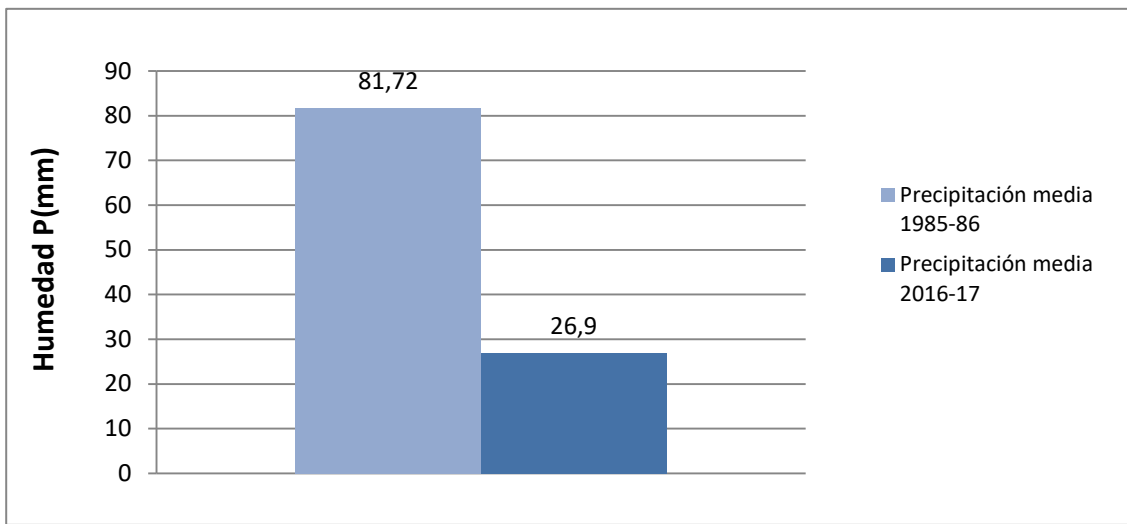


Fig. 4. Precipitaciones medias anuales del período 1985-86 y 2016-17

4.3 Cambios anuales en la densidad-actividad de las especies

Mediante el análisis de la densidad-actividad de las distintas especies muestreadas podemos estimar de forma más o menos precisa la abundancia o presencia de dichas especies en el espacio temporal analizado. Para un período de muestreo la densidad-actividad se calcula como:

$$D.A = \left[\frac{N_i}{t_i \cdot n_i} \right] \cdot 100$$

Dónde:

- N_i es el número de individuos muestreados.

- t_i es el número o cantidad de días que transcurren desde el establecimiento de las trampas hasta la recogida de las muestras e individuos.

- n_i es el número de trampas dispuestas y no anuladas en ese período de tiempo.

En este estudio se calculó la densidad-actividad mensual en cada uno de los tres períodos de las cinco especies anteriormente expuestas: *Pimelia canariensis*, *Arthrodeis obesus*, *Zoophocys bicarinata*, *Hegeter tristis* y *Hegeter amaroides*. Posteriormente, se realizó una media de cada uno de esos resultados para obtener el valor medio de densidad-actividad que se correspondería a cada período de tiempo analizado y hacernos una idea general de cómo ha variado su abundancia en los últimos años.

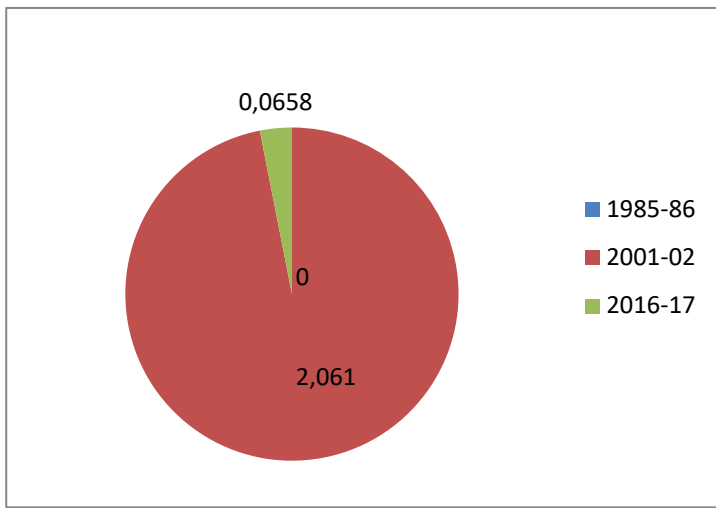


Fig. 5. Densidad-actividad de *Pimelia canariensis*

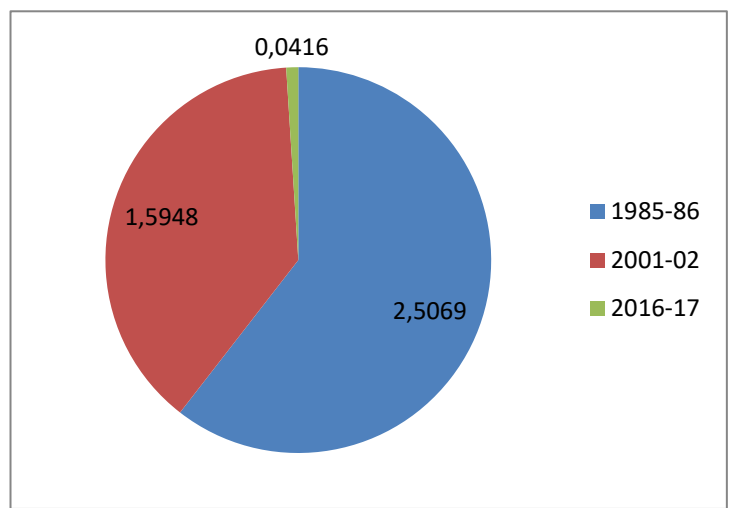


Fig. 6. Densidad-actividad de *Arthrodeis obesus*

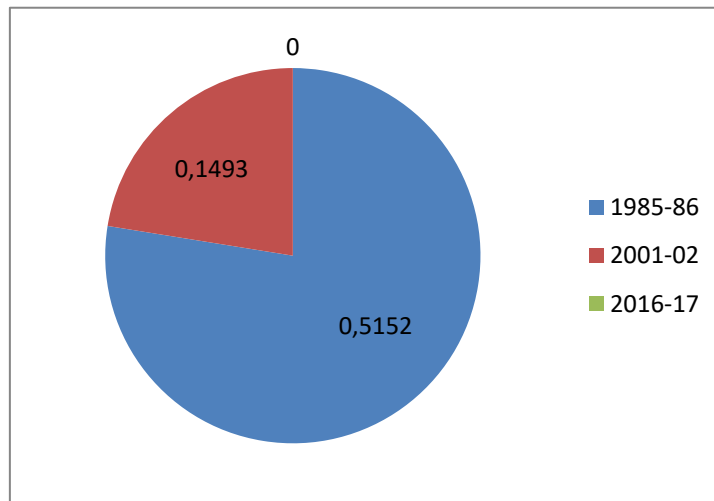


Fig. 7. Densidad-actividad de *Zoophocys bicarinata*

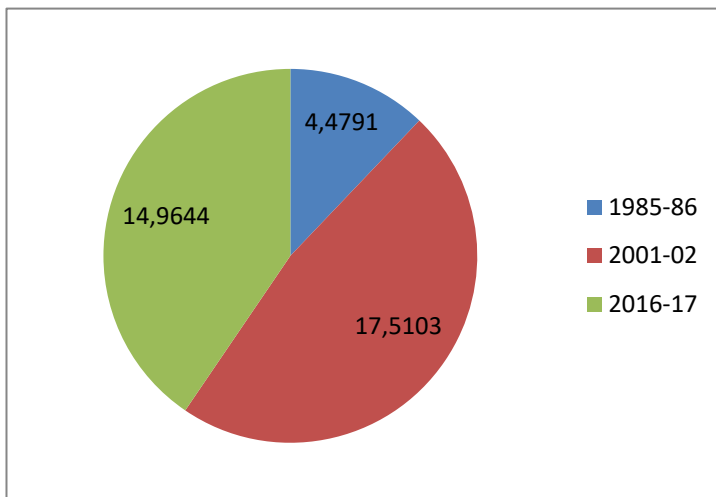


Fig. 8. Densidad-actividad de *Hegeter amaroides*

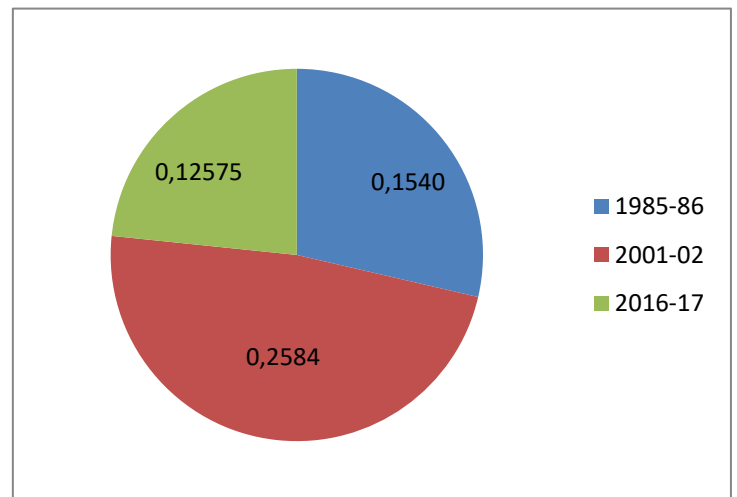


Fig. 9. Densidad-actividad de *Hegeter tristis*

Observando las gráficas de las Fig. 5, 6 y 7 podemos comprobar que la densidad-actividad de las especies *Pimelia canariensis*, *Arthrodeis obesus* y *Zoophocys bicarinata* ha disminuido enormemente desde el período de 1985-86 hasta el de 2017-17, llegando incluso a 0 el valor de densidad-actividad de la especie del género

Zoophocys en este último período. Esto no implica que dicha especie haya desaparecido en la zona de estudio, sino que durante el período de estudio de 2016-17 no se llegó a muestrear ningún individuo de esta especie, ya sea por consecuencia del azar o porque precisamente la variación del clima que ha habido desde el período de 1985 hasta la actualidad ha disminuido enormemente su número en esta zona, dificultando o incluso imposibilitando su captura. En el caso de *Pimelia canariensis*, ningún individuo fue contabilizado durante el período de 1985-86, si bien su presencia era mucho mayor en esta época que en la actualidad. En estos tres casos, podemos suponer que los cambios y/o fluctuaciones climáticas que han tenido lugar durante los últimos 30 años han disminuido el número de estas especies en el Malpaís de Güímar.

En cambio, los resultados reflejados en las Fig. 8 y 9 sugieren que lo que ocurre con las dos especies del género *Hegeter* es bien distinto. En el caso de *Hegeter tristis*, su mayor abundancia se dio en el período de 2001-02, sugiriendo incluso que el número de individuos ha disminuido desde este período hasta la actualidad. La densidad-actividad calculada para el período de 2016-17 es similar a la calculada en el período de 1985-86, por lo que es posible que realmente su abundancia no haya cambiado a lo largo del tiempo, sino que se ha mantenido más o menos constante. También es posible que los resultados de densidad-actividad de esta especie pudieran ser mayores de haber establecido un mayor período temporal de muestreo en el marco de trabajo. A pesar de esto, se espera que esta densidad-actividad no fuera excesivamente mayor. Por tanto, parece ser que *Hegeter tristis* apenas ha resultado afectado por las fluctuaciones climáticas de los últimos 30 años, si bien es necesario realizar un estudio en mayor profundidad para comprobar la veracidad de esta afirmación.

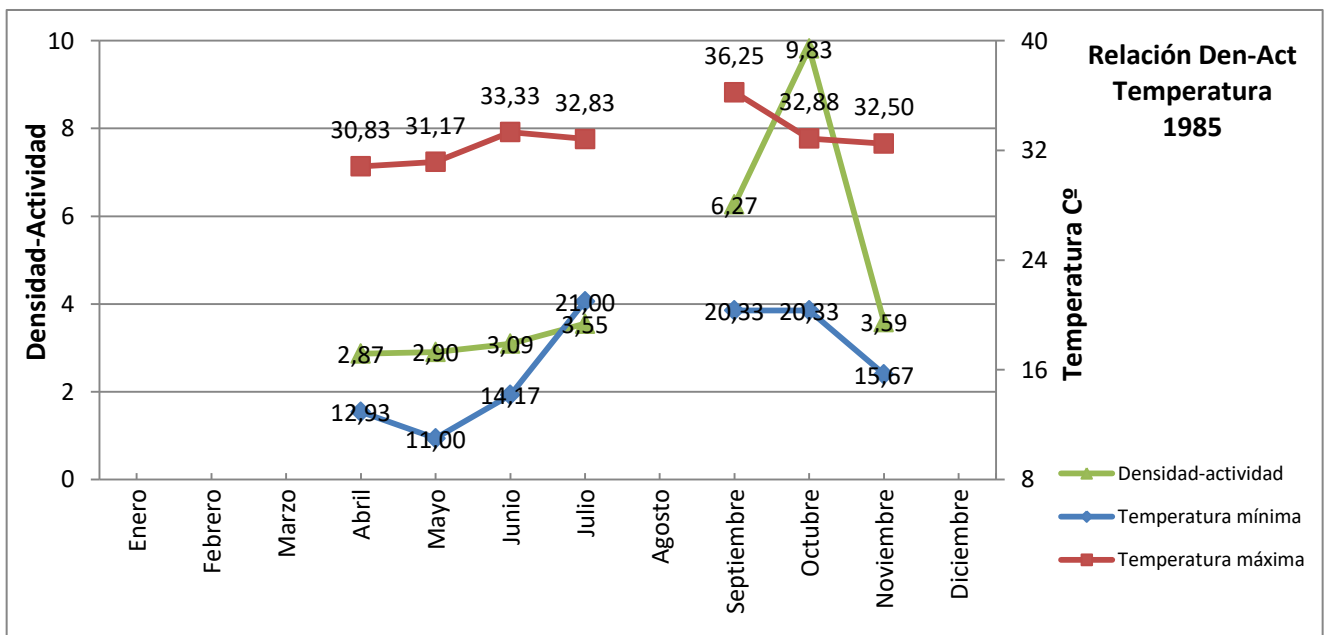
Por último, el caso de *Hegeter amaroides* es diferente al del resto de especies. Aparentemente su número y abundancia es mayor a medida que avanzamos en la escala temporal desde el año 1985 hasta la actualidad. El hecho de que la densidad-actividad en el período 2016-17 sea aproximadamente 2,55 puntos menor que en el período de 2001-02 podría deberse precisamente al número de meses seleccionado en ambos casos para el estudio. Durante el período de 2001-02, el estudio se extendió 13 meses (desde Junio de 2001 hasta Junio de 2002, incluyendo ambos meses de principio a fin) mientras que en 2016-17 el estudio comprendía los meses “otoñales” de entre Septiembre y Diciembre de 2016, y los meses “primaverales” de Marzo hasta Mayo de 2017, haciendo un total de 7 meses. El hecho de que la densidad-actividad de *Hegeter amaroides* de un resultado tan semejante al de 2001-02 en tan sólo 7 meses, sugeriría que de haber extendido el tiempo de estudio el resultado de densidad-actividad del período 2016-17 podría haber sido mucho más preciso. Por esa razón, podemos asumir que el número de individuos de *Hegeter amaroides* o bien ha incrementado durante los últimos 30 años, o ha permanecido casi constante, lo que sugiere que esta especie se ve favorecido o, al menos, no tan afectada frente a las fluctuaciones climáticas que han tenido lugar durante este período de tiempo.

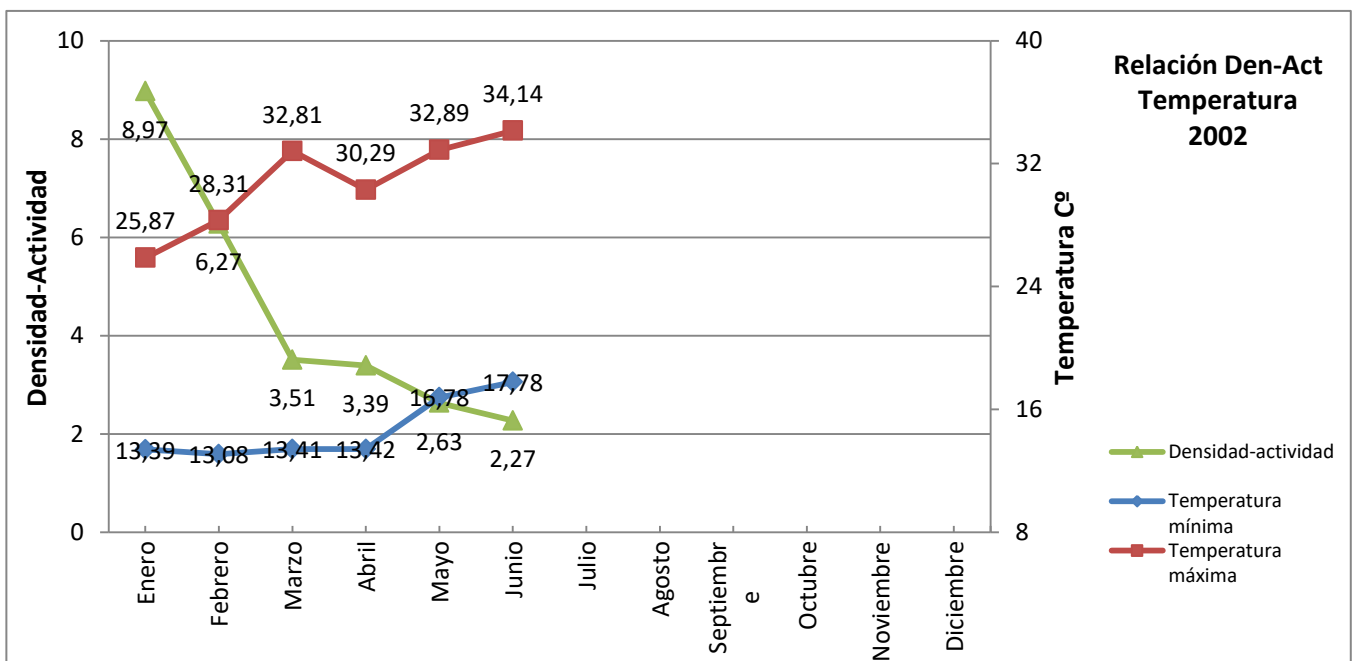
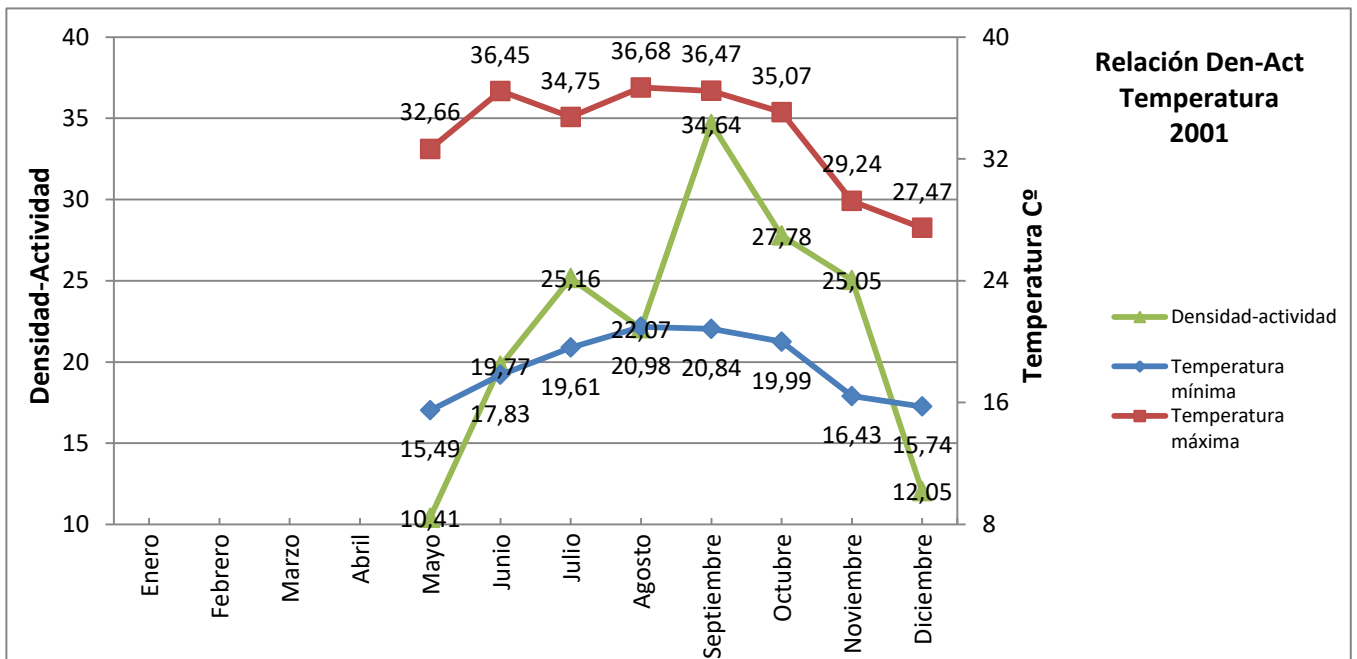
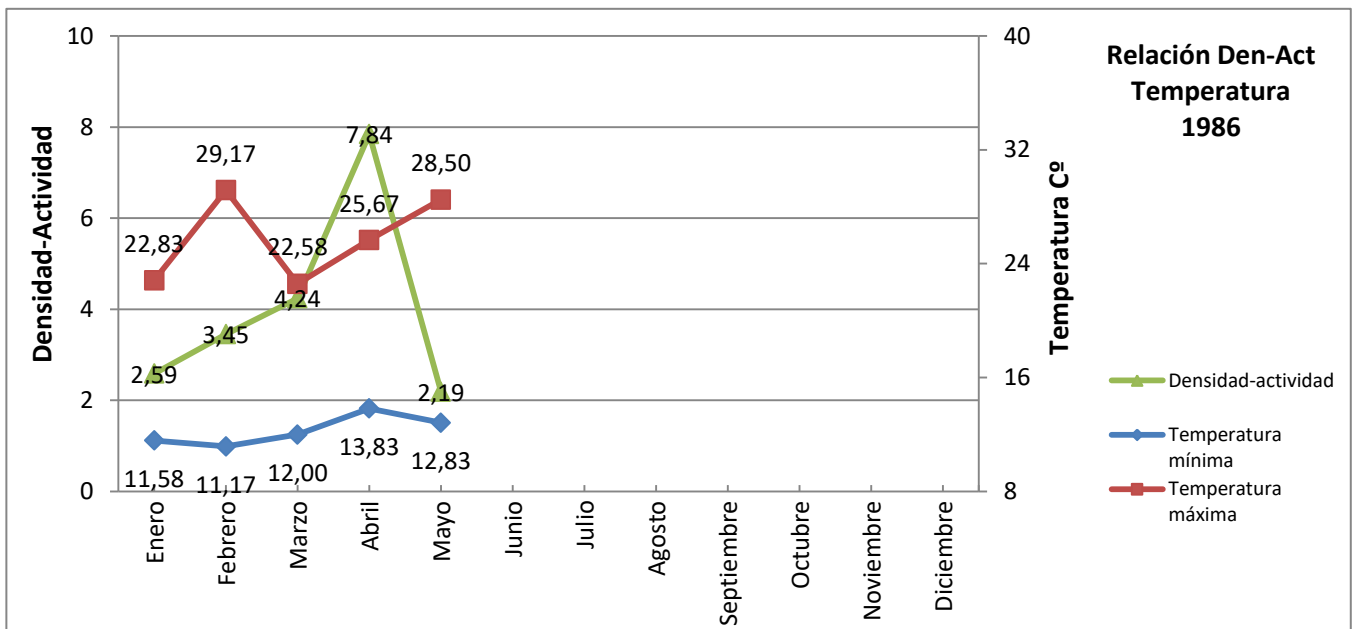
4.4 Cambios estacionales en la densidad-actividad de *Hegeter amaroides*

Para comprender cómo se ve afectada realmente la densidad-actividad de los individuos de *Hegeter amaroides* en relación a las fluctuaciones de temperatura de los distintos períodos anuales, se analizaron los datos de la media mensual de densidad-actividad de esta especie y su relación con las medias de temperaturas mínimas y máximas mensuales a lo largo de los años establecidos.

Para los años 1985-86, se observa en la Fig. 10 un paulatino incremento de la abundancia de los individuos de *Hegeter amaroides* hasta alcanzar su máximo durante el mes de Octubre de 1985, justo tras el mes que registró la mayor medida de temperatura máxima y la segunda mayor medida de temperatura mínima. Tras este mes, la abundancia decrece de forma proporcional a la temperatura, dándose entonces una fluctuación de la temperatura máxima de los meses siguientes hasta Abril de 1986 mientras la mínima permanece más o menos estable. En el mes de Abril de 1986 se da un segundo repunte de la especie, si bien menor al de Octubre, es notoriamente superior al de Abril del año anterior.

En el período 2001-02 que observamos en la misma Fig. 10, la mayor abundancia de la especie se da en el mes de Septiembre de 2001, justo tras el mes que registró la mayor medida de temperatura máxima y mínima. Las temperaturas descienden durante los meses siguientes hasta el período primaveral de Febrero-Abril de 2002, donde comienzan a elevarse nuevamente. Sin embargo, la abundancia de la especie parece seguir decayendo tras Septiembre de 2001, alcanzando valores ínfimos a partir de Marzo de 2002, obteniendo los mínimos valores en los meses de Mayo y Junio de 2002, resultados notablemente inferiores a los obtenidos en los mismos meses del año anterior.





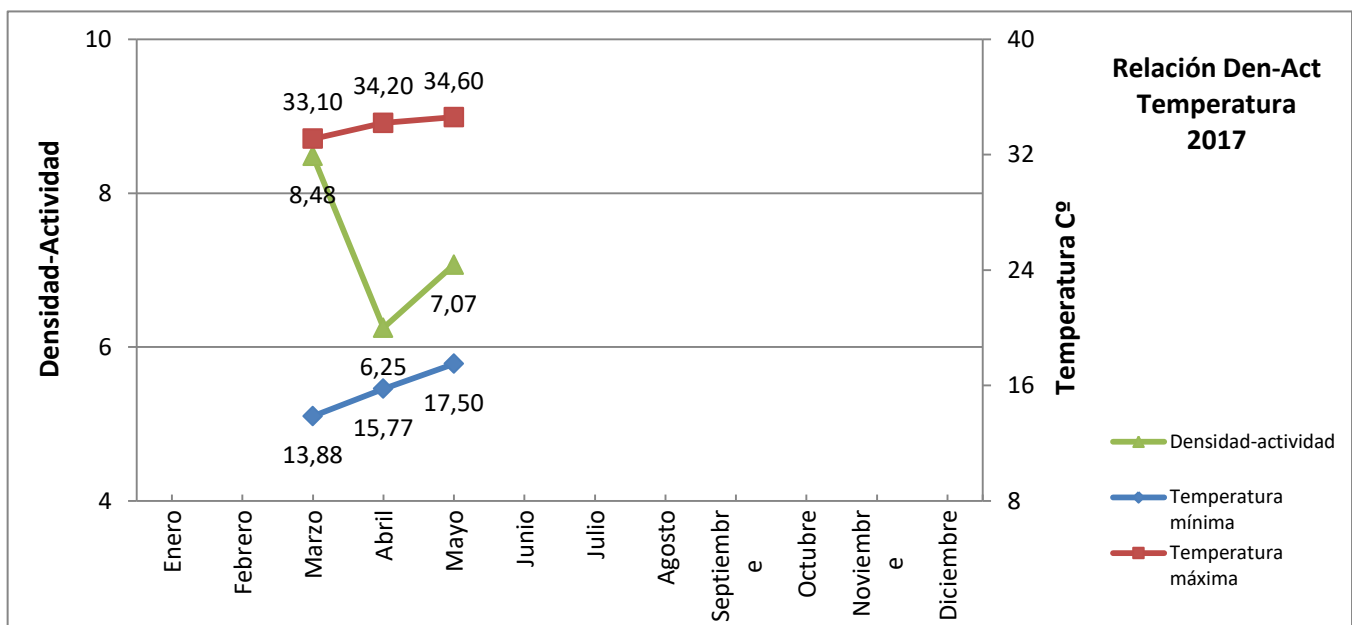
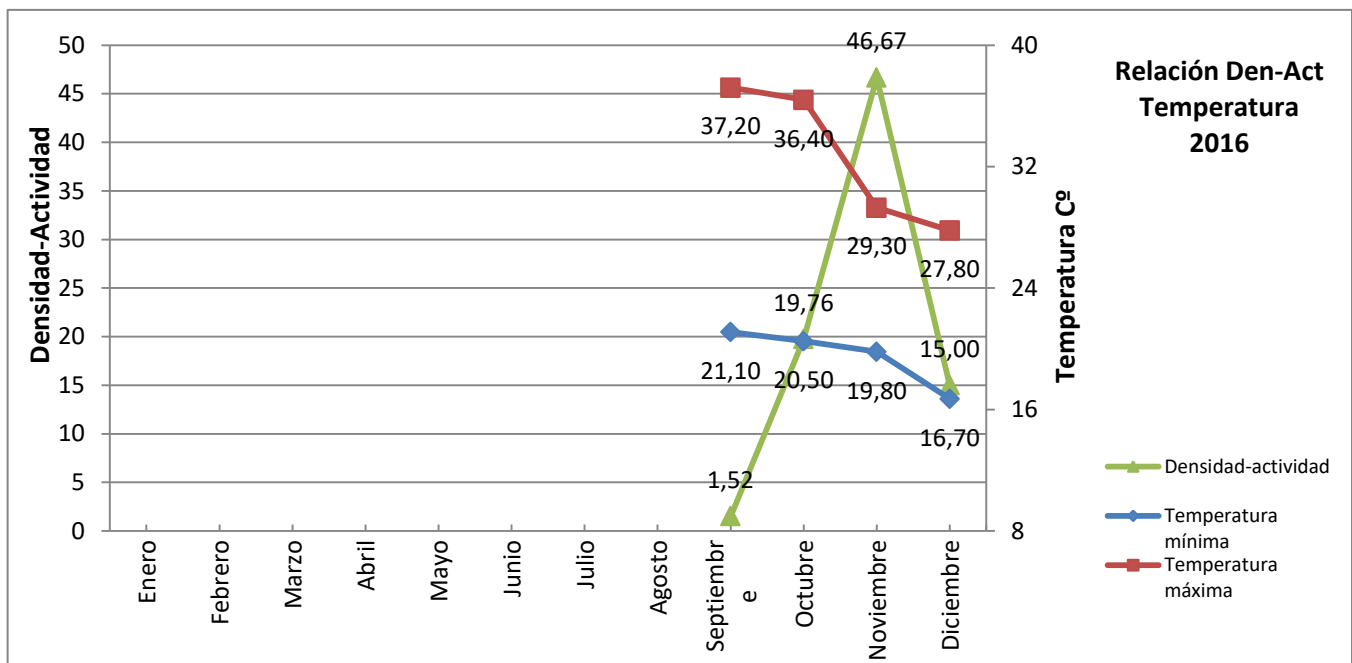


Fig. 10. Gráficas de relación entre Densidad-actividad con Temperatura para cada año analizado

Por último, en la Fig. 10 también se muestran las gráficas relativas al período de 2016-17, donde observamos que el pico de abundancia de *Hegeter amaroides* se da en Noviembre de 2016, tras el mes que registró la segunda temperatura máxima y mínima más elevada del año. Al siguiente mes, la abundancia de la especie disminuye bruscamente, al tiempo que observamos que desde entonces parece disminuir de forma más paulatina hasta alcanzar su valor mínimo en Abril de 2017, aunque dicho valor sigue siendo notablemente superior al obtenido en Septiembre del 2016. A pesar de que la temperatura máxima presenta una caída en el final de la estación de otoño, ésta vuelve a incrementarse en primavera, donde permanece fluctuando de forma estable. La temperatura mínima, en cambio, disminuye paulatinamente desde Septiembre de 2016 hasta llegar a su mínimo valor en Marzo de 2017. A partir de entonces, comienza a crecer nuevamente a medida que avanza la primavera.

En general, observamos que las especies de *Hegeter amaroides* tienden a distribuirse más abundantemente cuando las temperaturas mínimas rondan los 20°C, lo que parece coincidir con los últimos meses del verano y los primeros meses de la estación otoñal. La excepción estaría en Abril de 1986, donde se dio una abundancia anormal de esta especie independiente de la temperatura de ese mes. Por otra parte, podemos observar que la densidad-actividad de la especie parece depender más de la temperatura mínima que de la máxima, pues independientemente de la temperatura máxima alcanzada, los mayores valores de densidad-actividad se observan cuando las temperaturas mínimas se encuentran en un intervalo de 19-21C°.

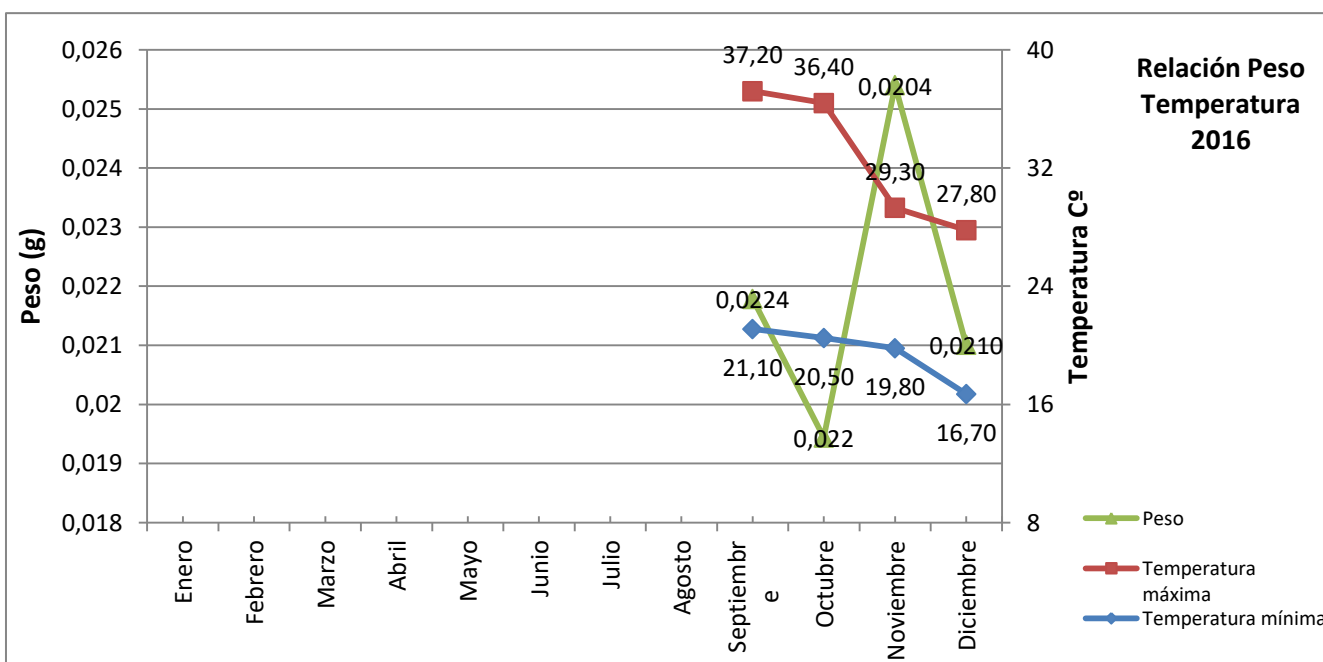
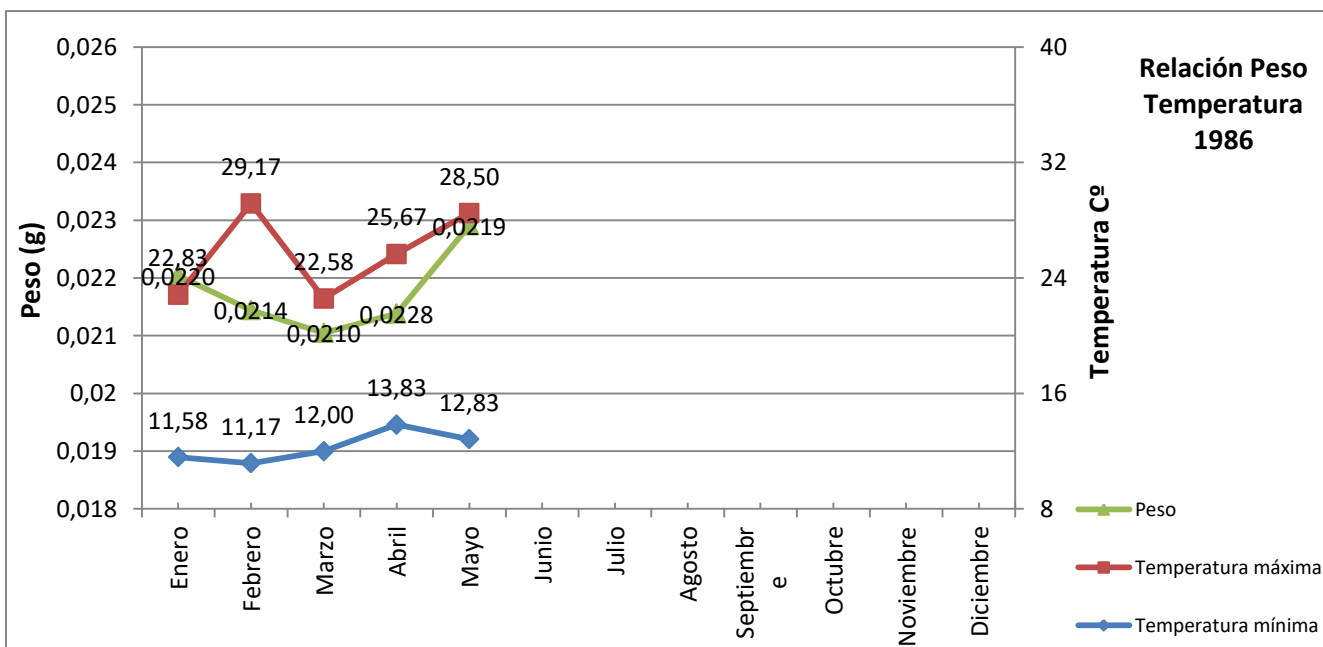
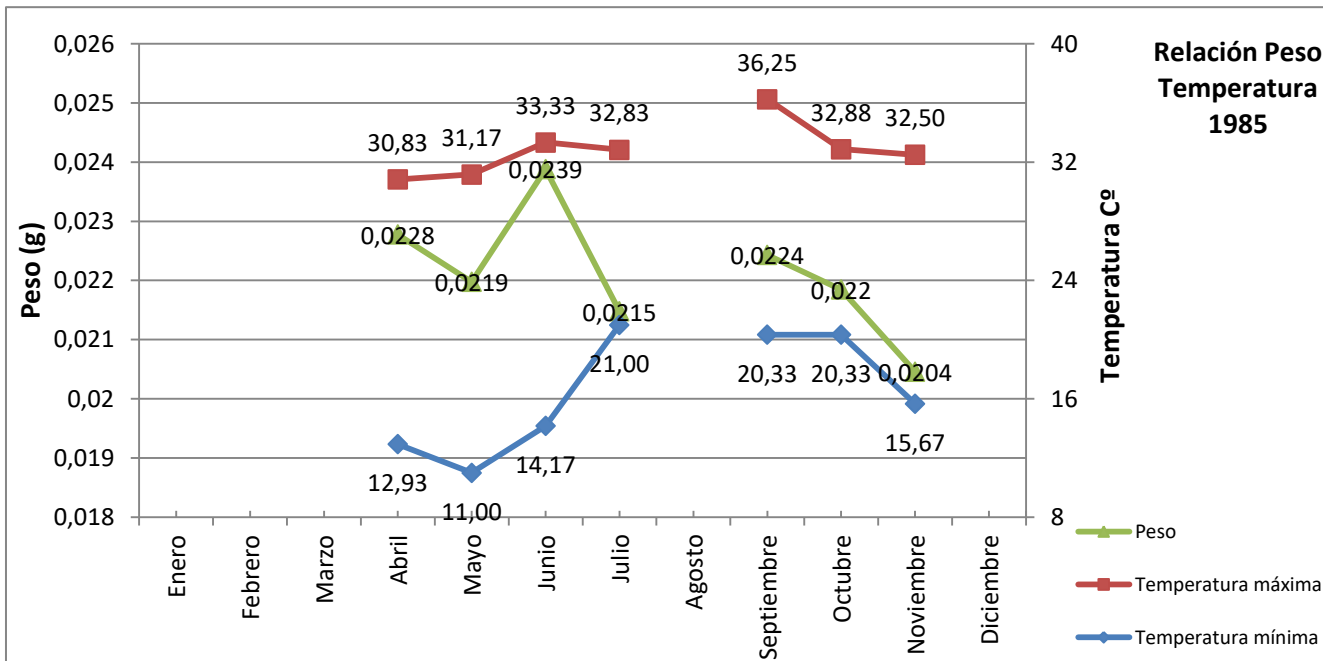
4.5 Variación de la longitud total y relación entre peso y temperatura

Los individuos muestreados de la especie *Hegeter amaroides* eran llevados al laboratorio para tomar medidas de su longitud total y conocer su peso en seco. Con esto, se pretendería saber si los cambios de temperatura que han habido en el Malpaís de Güímar durante los últimos 30 años han afectado a su estructura biométrica aparte de su distribución o sus ciclos de vida.

Las medidas de longitud y peso representadas en la siguiente figura (Fig. 11.) se corresponden con las medias para cada uno de los meses de los períodos de 1985-86 y 2016-17. No se poseen datos de estas medidas para el período de 2001-02, del mismo modo que no hay datos de algunas medidas de longitud para cuatro de los meses del período 1985-86.

Fecha	Longitud media total (mm)	Peso seco medio (g)
Abril 1985	10,39	0,0228
Mayo 1985	10,15	0,0220
Junio 1985	9,99	0,0239
Julio 1985	9,94	0,0215
Septiembre 1985	Sin datos	0,0224
Octubre 1985	9,98	0,0218
Noviembre 1985	9,88	0,0205
Enero 1986	9,73	0,0220
Febrero 1986	9,64	0,0214
Marzo 1986	Sin datos	0,0210
Abril 1986	Sin datos	0,0214
Mayo 1986	Sin datos	0,0229
Septiembre 2016	10,30	0,0218
Octubre 2016	9,82	0,0253
Noviembre 2016	9,30	0,0194
Diciembre 2016	9,86	0,0211
Marzo 2017	11,11	0,0254
Abril 2017	10,79	0,0228
Mayo 2017	10,73	0,0246

Fig. 11. Tabla de medidas biométricas de *Hegeter amaroides*



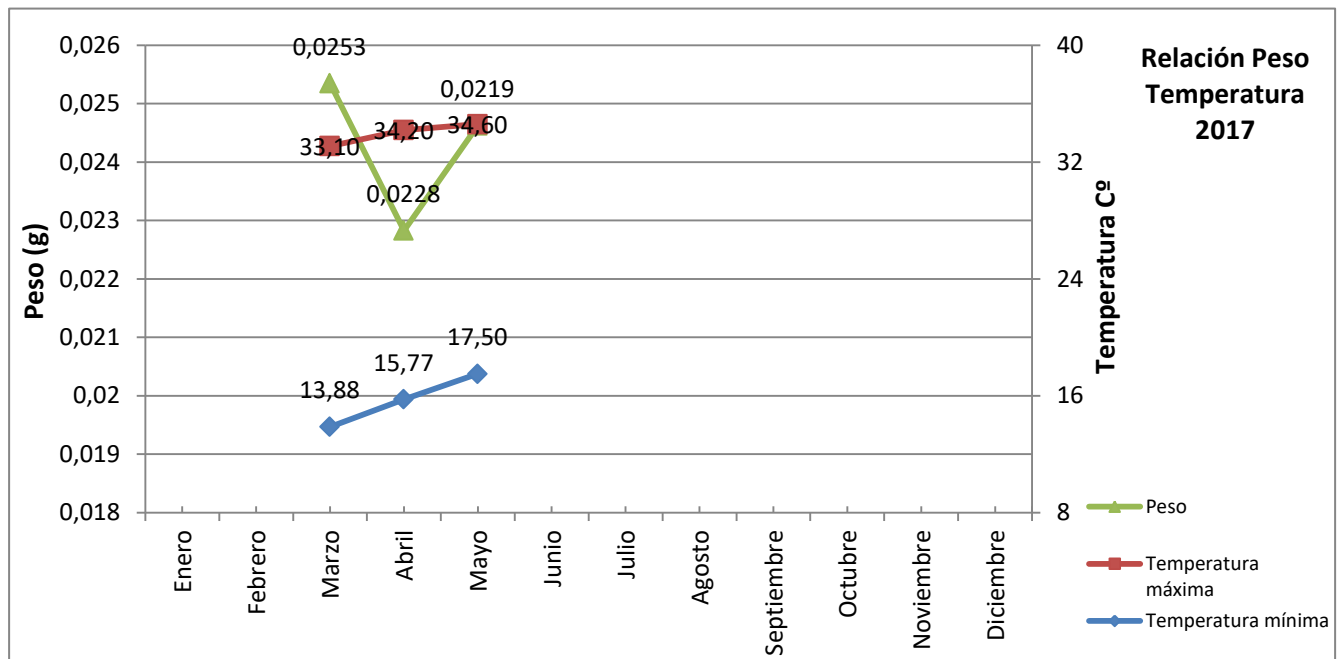


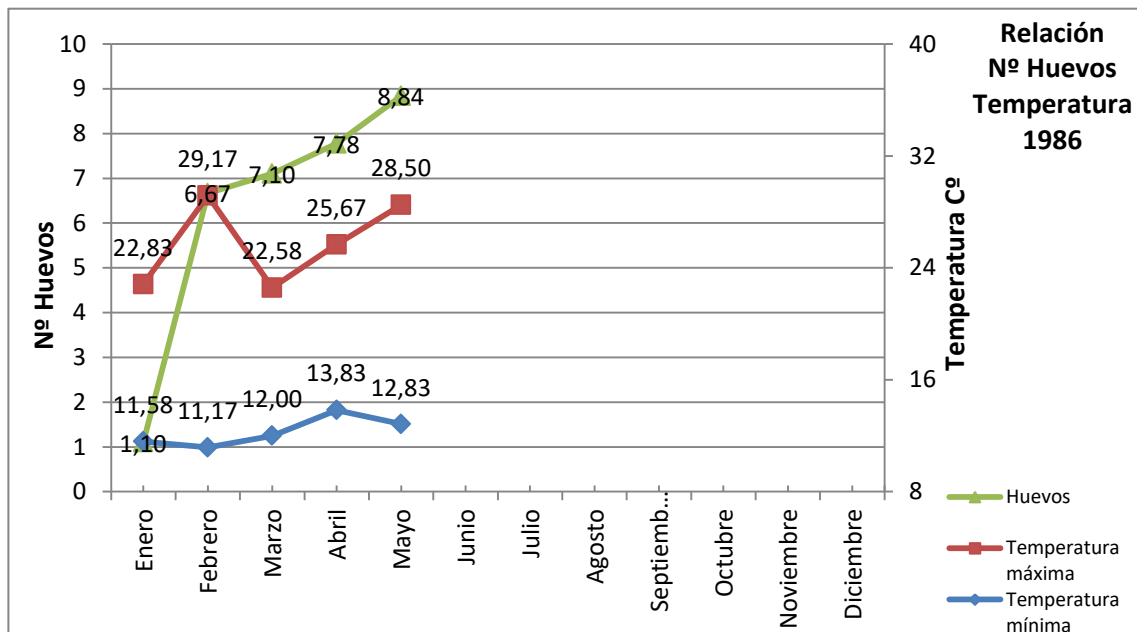
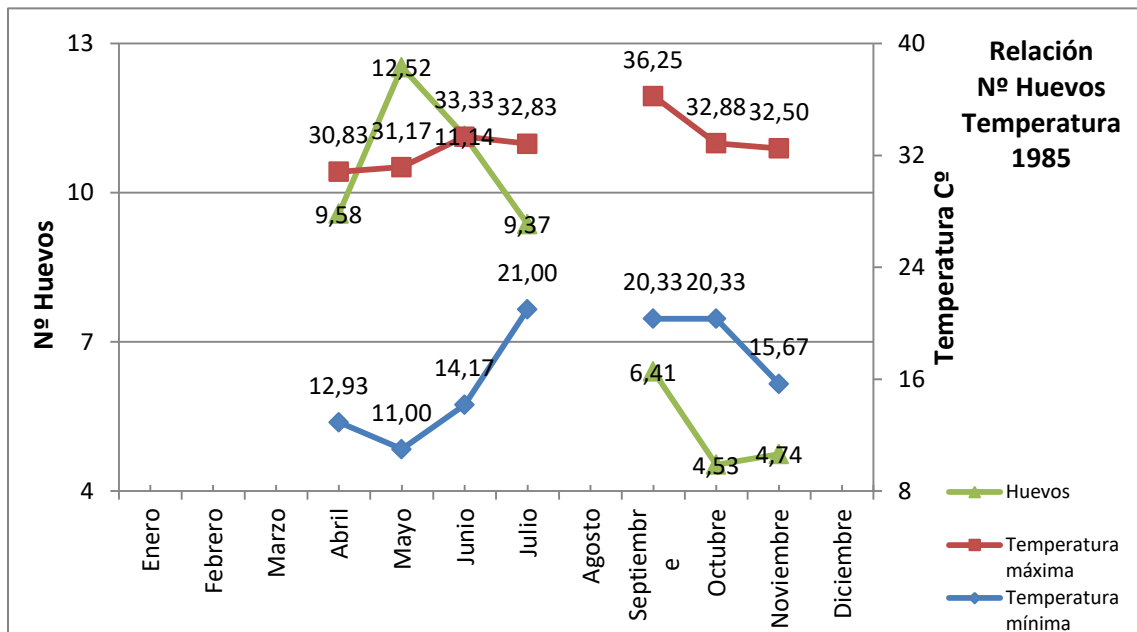
Fig. 12. Gráficas de relación entre Peso y Temperatura para cada año analizado

Tal y como se puede observar en la Fig. 11, no parece haber diferencias significativas entre el tamaño y el peso medios de los individuos de esta especie del género *Hegeter* entre los períodos de 1985-86 y 2016-17. Por otra parte, observando la Fig. 12., nos damos cuenta que el peso de esta especie no parece seguir un patrón específico en relación a la temperatura. Independientemente de si éstas fluctúan enormemente como la temperatura mínima entre Junio y Julio de 1985 o la temperatura máxima entre los meses de Enero, Febrero y Marzo de 1986 y Octubre y Noviembre de 2016, el peso de los individuos de *Hegeter amaroides* parece seguir su propio patrón de variación. Incluso cuando no existen tantas fluctuaciones y las temperaturas permanecen más o menos estables como en los meses del año 2017, el peso parece variar enormemente en ese lapso de tiempo. Podemos suponer, por tanto, que el peso de los individuos de esta especie viene determinado por factores ambientales más complejos o por una mayor complejidad entre sus relaciones más allá de únicamente la temperatura máxima y mínima.

4.6 Recuento del número de huevos y su relación con la temperatura

Parte del estudio de laboratorio realizado con los individuos muestreados de la especie *Hegeter amaroides* consistía en realizarles una disección para comprobar su genitalia y poder clasificarlos en machos y hembras. En el caso de las hembras, se comprobaría si poseían óvulos o huevos, de los que se haría un recuento. En cada recuento medio mensual se presentan los valores mínimos y máximos de temperatura del mes correspondiente. De esta forma sería posible tener una estimación media de las épocas en las que los ciclos reproductivos de esta especie del género *Hegeter* son más propicios.

Cabe señalar que como ocurre con los datos de las precipitaciones y el peso, únicamente se realizó el recuento de huevos de esta especie en los períodos anuales de 1985-86 y 2016-17.



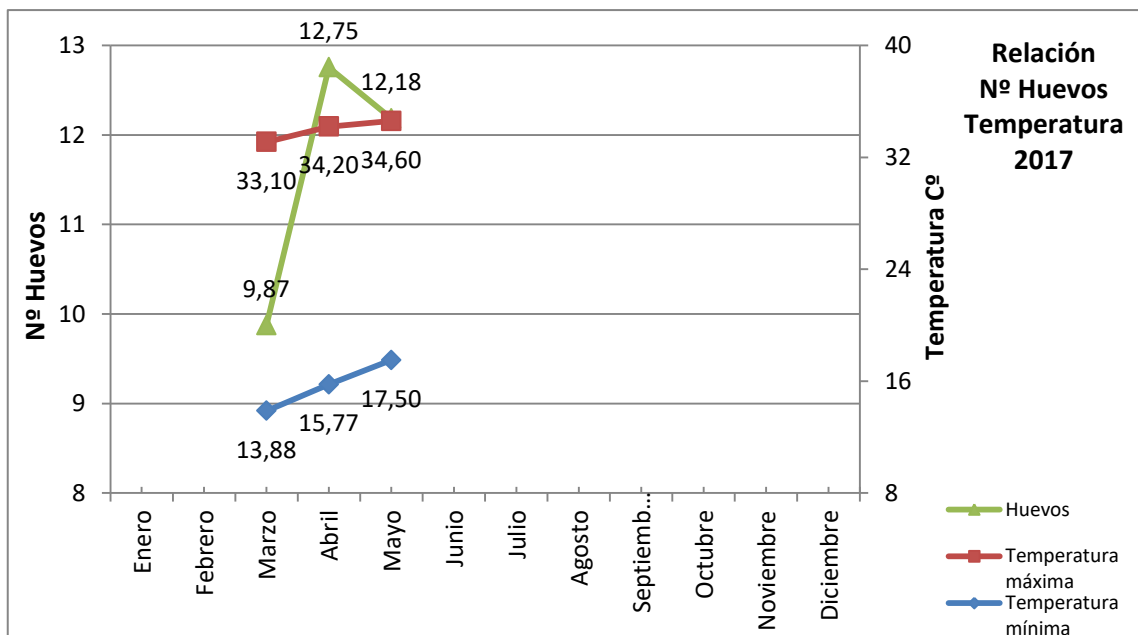
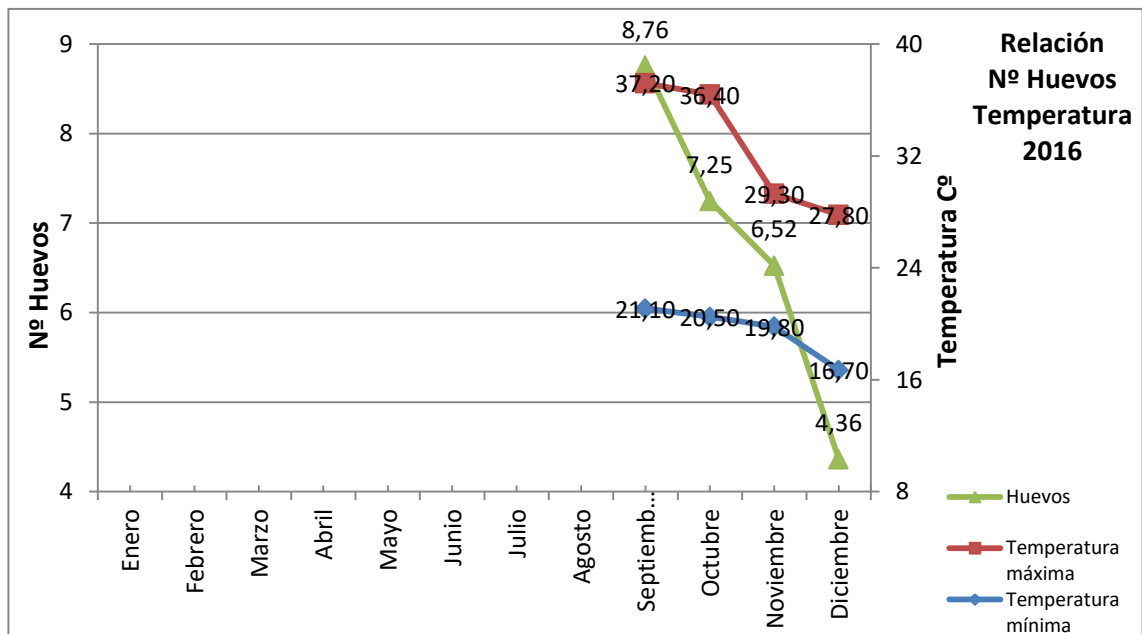


Fig. 13. Gráficas de relación entre Nº Huevos y Temperatura para cada año analizado

Tal y como se observa en las Fig. 13, el recuento de huevos parece ser mayor durante los meses con temperaturas máximas más altas, si bien parece haber excepciones en la época comprendida entre Septiembre de 1985 y Noviembre del mismo año, en el que temperaturas altas no se relacionaron directamente con mayor cantidad de huevos. Otro caso sería el de Marzo, Abril y Mayo de 1986, en el que a pesar de tener los menores valores de temperatura máxima, la cantidad de huevos parece ser mayor a otros períodos de mayor temperatura. El máximo recuento de huevos parece alcanzarse en el período de Abril – Julio de 1985 y en el de Marzo – Mayo de 2017, mostrando la preferencia de esta especie por el período medio-final de la Primavera y el comienzo del Verano para sus ciclos reproductivos.

Por otra parte, podemos apreciar en las gráficas de los años 1985 y 2016 cómo la cantidad de huevos de esta especie parece disminuir paulatinamente en la época otoñal, alcanzando los mínimos cerca del comienzo del invierno. El mayor recuento de huevos en los distintos años suele coincidir a partir de los 30°C de temperatura máxima en períodos no otoñales o invernales. Además, el número de huevos contados no parecen variar significativamente de un año a otro, aunque se ha realizado un mayor recuento de éstos en los meses otoñales de 2016 frente al mismo período de 1985.

5. Conclusiones

De este estudio se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Las temperaturas máximas y mínimas medias en el Malpaís de Güímar han aumentado a lo largo de los últimos 30 años, mientras que las precipitaciones medias han disminuido. Estos cambios afectan en mayor o menor medida a las diferentes especies muestreadas en este estudio.
2. El número de individuos de las especies *Pimelia canariensis*, *Arthrodeis obesus* y *Zoophocys bicarinata* ha disminuido, pues las condiciones de temperatura y humedad han variado a lo largo de este período, volviéndose cada vez más y más inadecuados para ellas. A pesar de esto, aún deben existir períodos estacionales donde puedan llevar a cabo y completar sus ciclos de vida. Igualmente, puede esperarse que estas especies acaben siendo desplazadas de este hábitat hacia otros más propicios en un medio-largo plazo de tiempo si las condiciones continúan agravándose para ellas.
3. El número de individuos de la especie *Hegeter tristis* parece mantenerse constante, lo que sugiere que o bien no se ve demasiado afectada por los factores climáticos, o bien el número de meses del período 2016-17 en el que se realizaron los muestreos no son suficientes para poder establecer una conclusión firme al respecto. Lo que sí se puede asegurar es que su número continúa siendo mayor, o al menos más constante que las tres especies anteriormente mencionadas.
4. El número de individuos de la especie *Hegeter amaroides* ha permanecido constante o ha aumentado, lo que implica que el aumento de las temperaturas mínimas y la disminución de precipitaciones en el Malpaís de Güímar ha propiciado el desarrollo de sus ciclos de vida. Esto se correlaciona con lo expuesto por otros estudios, que sugerían la preferencia de distribución de esta especie en áreas áridas y semiáridas así como su vinculación a las estaciones más cálidas (Hamilton, 1971; Henwood, 1975; Brun, 1970; Knor, 1975; Allsopp, 1980a; de los Santos et al., 1988).

5. La longitud total y el peso de los individuos de la especie *Hegeter amaroides* no parecen haber sufrido cambios significativos en los últimos 30 años, lo que sugiere que estos parámetros biométricos no se ven afectados por los cambios de temperatura o humedad del ambiente, sino por otro tipo de parámetros climáticos o no climáticos no contemplados en este estudio.
6. El número de huevos de las hembras de la especie *Hegeter amaroides* parece mantenerse dentro de unos rangos constantes a lo largo de toda la escala temporal desde 1985 hasta 2017. Los máximos recuentos de huevos coinciden con aquellos meses primaverales donde las temperaturas máximas han superado los 30°C.

5. Conclusions

The following conclusions can be drawn from this study:

1. The average maximum and minimum temperatures in the Malpais de Güímar have increased over the past 30 years, while the average rainfalls have decreased. These changes affect to a greater or lesser extent, the different species sampled in this study.
2. The number of individuals of the species *Pimelia canariensis*, *Arthrodeis obesus* y *Zoophocys bicarinata* has decreased, since the conditions of temperature and humidity have varied over this period, becoming more and more inadequate for them. Despite this, there still have to be seasonal periods where they carry out and complete their life cycles. Also, it can be expected that these species will end up being displaced from this habitat to others more conducive in a medium-long term of time.
3. The number of individuals of the species *Hegeter tristis* appears to remain constant, which suggests that either does not look too affected by climatic factors, or the number of months of the 2016-17 period in which were took the samples are not sufficient to establish a firm conclusion on the matter. One thing we can ensure is that their number continues to be larger, or at least more constant than the three species mentioned above.
4. The number of individuals of the species *Hegeter amaroides* has increased, which means that the increase of the minimum temperatures and decreased precipitation in the Malpais de Güímar has led to the development of their life cycles. This correlates with the exposed by other studies, which suggested the preference of distribution of this species in arid and semi-arid areas as well as its linkage to the warmer seasons (Hamilton, 1971; Henwood, 1975; Brun, 1970; Knor, 1975; Allsopp, 1980a; de los Santos et al., 1988).

5. The total length and weight of the individuals of the species *Hegeter amaroides* do not appear to have undergone significant changes over the past 30 years, which suggests that these biometric parameters are not affected by changes in temperature or humidity of the environment.
6. The number of eggs of the females of the species *Hegeter amaroides* appears to remain constant throughout the 1985-2017 timescale. The maximum egg counts match with those spring months where the maximum temperatures have exceeded 30°C.

Agradecimientos

Deseo dar gracias al profesor Antonio de los Santos por su maravillosa tutorización a lo largo de la realización de este estudio. A Jorge Julián Arechavaleta por compartir los datos de los muestreos realizados entre los meses de Septiembre y Diciembre de 2016. Por último, al Ministerio de Medio Ambiente por entregarnos el permiso para realizar el muestreo en el área de la Reserva Natural del Malpaís de Güímar.

Bibliografía

- A. de los Santos, C. Montes & L. Ramírez-Díaz.** Ciclos de vida de algunas poblaciones de Carábidos (Col. Carabidae) de dos ecosistemas del bajo Guadalquivir (S.O. España) con especial referencia a *Steropus globosus ebenus* Quens, 1806. *Revue D'ecologie et de biologie du Sol*, 1985, 22 (1): 75-95
- A. de los Santos, F. Ferrer, J.P. De Nicolás, T.O. Crist.** Thermal habitat and life history of two congeneric species of darkling beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) on Tenerife (Canary Islands). *Journal of Arid Environments* 65 (2006) 363–385
- Allsopp, P.G.**, 1980a. The biology of false wireworms and their adults (soil-inhabiting Tenebrionidae) (Coleoptera): a review. *Bulletin of Entomological Research* 70, 343–379.
- Allsopp, P.G.**, 1980b. Determination of age and mated state of adult *Pterohelaeus darlingensis* Carter (Col. Tenebrionidae). *Journal of the Australian Entomological Society* 18, 235–239.
- Barlow, C.A.**, 1973. Phenology and distribution of *Carabus nemoralis* (Müller) (Col. Carabidae) in Eastern Canada. *Naturaliste Canadien* 100 (4), 361–369.
- Bartholomew, G.A., Lighton, J.R.B., Low, G.N.**, 1985. Energetics of locomotion and patterns of respiration in tenebrionid beetles from the Namib Desert. *Journal of Comparative Physiology* 155, 155–162.
- Brun, G.**, 1970. Cycles biologique de *Pimelia bipunctata* (Col. Tenebrionidae) dans les dunes du littoral provenc-al et languedocien. *Annales de la Societe Entomologique de France (N.S.)* 6 (3), 655–671.
- de los Santos, A., Montes, C., Ramírez-Díaz, L.**, 1988. Life histories of some darkling beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) in two Mediterranean ecosystems in the Lower Guadalquivir (Southwest Spain). *Environmental Entomology* 17 (5), 799–814.
- Gilbert, O.**, 1956. The natural histories of four species of *Calathus* (Col. Carabidae) living on sand dunes in Anglesey, North Wales. *Oikos* 7, 22–47.
- Hamilton, W.J.**, 1971. Competition and thermoregulatory behavior of the Namib Desert tenebrionid beetle genus *Cardiosis*. *Ecology* 52, 810–822.
- Hamilton, W.J.**, 1973. *Life's Color Code*. McGraw-Hill, New York.
- Heerdt, P.F.Van, Blokhuis, B., Haaften, C.Van**, 1976. The reproductive age cycle composition of a population of *Pterostichus oblongopunctatus* (Fabricius) in the Netherlands (Col. Carabidae). *Tijdschrift voor Entomologie* 119, 1–13.
- Henwood, K.**, 1975. A field-tested. thermoregulation model for two diurnal Namib Desert tenebrionid beetles. *Ecology* 56, 1329–1342.
- Knor, I.B.**, 1975. Life cycles of darkling beetles (Col. Tenebrionidae) of Tuva. *Soviet Journal of Ecology* 6, 458–461.
- Luff, M.L.**, 1973. The annual activity pattern and life cycle of *Pterostichus madidus* F. (Col. Carabidae). *Entomologica Scandinavica* 4, 259–273.