

Manifestaciones acústicas de los Pamphagidae canarios (Orthoptera). I. *Acrostira euphorbiae* García & Oromí, 1992 y *Purpuraria erna* Enderlein, 1929.

Heriberto López¹, M^a Dolores García² & Pedro Oromí¹

1 Departamento de Biología Animal (Zoología), Facultad de Biología, Universidad de La Laguna. 38.206 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias, España.

2 Departamento de Zoología y Antropología Física, Área de Zoología, Facultad de Biología, Universidad de Murcia. 30.100 Murcia, España.

Resumen

Correspondencia

Heriberto López

E-mail: herilope@ull.es

Telf: +34 922 318429

Fax: +34 922 318311

Recibido: 9 diciembre 2007

Aceptado: 13 octubre 2008

Se estudian las manifestaciones acústicas de *Purpuraria erna* Enderlein, 1929 y *Acrostira euphorbiae* García-Becerra & Oromí, 1992, especies pertenecientes a los dos géneros endémicos de Pamphagidae existentes en Canarias. En las especies estudiadas sólo las hembras son capaces de emitir canto. La grabación de emisiones sonoras en *P. erna* y *A. euphorbiae* ha permitido medir distintos parámetros en el dominio del tiempo y en el de las frecuencias, así como caracterizar el canto en cada una de ellas. En estas especies la temperatura ambiental no está correlacionada con el número de cantos emitidos, a diferencia de lo que ocurre con otros panfágidos. Además, entre las especies estudiadas se han encontrado diferencias estadísticas significativas en parámetros de los dominios de las frecuencias y del tiempo. A falta de analizar el resto de panfágidos canarios, las disparidades bioacústicas encontradas entre ambas especies indican diferencias entre ambos géneros, en consonancia con lo encontrado en estudios genéticos y morfológicos previos.

Palabras clave: Producción de sonido, Oscilogramas, Espectrogramas, Pamphagidae, Islas Canarias.

Abstract

Acoustic manifestations in Canary Pamphagidae (Orthoptera). I. Acrostira euphorbiae García & Oromí, 1992 and *Purpuraria erna* Enderlein, 1929.

A study on the acoustic manifestations of the species *Purpuraria erna* Enderlein, 1929 and *Acrostira euphorbiae* García-Becerra & Oromí, 1992 as representatives of the two Canary endemic genera of Pamphagidae is presented. In these species only females are able to emit songs. Recording of sound emissions in *P. erna* and *A. euphorbiae* has allowed measuring different parameters in the domains of time and of frequencies, and the particular song of each species has been characterized. Unlike other Pamphagidae, the environmental temperature is not correlated with the number of songs emitted by the specimens. Significant differences have been found in the songs of the studied species concerning to the domains of frequencies and of time. Before analyzing the rest of Canary Pamphagidae, the bioacoustic features found for these two species show significative differences between both genera, as genetic and morphological studies have also shown.

Key words: Sound production, Oscillograms, Spectrograms, Pamphagidae, Canary Islands.

Introducción

La familia Pamphagidae tiene su límite de distribución occidental en las Islas Canarias, con la presencia de cinco especies pertenecientes a los géneros endémicos *Purpuraria* y *Acrostira*. Los saltamontes de esta familia generalmente presentan cierto grado de reducción alar, tienen una coloración y una forma corporal que los mimetizan con el sustrato sobre el que viven, y su dimorfismo sexual en cuanto al tamaño es muy acusado. Los géneros canarios pertenecen a la subfamilia Pamphaginae, cuyas especies presentan una reducción importante del primer par de alas (tegminas), que son de forma más o menos espatuliforme, y el segundo par de alas está prácticamente desaparecido. En las especies canarias la tendencia es a la reducción total de tegminas y de alas, carácter que las distingue del resto de especies de Pamphaginae, en las que no es habitual tal grado de reducción. En *Acrostira* las especies son totalmente ápteras, mientras que en *Purpuraria* los machos presentan una tegmina espatuliforme alargada y muy estrecha que no sobrepasa el primer segmento abdominal, y las hembras presentan una tegmina rudimentaria que apenas sobrepasa el metatórax.

Una importante consecuencia de la reducción alar en Pamphagidae es que las especies con esta característica no pueden emitir sonidos por el método fémoro-elitral, el más difundido en saltamontes, debido a que en él interviene el primer par de alas. Sin embargo, los panfágidos han desarrollado métodos alternativos para la emisión de sonidos, siendo la mayoría exclusivos de la familia (Johnsen 1972; Kevan 1955). En casi todos los casos hasta ahora documentados, la emisión de sonidos en Pamphagidae queda relegada a las hembras, sobre todo en Pamphaginae, y es utilizada para comunicar su receptividad reproductora (Clemente et al. 1990; García & Presa 1985; Ingrisch 1983; Llorente et al. 1995; López et al. 2008). Hasta el momento en Pamphagidae no se han detectado cantos con propósitos de interacción, molestia/perturbación, coros, etc., tipos de canto que quizás requieren métodos de emisión más complejos que los alternativos hasta ahora descubiertos en estos saltamontes.

La emisión de sonidos en los panfágidos de Canarias había pasado inadvertida hasta fecha reciente (López et al. 2008). La principal causa ha

sido el importante grado de apterismo de estas especies, característica que hacía pensar en la imposibilidad de emisión de sonidos. Además, el empleo del método alar-notal, que sólo había sido documentado en *Glauia durieuri* (Bolívar, 1878) (Johnsen 1972), ha contribuido al desconocimiento de este comportamiento, ya que el sonido emitido es más débil que el producido por el método fémoro-elitral. Por otro lado, el movimiento corporal realizado con el método alar-notal para emitir sonidos es corto, y su ejecución no es tan frecuente como ocurre en otros saltamontes con otros métodos de emisión. El descubrimiento y estudio de la emisión de sonidos en las especies canarias ha sido posible gracias al seguimiento de gran cantidad de ejemplares en cautividad a lo largo de mucho tiempo (López et al. 2008).

El uso de la bioacústica en taxonomía es una herramienta cada vez más extendida y de amplia aceptación, habiéndose publicado gran cantidad de trabajos tanto en invertebrados (por ejemplo Clemente et al. 1999; Fulton 1932; García et al. 1996a, 1996b, 1998, 2005; Heller et al. 2006; Hernández et al. 1997; Lorier et al. 2002; Ragge 1986, 1990) como en vertebrados (por ejemplo Bannerman 1963; Isler et al. 1998; McCracken & Sheldon 1997; Payne 1986; Raposo et al. 1998; Tubaro 1999; Vaurie 1959). Cuando las manifestaciones acústicas son innatas y no aprendidas por imitación, los cantos suelen ser específicos y resultan adecuados para diferenciar taxones, incluso en el caso de especies difíciles de distinguir morfológicamente (Tubaru 1999). En ocasiones, incluso han servido para descubrir especies crípticas, como ha ocurrido con homópteros troglobios de Hawai y Canarias de los géneros *Oliarus* y *Tachycixius* (Hoch & Howarth 1993; Hoch com. pers.), con ensíferos (David et al. 2003; Walker 1964), o con anuros (Angulo et al. 2003; Kwet 2007).

Los estudios bioacústicos en panfágidos abordando características físicas de parámetros de los dominios del tiempo y de la frecuencia son escasos. Probablemente se debe a que estos saltamontes usan métodos de canto poco habituales, difíciles de detectar y poco conocidos. Los estudios publicados al respecto se limitan a los realizados con panfágidos ibéricos (Clemente et al. 1990; García et al. 1996a; García & Presa 1985; Llorente et al. 1995; Presa et al. 2000) y norteafricanos (Ingrisch 1983; Johnsen 1972). Pocos de estos trabajos uti-

lizan las manifestaciones acústicas con fines sistemáticos (García et al. 1996a; Llorente et al. 1995; Presa et al. 2000), pero los resultados muestran su validez para diferenciar especies y géneros en Pamphagidae.

Hay disparidad de opiniones sobre la validez taxonómica de los dos géneros endémicos de panfágidos de Canarias, y algunos autores han puesto en duda su separación (García & Oromí, 1992; Oromí et al. 2001). Sin embargo, estudios recientes confirman que las diferencias genéticas respaldan significativamente la separación de ambos géneros (López et al. 2007b), pero habría que emplear alguna otra herramienta para ratificar definitivamente la sistemática de estas especies.

En los últimos años hemos conseguido grabar un gran número de cantos en hembras de *A. euphorbiae* y de *P. erna*. Aprovechando este volumen de material, en el presente estudio se proponen los siguientes objetivos:

- Caracterizar el canto de las dos especies estudiadas, tanto en el dominio del tiempo como en el de las frecuencias.
- Comprobar si las manifestaciones acústicas de estas dos especies apoyan la consideración de ambos géneros como independientes.

Material y métodos

Material estudiado

Acrostira euphorbiae. La Palma. El Remo-Talud (UTM: 28R 0218012-3161880): 21/06/2002, 2♂♂ y 1♀; 20/11/2002, 2♀♀ (H. López leg.). Torreón-Tamanca (UTM: 28R 0218481-3162202): 20/11/2002, 4♂♂ y 5♀♀ (H. López leg.). Tamanca (UTM: 28R0217711-3163129): Puesta AE4, eclosión 19/04/2004, 1♀; Puesta AE6, eclosión 20/04/2004, 1♂ y 1♀; Puesta AE7, eclosión 21/04/2004, 3♂♂ y 1♀. Puesta AE8, eclosión 25/04/2004, 1♀; Puesta AE9, eclosión 04/05/2004, 1♂ y 1♀; Puesta AE10, eclosión 04/05/2004, 2♂♂ y 1♀; Puesta AE15, eclosión 07/05/2004, 6♂♂ y 1♀; Puesta AE17, eclosión 06/05/2004, 10♂♂ y 4♀♀; Puesta AE18, eclosión 10/05/2004, 3♀♀; Puesta AE19, eclosión 04/05/2004, 2♂♂ y 3♀♀.

Purpuraria erna. Fuerteventura. Barranco del Ciervo (UTM: 28R 0561644 - 3107106): 3/12/2002, 1♂ y 2♀♀; 4/04/2004, 7♂♂ y 2♀♀

(H. López leg.); Puesta P9, eclosión 21/06/2004, 5♂♂ y 5♀♀. Morro Velosa (UTM: 28R 0592362-3146439): 4/12/2002, 1♀ (B. Rodríguez leg.). Rosa de los Negrines (UTM: 28R 0603125-3169000): 6/12/2002, 1♂ y 2♀♀; 31/03/2004, 6♂♂ y 2♀♀ (H. López leg.); Puesta P6, eclosión 3/06/2004, 2♂♂ y 2♀♀. Degollada Honda (UTM: 28R 0588619-3139673): Puesta P8, eclosión 21/06/2004, 3♂♂ y 8♀♀. Barranco de Vinamar (UTM: 28R 0563079-3108018): 4/04/2004, 4♂♂ y 3♀♀ (H. López leg.). Loc. Indet.: Puesta P7, eclosión 8/09/2003, 2♂♂ y 8♀♀. Islote de Lobos. Llanos (UTM: 28R 0614 838-3180780): 30/03/2004, 2♂♂ y 3♀♀ (H. López leg.). Lanzarote. Islote Tabaiabas (UTM: 28R 0620218-3215491): 27/11/2004, 2♀♀ (H. López leg.); 01/07/2005, 8♂♂ y 4♀♀ (H. López & E. Morales leg.). Islote de Betancores (UTM: 28R 0620477-3214841): 02/07/2005, 5♂♂ y 2♀♀ (H. López & E. Morales leg.).

Tras la captura, los ejemplares eran trasladados al laboratorio y mantenidos individualmente en recipientes de plástico bien aireados que facilitaban la localización y observación de los individuos que comenzaban a cantar. Para alimentarlos se usaron exclusivamente ramas de *Euphorbia lamarckii* Sweet, y para controlar el fotoperíodo y el calor ambiental se dispusieron bombillas incandescentes de 60W conectadas a temporizadores que las mantenía encendidas durante 10 horas. Cada uno de los ejemplares fue marcado con pintura plástica para facilitar su identificación, siguiendo un patrón de marcado previamente establecido (López et al. 2007).

Grabación de los cantos

Se utilizaron 10 recipientes cilíndricos de 9 x 14 cm. formados por varillas plásticas que se revistieron con tela de tul traslúcida, salvo en una de sus bocas. Este tipo de recipientes es ideal para controlar visualmente a muchos ejemplares a la vez durante las grabaciones, ya que limitan los desplazamientos de los saltamontes al interior del recipiente, y permiten ver lo que ocurre dentro de ellos. Además, el material con que están contruidos evita la generación de eco, mejorando la calidad de las grabaciones. En las sesiones de grabación los recipientes se apilaban en dos filas en semicírculo para que la distancia al micrófono fuera equidistante (20 cm), y se etiquetaban para identificar el ejemplar que albergaban. En medio del se-

micrófono se dispusieron dos bombillas incandescentes de 60W para dar luz y calor. Se utilizó un termohigrómetro Scharlau Science HI 8564 para medir la temperatura y la humedad relativa durante las grabaciones, medidas que se tomaban en un punto intermedio entre los cilindros.

En caso de haber demasiado ruido ambiental, se usó una caja de grabaciones construida en madera y recubierta en su interior con materiales de aislamiento acústico, salvo en uno de sus lados que era de metacrilato transparente para permitir el seguimiento de los ejemplares. En la caja se instaló el mismo dispositivo pero con menos recipientes cilíndricos debido a lo limitado del espacio en su interior.

Para la grabación de los cantos se utilizó un magnetofón Sony TC-D5M, cintas de cassette Sony de cromo de 90 min, y un micrófono dinámico unidireccional Audio-technica PRO-2 y otro unidireccional supercardio de OPTIMUS AVL-600.

Los cantos obtenidos en formato analógico fueron digitalizados usando una tarjeta de sonido Sound Blaster Audigy 2 NX, con una frecuencia de muestreo de 48 kHz y un tamaño de muestra de 16 bits. Se utilizó el software Avisoft® SAS Lab Pro 3.0 para estudiar todos los cantos digitalizados y seleccionar los mejores para el posterior estudio de sus características físicas. Para mejorar la relación señal/ruido, los cantos fueron filtrados usando el FIR-filtro (Finite Impulse Response), aplicando un filtro de paso de altas frecuencias a diferentes valores según el caso (400-2.500 Hz.). Para obtener los datos relativos a la frecuencia principal de emisión de la señal se aplicó el método de la transformada de Fourier (FFT), con una ventana de 256 puntos de amplitud.

Para describir los cantos registrados se ha adoptado la terminología usada por Ragge & Reynolds (1998), en la que el canto es la producción acústica de una especie o individuo particular, una sílaba es el sonido producido por un movimiento completo del aparato estridulador, y un esquema es el ensamblaje de primer orden de sílabas. También se emplea la terminología de López et al. (2008), en la que las hemisílabas *a* son las producidas por las contracciones laterales del tórax, las hemisílabas *d* son las emitidas por las contracciones dorso-ventrales del tórax, y hemisílabas de apertura y de cierre son hemisílabas aisladas situadas al princi-

pio y final del canto respectivamente. Consideramos como cantos de sílabas dobles aquellos donde predominen las sílabas dobles. Por tanto, también se incluyen aquí los cantos que presentan hemisílabas de apertura y cierre, o aquellos que contengan a lo largo de su desarrollo algunas sílabas sencillas. Como cantos de sílabas sencillas se clasificarán aquellos donde predominen las sílabas sencillas.

La mayoría de los oscilogramas de las emisiones analizadas tienen una estructura común, según la cual esos cantos constan de una sílaba de apertura (*sa*) seguida de un silencio (*s1*), y luego un tren de sílabas (*ts*) con el que acaba la emisión, o bien, tras éste, se produce otro silencio (*s2*) y el canto concluye con una sílaba de cierre (*sc*) (Fig. 1a). En este tipo de cantos consideramos inadecuado incluir los tramos de silencios en el análisis de las variables por no haber emisión de sonido en los mismos. Por eso designamos duración del canto (*DC*) como el tiempo transcurrido desde la primera a la última sílaba registrada en el oscilograma, mientras que duración efectiva del canto (*DEF*) será el tiempo de duración del tren de sílabas. Usando la parte del oscilograma perteneciente a la duración efectiva del canto se ha calculado el número total de sílabas (sencillas + dobles) (*NS*), número de sílabas dobles (*NSDob*), tasa de emisión (*TE*), tasa de emisión de sílabas dobles (*TEDob*), intervalo entre sílabas dobles (*ISDob*), intervalo entre las hemisílabas *d* (*IHD*), intervalo entre hemisílabas (*IH*), número de sílabas asincrónicas, intervalo entre asincronías, intervalo entre la sílaba de apertura y el tren de sílabas (*ISA*), pico de frecuencia máxima (*PFM*), cuartil inferior (*CI*) (Larrosa et al. 2007), cuartil medio (*CM*), cuartil superior (*CS*), frecuencia mínima (*FMi*), frecuencia máxima (*FMa*) y la amplitud de banda (*AB*).

Los ejemplares grabados se encuentran depositados en la colección de ortópteros del Área de Zoología del Departamento de Biología Animal de la Universidad de La Laguna, y en las colecciones particulares de Heriberto López y de Pedro Oromí. Los cassettes con las grabaciones analógicas de los cantos (CASSTT.03 - CASSTT.09; CASSTT.11; CASSTT.14-CASSTT.17; CASSTT.19-CASSTT.32; CASSTT.35- CASSTT.47) se encuentran depositados en la fonoteca del Área de Zoología del Departamento de Biología Animal de la Universidad de La Laguna.

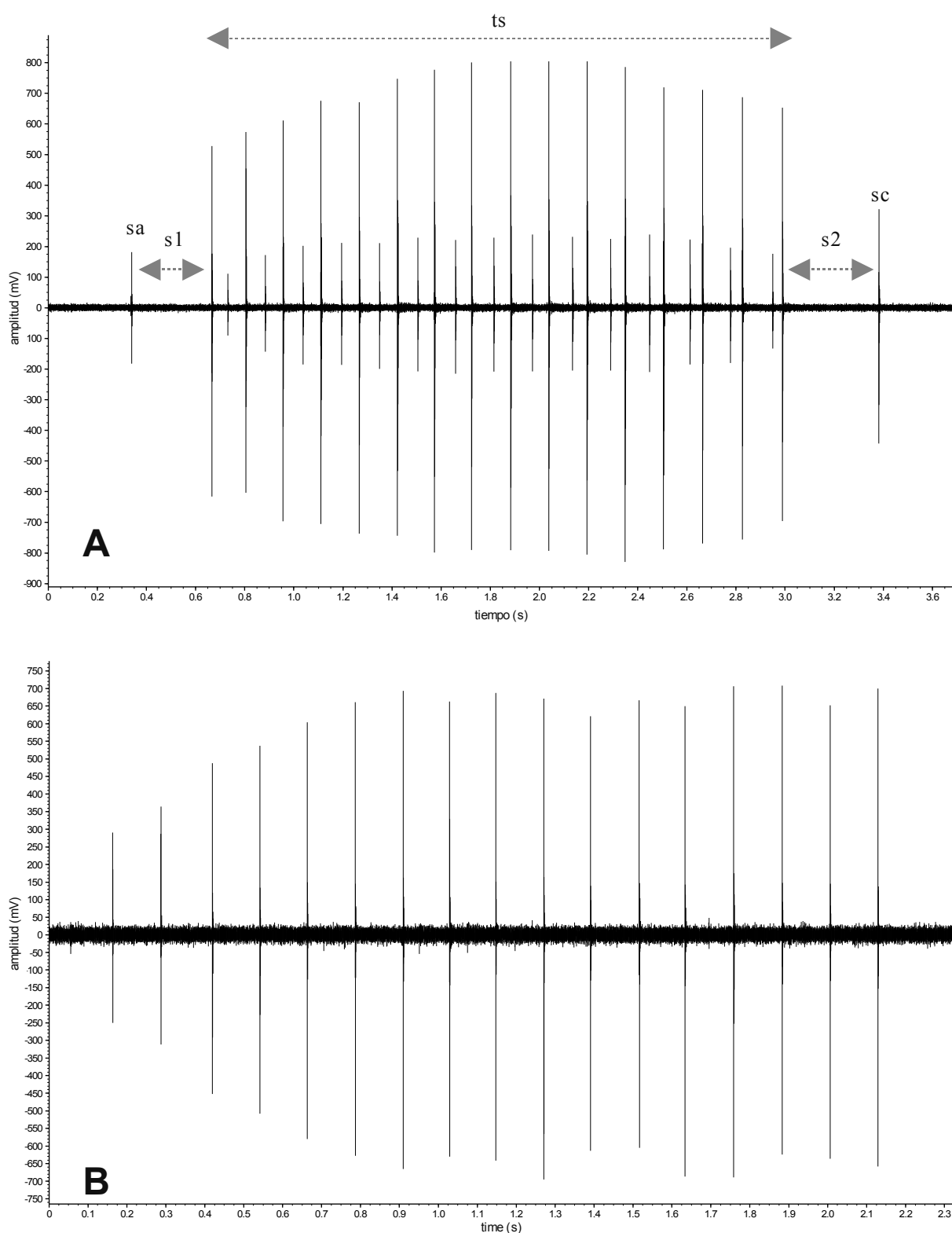


Figura 1: Oscilograma típico de los cantos de las especies estudiadas. **A:** Cantos de sílabas dobles (canto PER(5).CASTT.25(B, 325)); **B:** Cantos de sílabas sencillas (PER(22).CASTT.29 (A, 330)). s1: silencio 1; s2: silencio 2; sc: sílaba de cierre; sa: sílaba de apertura; ts: tren de sílabas.

Figure 1: Typical oscillogram of songs of the studied species. **A:** Songs with double syllables (PER (5).CASTT.25(B, 325)); **B:** Songs with simple syllables (PER(22).CASTT.29 (A, 330)). s1: silence 1; s2: silence 2; sc: closing syllable; sa: opening syllable; ts: effective echeme.

Análisis estadísticos

Para evitar una importante pseudorreplicación de los datos, en la mayoría de los casos se analizaron de 3 a 5 cantos por hembra. Para cada parámetro analizado se calcularon la media, mediana, desviación estándar, máximo y mínimo en cada una de los cantos. Para la descripción del canto de cada especie, cada parámetro ha sido caracterizado por la media de las medias calculadas para ese parámetro en las hembras. En *P. erna* se aplicó el test de Mann-Whitney para evaluar la existencia de diferencias significativas entre las variables medidas en cantos con sílabas sencillas respecto a las medidas en cantos con sílabas dobles, y para la comparación interespecífica de los parámetros en ambas especies. La correlación de Spearman se utilizó para evaluar la posible relación entre el número de cantos emitidos y la temperatura ambiental del momento.

Resultados

Tras más de 230 horas de seguimiento sólo se detectó la producción de sonido en las hembras, habiéndose obtenido registros del 91,54% de los ejemplares observados (65 hembras). Se realizaron 61,5 horas de grabación, que incluían 1.208 cantos de las especies estudiadas, todos ellos ejecutados mediante el método alar-notal descrito en López et al. (2008). Tras la revisión de todos ellos, para el estudio físico del canto se seleccionaron los registros de las 17 hembras que mejor representaban la pauta general del canto y a todas las poblaciones conocidas de cada especie. A su vez, de estas 17 hembras se seleccionaron y analizaron 75 cantos.

Los cantos se emiten de forma aislada, sin seguir una cadencia temporal determinada. El patrón de canto sufre diversas modificaciones dependiendo de los ejemplares, e incluso en un mismo ejemplar. Consiste en un esquema aislado constituido por una sucesión en el tiempo de sílabas dobles, es decir, sílabas constituidas por hemisílabas *d* y *a* (Fig. 1a). También son frecuentes los cantos constituidos por esquemas aislados de sílabas sencillas (40%), formadas sólo por hemisílabas *d* (Fig. 1b). En las especies estudiadas los cantos están constituidos tanto por sílabas sencillas como por sílabas dobles.

En *P. erna* no existen diferencias significativas

entre los parámetros físicos medidos en los cantos de sílabas sencillas y en los de sílabas dobles (Tabla 1). Este análisis sólo se pudo realizar en *P. erna* ya que era la única que tenía un tamaño muestral adecuado. Por esta razón, y por el resultado obtenido en ella, se ha optado por realizar la descripción del canto en las especies estudiadas considerando conjuntamente los cantos de sílabas sencillas y dobles para el cálculo de los parámetros seleccionados.

Variables Parameters	Sílabas sencillas Simple syllables*	Sílabas dobles Double syllables*	U Mann- Whitney	P
DC	1,876	2,188	12,0	0,37
DEC	1,799	1,882	12,0	0,37
NS	14,714	15,800	16,5	0,87
TE	8,496	8,319	15,0	0,68
IHD	0,135	0,132	14,0	0,57
PFM	5.266	4.724	26,0	0,82
CI	4.393	3.720	15,0	0,13
CM	6.121	5.536	20,0	0,35
CS	8.290	8.179	25,0	0,73
FMi	1.313	939	15,0	0,13
FMa	12.984	12.092	19,0	0,30
AB	11.666	11.159	22,0	0,49

Tabla 1. Resultados de la comparación de variables en el dominio del tiempo y en el de las frecuencias entre cantos de sílabas sencillas y de sílabas dobles en *Purpuraria erna*. **AB**: amplitud de banda; **CI**: cuartil inferior; **CM**: cuartil medio; **CS**: cuartil superior; **DC**: duración del canto; **DEC**: duración efectiva del canto; **FMa**: frecuencia máxima; **FMi**: frecuencia mínima; **IHD**: intervalo entre las hemisílabas *d*; **NS**: número total de sílabas (sencillas + dobles); **PFM**: pico de frecuencia máxima; **TE**: tasa de emisión. * Media de medianas.

Table 1. Results of the comparison of variables between simple syllable and double syllable songs in *Purpuraria erna*, both in the domain of time and in the domain of frequencies. **AB**: band width; **CI**: lower quartile; **CM**: medium quartile; **CS**: upper quartile; **DC**: lasting of song; **DEC**: effective lasting of song; **FMa**: higher frequency; **FMi**: lower frequency; **IHD**: interval between hemisyllables *d*; **NS**: total number of syllables (single + double); **PFM**: maximum frequency peak; **TE**: emission rate. *Mean of medians.

En el 42,66% de los cantos analizados se producen asincronías de todas o parte de sus sílabas. También son abundantes los cantos de sílabas sencillas o dobles que presentan una hemisílabas *d* al principio y/o al final del esquema separada del resto una distancia mayor de lo normal (hemisílabas de apertura y de cierre).

Las hembras que ejecutaron el canto estaban aisladas de los machos, juntas o separadas indivi-

dualmente. La mayoría de las hembras usadas en el estudio eran vírgenes, ya que en el momento de su captura eran ninfas o procedían de las puestas obtenidas en el laboratorio, y al alcanzar el estado adulto eran aisladas individualmente en recipientes plásticos para evitar contactos con los machos. En *P. erna* las hembras empezaron a cantar pasados una media de 47,68 días (mín. 10-máx. 89) tras la muda imaginal, mientras que en *A. euphorbiae* tardaron una media de 63,25 días (mín. 37-máx. 101) en hacerlo. En ambos casos los cantos se prolongaron unos 30 días, tras los cuales las hembras enmudecieron. Transcurrido un tiempo variable, algunas hembras volvieron a cantar. Cuando estas hembras vírgenes se pusieron en contacto con machos en el periodo en que estaban cantando, dejaron de cantar inmediatamente y se produjeron las cópulas. Tras la cópula, y pasando un tiempo aisladas, algunas hembras volvieron a cantar. En ocasiones se registraron cantos de réplica, es decir, cantos de hembras emitidos a modo de contestación, inmediatamente después de que otra hembra hubiera cantado. Hemos considerado como réplica los cantos emitidos un tiempo igual o inferior a 2 segundos después del primero. Estas réplicas ocurrieron tanto entre hembras de la misma especie (21 casos en *P. erna* y 19 en *A. euphorbiae*) como de distinto género (7 casos).

Cuando las hembras ya eran adultas en el momento de su captura, el tiempo transcurrido desde que eran aisladas hasta que empezaron a cantar fue muy variable, pudiendo deberse a que fueran vírgenes o no, y de su posible contacto previo con los machos en el medio natural. En este caso, el número de hembras que cantaron fue menor (32,43%) que en el de las hembras criadas hasta el estado adulto en el laboratorio (63,49%).

Ninguna especie mostró una tendencia a cantar en algún momento del día; lo hicieron indistintamente a cualquier hora siempre que en el laboratorio hubiese luz y calor suministrados por bombillas o por el sol. No se encontró correlación positiva entre la temperatura de grabación (intervalos de 1°C) y el número de cantos emitidos en cada especie (*P. erna*: $rs = -0,333$ y $P = 0,381$; *A. euphorbiae*: $rs = 0,05$ y $P = 0,898$).

El canto de *Purpuraria erna*

En el estudio se utilizaron 46 hembras de esta especie, de las que cantaron 40 (86,96%), obteniéndose el registro de 758 cantos. El 64,86% de las

hembras que cantaron emitieron cantos de sílabas dobles, y el resto de hembras cantos de sílabas sencillas. De 12 hembras previamente escogidas se seleccionaron y analizaron 55 cantos (Tabla 2), que representaban tanto a las emisiones de sílabas sencillas como a las de dobles.

Los cantos tienen una duración media de 2,038 s ($\pm 0,543$), pero la duración efectiva del canto (tren de sílabas) es de 1,827 s ($\pm 0,438$). Están formados por 15,181 sílabas ($\pm 3,484$) emitidas a razón de 8,536 sílabas/s ($\pm 1,896$). Hay asincronía en el 47,27% de los cantos, con 8,033 sílabas asincrónicas por canto ($\pm 1,941$), estando las hemisílabas asincrónicas separadas entre sí 0,012 s ($\pm 0,007$). Las hemisílabas *d* y *a* están separadas entre sí una media de 0,067 s ($\pm 0,014$), siendo esta separación mayor al final del canto que al principio. La distancia entre las sílabas dobles es de 0,064 s ($\pm 0,011$), entre las sílabas sencillas es de 0,129 s ($\pm 0,035$) y entre las hemisílabas *d* es de 0,133 s ($\pm 0,03$). Sin embargo, cuando hay hemisílabas de apertura y cierre, la separación entre éstas y las sílabas siguiente y precedente es mayor (0,370 s ($\pm 0,127$) y 0,582 s ($\pm 0,524$) respectivamente).

El sonido producido ocupa una banda de frecuencia de emisión amplia, de unos 11.403 Hz (± 1.017). La frecuencia de emisión mínima tiene un valor de 1.182 Hz (± 547), y la máxima de 12.585 Hz (± 1.384). El cuartil inferior (25% de la energía de la señal) tiene un valor de 4.110 Hz (± 753), el cuartil medio (50%) de 5.875 Hz (± 875) y el cuartil superior (75%) de 8.340 Hz (± 980). La mayor parte de los espectros de frecuencia analizados muestran que los picos principales de emisión ocupan dos rangos de valores, tanto en el caso de las hemisílabas *d* como en el de las *a*. En el 52, 17% de los casos, el pico de máxima frecuencia se sitúa entre 4.000 y 4.800 Hz, mientras que en el 22,36% de los casos se sitúa entre 5.800 y 7.000 Hz (Fig. 2). El resto de situaciones nunca superan porcentajes del 8%.

El canto de *Acrostira euphorbiae*

Se obtuvieron cantos de las 25 hembras utilizadas en el estudio (100%), obteniéndose el registro de 450 cantos. El 79,16% de las hembras que cantaron emitieron cantos de sílabas dobles, y el resto de hembras cantos de sílabas sencillas. Se seleccionaron y analizaron 20 cantos pertenecientes a 5 hembras previamente escogidas (Tabla 3), que re-

Hembra nº Female no.	Datos de colecta Collecting data	Fecha de grabación Recording date	Condiciones de grabación Recording conditions	Código de cantos Song codes
3	Rosa de los Negrines. 31/03/2004	03/06/2004	21°C; 68,7% H.R.	PER(3).CASTT.20: (B37),(B145),(B189), (B211)
5	Barranco de Vinamar. 04/04/2004	05/06/2004	21°C; 68,7% H.R.	PER(5).CASTT.20: (B129),(B148)
		03/06/2005	Caja de grabaciones 23,4°C; 60,5% H.R.	PER(5).CASTT.21: (B, 534)
		02/06/2004	23,6°C; 50,4% H.R.	PER(5).CASTT.25: (B325),(B465)
6	Barranco de Vinamar. 04/04/2004	Laboratorio, 08/11/2004	26,1-28,5°C; 55,1- 59% H.R.	PER(6).CASTT.22: (A125),(A314),(A454), (B58),(B189)
17	Islote de Lobos. 30/03/2004	08/11/2004	26,1-28,5°C; 55,1- 59% H.R.	PER(17).CASTT.22: (A296),(B320)
		15/06/2004	24°C; 58,7% H.R.	PER(17).CASTT.27: (A101),(A151), (B248)
22	Puesta eclosionada el 03/06/2004	08/11/2004	26,1-28,5°C; 55,1- 59% H.R.	PER(22).CASTT.29: (A112),(A330), (A395), (A416),(A512)
23	Puesta eclosionada el 21/06/2004	16/12/2004	23,8-24,2°C; 49,5- 49,6% H.R.	PER(23).CASTT.16: (B356)
		14/06/2004	23,6°C; 50,4% H.R.	PER(23).CASTT.24: (A448),(A715), (B313), (B700)
26	Puesta eclosionada el 21/06/2005	06/11/2004	25,9-28,5°C; 52- 56,7% H.R.	PER(26).CASTT.30: (A438)
		08/11/2004	28-28,4°C; 50,1- 51,5% H.R.	PER(26).CASTT.32: (A66),(A159),(A634), (A653)
34	Puesta eclosionada el 21/06/2004	19/01/2005	26,3-27,2°C; 38,5- 39,2% H.R.	PER(34).CASTT.09: (A74),(A680),(A703)
47	Puesta eclosionada el 21/06/2004	14/02/2005	25-25,4°C; 38- 40,1% H.R.	PER(47).CASTT.06: (A67)
		14/02/2005	24,1-25°C; 39,8- 42,1% H.R.	PER(47).CASTT.07: (B148),(B206), (B426), (B431)
66	Puesta eclosionada el 21/06/2004	14/03/2005	28,7-30,2°C; 32,7- 34,9% H.R.	PER(66).CASTT.05: (B693)
		14/02/2005	25-25,4°C; 38- 40,1% H.R.	PER(66).CASTT.06: (B243),(B292)
67	Islota Tabaibas (Lanzarote). 27/11/2004	22/03/2005	26,5-30,6°C; 36,1- 41,7% H.R.	PER(67).CASTT.04: (A24)
		11/03/2005	28,3-28,5°C; 35,7- 36,2% H.R.	PER(67).CASTT.05: (A67),(A269)
		14/02/2005	25-25,4°C; 38- 40,1% H.R.	PER(67).CASTT.06: (B434),(B297)
77	Islote Betancores (Lanzarote). 02/07/2005	18/01/2006	24,5-28°C; 35,7- 40,1% H.R.	PER(77).CASTT.15: (A320),(A450), (A493)
			26-28,1°C; 35,7-47,3% H.R.	PER(77).CASTT.15: (B38),(B200)

Tabla 2. Datos de los registros de sonidos analizados en *Purpuraria erna*.Table 2. Data of the recorded sounds analyzed for *Purpuraria erna*.

presentaban sólo a las emisiones de sílabas dobles ya que los cantos de sílabas sencillas no se pudieron usar en los análisis por su baja relación señal/ruido.

La duración media de los cantos es de 1,567 s ($\pm 0,389$), mientras que la duración efectiva del canto es de 1,336 s. El fragmento del oscilograma perteneciente al canto efectivo está formado por una media de 10,9 sílabas ($\pm 1,664$) emitidas a razón de 8,539 sílabas/s ($\pm 1,014$). Hay asincronía en el 30% de los cantos, con una media de 3,667 sílabas asincrónicas por canto ($\pm 0,943$), estando

las hemisílabas asincrónicas separadas entre sí 0,014 s ($\pm 0,002$). Las hemisílabas *d* y *a* están separadas entre sí una media de 0,071 s ($\pm 0,01$), siendo esta separación al final del canto mayor que al principio. La separación entre las sílabas dobles es de 0,065 s ($\pm 0,006$) y entre las hemisílabas *d* es de 0,135 s ($\pm 0,014$). Sin embargo, las hemisílabas de apertura registradas en los cantos están separadas de la sílaba siguiente 0,299 s ($\pm 0,121$). No se registraron hemisílabas de cierre en los cantos analizados. El sonido producido ocupa una banda de frecuencia de emisión amplia, de unos 12.146

Hz (± 318). La frecuencia de emisión mínima tiene un valor de 838 Hz (± 95), y la máxima de 12.984 Hz (± 262). El cuartil inferior tiene un valor de 3.175 Hz (± 131), el cuartil medio de 5.014 Hz (± 169) y el cuartil superior de 7.175 Hz (± 331). Al igual que en *P. erma*, los picos principales de emisión de las hemisílabas *d* y *a* son variables,

pero tienen valores parecidos. La mayor parte de los espectros de frecuencia analizados muestra que los picos principales de emisión ocupan tres rangos de valores, tanto en el caso de las hemisílabas *d* como en el de las *a*. En el 39, 62% de los casos, el pico de máxima frecuencia se sitúa entre 4.000 y 5.150 Hz, en el 34,91% de los casos el

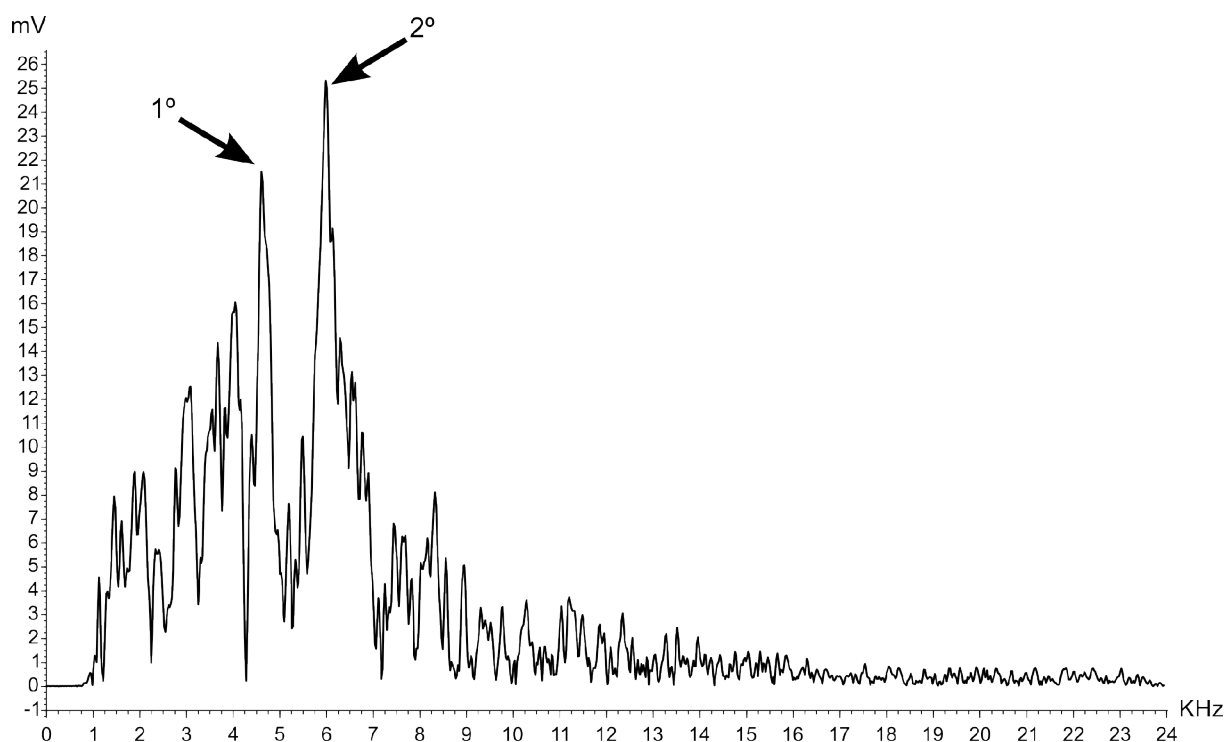


Figura 2. Espectrograma de frecuencias típico de *Purpuraria erma* (hemisílaba 12d, PER(34).CASTT.09 (A, 680), en el que se señalan picos representativos de los dos rangos de valores donde dominan los picos de máxima frecuencia. En este caso el pico de frecuencia máxima está en el segundo rango de valores (5.800 - 7.000 Hz).

Figure 2. Typical spectrogram of frequencies for *Purpuraria erma*. (hemisyllable 12d, PER(34).CASTT.09 (A, 680), in which are indicated representative peaks of the two ranks of values where maximum frequency peaks are dominant. In this case the maximum frequency peak is located in the second rank of values (5,800 - 7,000 Hz).

Hembra nº Female no.	Datos de colecta Collecting data	Fecha de grabación Recording date	Condiciones de grabación Recording conditions	Código de cantos Song codes
2	Puesta eclosionada el 20/04/2004	Desconocida	25,5-26°C; 50,7-51,7% H.R.	AEU(2).CASTT.14(B165),(B23), (B266),(B569)
4	Puesta eclosionada el 10/05/2004	Desconocida	23,1-24,3°C; 45,5-49,6% H.R.	AEU(4).CASTT.16(A714),(B235), (B367),(B395)
6	Puesta eclosionada el 20/04/2004	Desconocida	21,8-27,2°C; 28,6-31,8% H.R.	AEU(6).CASTT.11(A385),(B141)
		16/12/2004	26,6-29,3°C; 32-39,6% H.R.	AEU(6).CASTT.17(A27)
		20/12/2004	17,8-30,2°C; 31,8-39,6% H.R.	AEU(6).CASTT.23(B415)
7	Puesta eclosionada el 10/05/2004	Desconocida	25,5-26°C; 50,7-51,7% H.R.	AEU(7).CASTT.14(B117),(B292), (B329),(B36)
8	Puesta eclosionada el 19/04/2004	Desconocida	23,1-24,3°C; 45,5-49,6% H.R.	AEU(8).CASTT.16(A132),(A349), (A697),(B315)

Tabla 3. Datos de los registros de sonidos analizados en *Acrostira euphorbiae*.

Table 3. Data of the recorded sounds analyzed in *Acrostira euphorbiae*

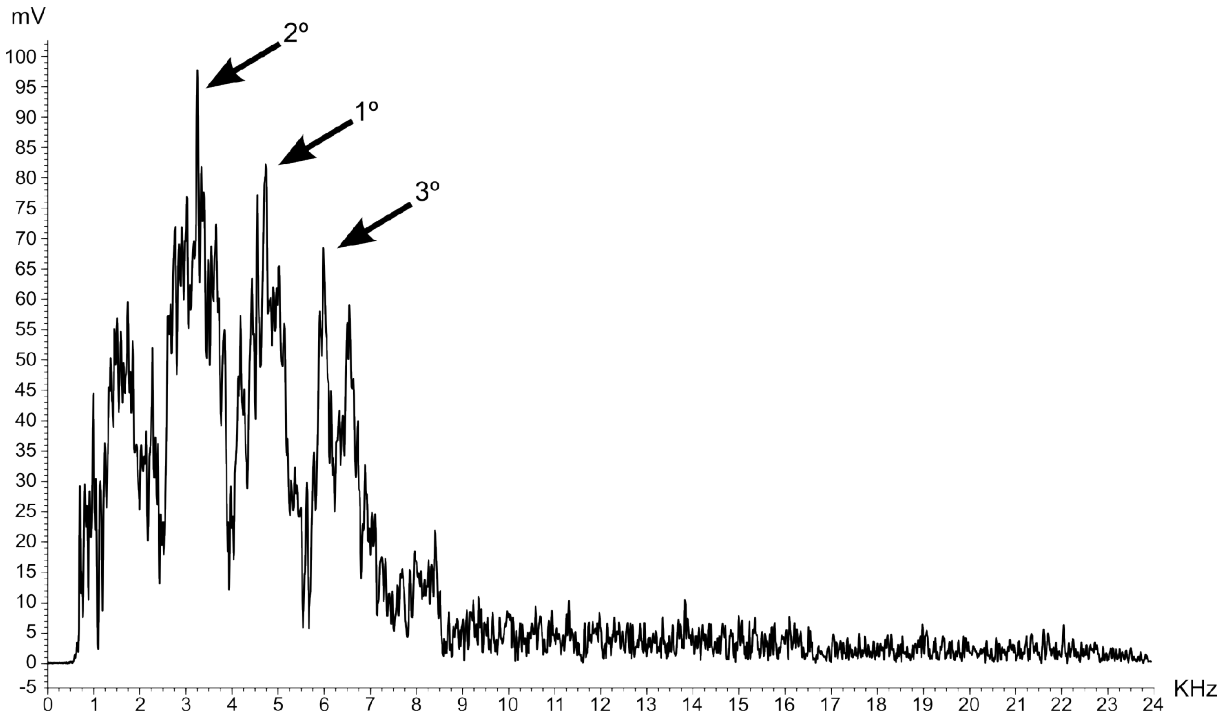


Figura 3. Espectrograma de frecuencias típico de *Acrostira euphorbiae* (hemisílaba 3d, AEU(7).CASTT.14(B, 117), en el que se señalan picos representativos de los tres rangos de valores donde dominan los picos de máxima frecuencia. En este caso el pico de frecuencia máxima está en el segundo rango de valores (3.000-3.620 Hz).

Figure 3. Typical spectrogram of frequencies for *Acrostira euphorbiae* (hemisyllable 3d, AEU(7).CASTT.14(B, 117), in which are indicated representative peaks of the three ranks of values where maximum frequency peaks are dominant. In this case the maximum frequency peak is located in the second rank of values (3,000 - 3,620 Hz).

Variables Parameters	<i>A. euphorbiae</i> *	<i>P. erna</i> *	U Mann-Whitney	P	Comparación entre spp. Comparison between species
DC	1,627	1,991	17	0,171	Ae=Pe
DEC	1,398	1,809	16	0,14	Ae=Pe
NSDob	10,100	12,875	7,5	0,098	Ae=Pe
NS	11,300	15,083	9,5	0,03	Ae<Pe
TE	8,463	8,437	24	0,527	Ae=Pe
TEDob	7,435	7,010	14	0,57	Ae=Pe
ISDob	0,065	0,066	14	0,853	Ae=Pe
IHD	0,134	0,134	30	1	Ae=Pe
IH	0,070	0,066	16	0,808	Ae=Pe
ISA	0,263	0,436	5	0,089	Ae=Pe
PFM	4.111	5.139	8	0,02	Ae<Pe
CI	3.139	4.108	0	0,002	Ae<Pe
CM	4.974	5.882	5	0,008	Ae<Pe
CS	7.109	8.236	4	0,006	Ae<Pe
FMi	867	1.151	21	0,343	Ae=Pe
FMa	12.899	12.564	19	0,246	Ae=Pe
AB	12.089	11.425	18	0,206	Ae=Pe

Tabla 4. Resultados de la comparación interespecífica de los parámetros medidos en el dominio del tiempo y de las frecuencias en los cantos de las especies estudiadas. En "Comparación entre spp." se indica la interpretación estadística del resultado obtenido. **Ae:** *Acrostira euphorbiae*; **Pe:** *Purpuraria erna*. * Media de medianas. **AB:** amplitud de banda; **CI:** cuartil inferior; **CM:** cuartil medio; **CS:** cuartil superior; **DC:** duración del canto; **DEC:** duración efectiva del canto; **FMa:** frecuencia máxima; **FMi:** frecuencia mínima; **IH:** intervalo entre hemisílabas; **IHD:** intervalo entre hemisílabas *d*; **ISA:** intervalo entre la sílaba de apertura y el tren de sílabas; **ISDob:** intervalo entre sílabas dobles; **NS:** número total de sílabas (sencillas + dobles); **NSDob:** número de sílabas dobles; **PFM:** pico de frecuencia máxima; **TE:** tasa de emisión; **TEDob:** tasa de emisión de sílabas dobles.

Table 4. Results of the interspecific comparison of parameters measured in the domains of time and of frequencies in the songs of the studied species. The statistic interpretation of the result is indicated in "Comparison between species". **Ae:** *Acrostira euphorbiae*; **Pe:** *Purpuraria erna*. * Mean of medians. **AB:** band width; **CI:** lower quartile; **CM:** medium quartile; **CS:** upper quartile; **DC:** lasting of song; **DEC:** effective lasting of song; **FMa:** higher frequency; **FMi:** lower frequency; **IH:** interval between hemisyllables; **IHD:** interval between hemisyllables *d*; **ISA:** interval between opening syllable and effective echeme; **ISDob:** interval between double syllables; **NS:** total number of syllables (single + double); **NSDob:** number of double syllables; **PFM:** maximum frequency peak; **TE:** emission rate; **TEDob:** double syllables emission rate.

pico se sitúa entre 3.000 y 3.620 Hz, y en el 15,09% de los casos se sitúa entre 5.800 y 6.150 Hz (Fig. 3). El resto de situaciones están representadas por un bajo número de casos, nunca superiores al 6,6%.

Comparación interespecífica de los cantos

El análisis estadístico realizado para comparar los cantos de las especies estudiadas muestra que existen diferencias significativas tanto en parámetros del dominio del tiempo como en el de las frecuencias (Tabla 4). El número de sílabas emitidas (NS) en los cantos de *A. euphorbiae* es significativamente menor al de los cantos de *P. erna* (Test Mann-Whitney: $U= 9,5$; $P = 0,03$). Se han encontrado claras diferencias tanto en la frecuencia a la que aparece la máxima intensidad del sonido (PFM), como en la forma en que se distribuye la energía en la banda de frecuencias de la señal (cuartiles). Así, los picos de frecuencia máxima (Test Mann-Whitney: $U= 8$; $P = 0,02$) y los valores de los cuartiles inferior ($U= 0$; $P = 0,002$), medio ($U= 5$; $P = 0,008$) y superior ($U= 4$; $P = 0,006$) son significativamente menores en *A. euphorbiae* respecto a *P. erna*.

Discusión

Podemos afirmar que los machos de las especies estudiadas no son capaces de emitir sonidos según lo observado en el seguimiento de gran número de ejemplares en este estudio. Esto parece ser lo habitual en la mayoría de los estudios realizados en Pamphaginae (Clemente et al. 1990; Dumortier 1966; García et al. 1996a; García & Presa 1985; Ingrisich 1983; Johnsen 1972; Korsakoff 1941; Llorente et al. 1995; Presa et al. 2000), a pesar de que los machos presentan las estructuras corporales necesarias para la emisión de sonidos, y aparentemente son aptas para ello. Sin embargo, en los machos de las especies canarias las piezas que intervienen en la emisión por el método alar-notal no tienen una disposición adecuada en el cuerpo para producir el sonido (López et al. 2008).

El alto grado de reducción alar que tienen los panfágidos en general y el abdomen voluminoso que suelen tener las hembras son factores que limitan bastante sus desplazamientos (Llorente & Presa 1997; López et al. 2007b). Además, sus poblaciones suelen ser escasas y dispersas, todo lo

cual disminuye la probabilidad de encuentro entre ambos sexos para reproducirse. La emisión de cantos es por tanto una solución adecuada ante estas adversidades, ya que la señal sonora facilita el encuentro entre individuos. Las especies canarias emplean la poliandria como estrategia reproductiva, ya que las hembras copulan con varios machos una vez están preparadas para la reproducción (López et al. 2007b). La menor movilidad de las hembras en las especies canarias y la estrategia reproductiva empleada pueden ser otra explicación para el hecho de que sean las hembras, y no los machos, quienes tienen capacidad de emitir sonidos a modo de llamada para atraer a los machos para la cópula. En este sentido, los cantos de réplica se pueden considerar como un canto de interacción que probablemente es emitido por hembras que intentan contrarrestar el poder de atracción de los cantos previos de otras hembras.

La temporalidad observada en la predisposición para emitir cantos, tras la muda imaginal o tras el aislamiento después de las cópulas, probablemente esté relacionada con la maduración de los órganos internos o los niveles hormonales que determinan el momento en que las hembras están listas para reproducirse. Esta temporalidad concuerda con lo observado en estudios previos realizados con especies ibéricas y norteafricanas (García & Presa 1985; Johnsen 1972).

La emisión de cantos sin seguir una cadencia temporal fija parece ser normal en Pamphaginae, ya que es un fenómeno observado en todos los estudios de acústica realizados con estos saltamontes (Burt 1946; García et al. 1996a; Ingrisich 1983; Llorente et al. 1995; Presa et al. 2000). Sin embargo, la plasticidad encontrada en la estructura de los cantos de las especies canarias estudiadas, con cantos de sílabas sencillas o dobles en la misma especie e incluso en un mismo ejemplar, nunca se había detectado en otros panfágidos. Estas modificaciones en el patrón de canto probablemente se han podido observar gracias al seguimiento de gran cantidad de ejemplares, a diferencia de los estudios referenciados anteriormente, donde las observaciones se realizaron con pocos ejemplares.

En *A. euphorbiae* y *P. erna* la temperatura ambiental no parece determinante en la estimulación del canto o en la tasa de emisión de cantos. En cambio, estudios con panfágidos continentales mostraron que éstos eran más propensos a cantar

al amanecer, cuando las temperaturas eran más bajas (Burt 1946), o al atardecer (García et al. 1996a; Llorente et al. 1995), cuando más calor se había acumulado en torno a los ejemplares.

Los parámetros duración del canto (DC), número total de sílabas (NS), tasa de emisión (TE), intervalo entre sílabas (en nuestro caso IHD), pico de frecuencia máxima (PFM) y amplitud de banda (AB), se han utilizado en otros estudios con panfágidos para establecer comparaciones entre especies desde un punto de vista bioacústico y taxonómico (García et al. 1996a; Llorente et al. 1995; Presa et al. 2000). Los valores medios de estos parámetros son bastantes diferentes en las especies canarias estudiadas, salvo en el caso de IHD y TE (Tabla 5). Sin embargo, a pesar de que puedan existir diferencias entre estas medias, el rango de valores que abarca cada uno de estos parámetros es tan amplio para cada taxon que acaban por producirse solapamientos entre las dos especies, quedando reflejado como diferencias no significativas en los análisis estadísticos (Tabla 4). Estos rangos de variación tan grandes seguramente se deben a que se ha estudiado un elevado número de ejemplares de cada especie, lo que ha permitido recoger una gran fluctuación en los valores de las variables medidas. Por tanto, para este tipo de estudios es recomendable emplear un tamaño muestral amplio y basar las diferencias intra e interespecíficas en análisis estadísticos, más que en la com-

paración de estadísticos descriptivos.

En *G. durieui*, hasta ahora el único panfágido en el que se había detectado el empleo del método alar notal, los valores de estos parámetros son ligeramente diferentes a los de las especies del presente estudio (Tabla 5). La tasa de emisión de esta especie norteafricana alcanza un valor doble que en las especies que hemos estudiado, ya que mediante un canto más corto es capaz de emitir un mayor número de sílabas. Además, analizando los oscilogramas mostrados por Johnsen (1972) para esta especie hemos podido calcular que la distancia entre las hemisílabas *d* es casi la mitad que en las especies canarias. Por tanto, el canto de *G. durieui* es más corto, con las sílabas más compactadas y de ejecución mucho más rápida que en las especies canarias.

Tomando como referencia los resultados obtenidos en *A. euphorbiae* y *P. erna*, se podría afirmar que los respectivos géneros pueden diferenciarse significativamente en el dominio de las frecuencias y en el del tiempo, lo que vendría a apoyar la validez taxonómica de ambos. Es necesario realizar un estudio con mayor número de ejemplares y con todas las especies canarias hasta conseguir valores estables en las variables a analizar, y comprobar si se siguen conservando las diferencias encontradas en este estudio y que apoyan el *status* taxonómico de ambos géneros.

Especies Species	DC	NS	TE	IHD	PFM	AB
<i>P. erna</i>	2,038 (± 0,543)	15,181 (± 3,484)	8,536 (± 1,896)	0,133 (± 0,03)	4.000-4.800 5.800-7.000	11.403 (± 1.017)
<i>A. euphorbiae</i>	1,567 (± 0,389)	10,9 (± 1,664)	8,539 (± 1,014)	0,135 (± 0,014)	4.000-5.150 3.000-3.620	12.089 (± 318)
<i>Glauia durieui</i>	1,4	21	15	≈ 0,06	-	-

Tabla 5. Valores medios (media de medias) y desviación estándar de los principales parámetros medidos en las dos especies canarias estudiadas y en *Glauia durieui*, estos últimos obtenidos a partir de Johnsen (1972). **DC**: duración del canto; **NS**: número total de sílabas; **TE**: tasa de emisión; **IHD**: intervalo entre hemisílabas *d*; **PFM**: pico de frecuencia máxima; **AB**: amplitud de banda.

Table 5. Mean values (mean of means) and standard deviation of the main parameters measured in the two Canarian species and in *Glauia durieui*, the latter calculated after Johnsen (1972) information. **DC**: lasting of song; **NS**: total number of syllables; **TE**: emission rate; **IHD**: interval between hemisyllables *d*; **PFM**: maximum frequency peak; **AB**: band width.

Agradecimientos

Agradecemos la ayuda en la colecta de ejemplares a Elena Morales, Hermans Contreras Díaz, Salvador de la Cruz, Nuria Macías, Antonio J. Pérez, Bernardo Rodríguez, Esther Cano, Marcos Báez, Rafael García y Félix Medina. Agradecemos el préstamo del magnetófono a Aurelio Martín, sin el

cual este estudio no se hubiese podido realizar. Debemos agradecerles a Esther Larrosa y a Eulalia Clemente la aclaración de diversas dudas sobre bioacústica, y a Juan José Presa por poner a nuestra disposición el laboratorio de bioacústica de la Universidad de Murcia para el tratamiento de los cantos. Manuel Nogales colaboró amablemente en

los análisis estadísticos de los datos. Los Cabildos de La Palma, Fuerteventura y Lanzarote nos facilitaron soporte logístico. Los correspondientes permisos de muestreo en áreas protegidas y de colecta de especies amenazadas fueron obtenidos de los diferentes Cabildos y del Gobierno de Canarias, respectivamente. Heriberto López disfruta de una beca de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias para la realización de su tesis doctoral, en la que se incluye este estudio, financiado por los fondos de investigación REN2003-00024/GLO y CGL 2006-01365 (Ministerio de Educación y Ciencia de España-fondos FEDER de la Unión Europea), y por fondos de conservación del Cabildo de La Palma y de la Consejería de Política Territorial del Gobierno de Canarias.

Referencias

- Angulo A, Cocroft RB & Reichle S. 2003. Species identity in the genus *Adenomera* (Anura: Leptodactylidae) in southeastern Peru. *Herpetologica* 59: 490-503.
- Bannerman DA. 1963. Birds of the Atlantic Islands, vol 1. A history of the birds of the Canary Islands and of the Selvages. Edinburgh: Oliver & Boyd.
- Burt E. 1946. Observations on east African Pamphaginae (Orthoptera, Acrididae) with particular reference to stridulation. Proceedings of the Royal Entomological Society of London (A) 21: 51-55.
- Clemente ME, García MD & Presa JJ. 1990. Datos sobre el comportamiento en cautividad de *Navasius sulcatus* Bolívar, 1912 (Orthoptera, Pamphagidae). *Zoologica Baetica* 1: 33-42.
- Clemente ME, García MD, Arnaldos I, Romera E & Presa JJ. 1999. Confirmación de las posiciones taxonómicas específicas de *Omocestus antagi* (Bolívar, 1897) y *O. navasi* Bolívar, 1908 (Orthoptera, Acrididae). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biología)* 95 (3-4): 27-50.
- David J, Zefa E & Fontanetti CS. 2003. Cryptic species of *Gryllus* in the light of bioacoustic (Orthoptera: Gryllidae). *Neotropical Entomology* 32 (1): 75-80.
- Dumortier B. 1966. Sur une méthode de stridulation nouvelle chez un pamphaginae, *Eunapius terrulentus* (Serv.) (Insectes, Orthoptères). *Bulletin de la Société Zoologique de France* 91: 25-29.
- Fulton BB. 1932. North Carolina's singing Orthoptera. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society* 47: 55-69.
- García MD, Clemente ME, Llorente V & Presa JJ. 1996a. Datos sobre el comportamiento de *Eumigus cucullatus* (Bolívar, 1878), *Eumigus monticola* (Rambur, 1838) y *Ocnierodes fallaciosus* Bolívar, 1912 (Orthoptera: Pamphagidae): manifestaciones acústicas. *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 20 (1-2): 161-171.
- García MD, Clemente ME & Presa JJ. 1996b. Las manifestaciones acústicas y la taxonomía de las especies de *Arcyptera* Serville, 1839 presentes en la Península Ibérica (Orthoptera: Acrididae). *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 20 (3-4): 59-92.
- García MD, Clemente ME & Presa JJ. 1998. Las manifestaciones acústicas de *Omocestus femoralis* Bolívar, 1908 y *O. Kaestneri* Harz, 1979 (Orthoptera, Caelifera, Acrididae). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biología)* 94 (1-2): 5-13.
- García MD, Larrosa E, Clemente E & Presa JJ. 2005. Contribution to the knowledge of the genus *Docioctaurus* Fiebre, 1853 in the Iberian Peninsula, with special reference to its sound production (Orthoptera: Acridoidea). *Anales de Biología* 27: 155-189.
- García MD & Presa JJ. 1985. Observaciones sobre el comportamiento en cautividad de *Eumigus cucullatus* (Bolívar, 1878) (Orth. Pamphagidae). *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 9: 175-181.
- García-Becerra R & Oromí P. 1992. *Acrostira euphorbiae* sp. n. de Pamphagidae (Orthoptera) de La Palma (Islas Canarias). *Eos* 68: 99-109.
- Heller KG, Korsunovskaya OS, Sevgili H & Zhantiev RD. 2006. Bioacoustics and systematics of the *Poecilimon heroicus*-group (Orthoptera: Phaneropteridae: Barbitistinae). *European Journal of Entomology* 103: 853-865.
- Hernández JM, Gamarra P & García D. 1997. Comunicación acústica en algunas especies de *Iberodorcadion* Breuning, 1943 (Coleoptera: Cerambycidae: Lamiinae). *Elytron* 11: 51-61.
- Hoch H & Howarth F. 1993. Evolutionary dynamics of behavioral divergence among populations of the Hawaiian cave-dwelling planthopper *Oliarus polyphemus* (Homoptera: Fulgoroidea: Cixiidae). *Pacific Science* 47 (4): 303-318.
- Ingrisch S. 1983. Mechanismus der Stridulation in der Gattung *Pamphagus* (Orthoptera: Pamphagidae). *Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft, Stuttgart*, 1983: 167.
- Isler ML, Isler PR & Whitney BM. 1998. Use of vocalizations to establish species limits in antbirds (Passeriformes: Thamnophilidae). *Auk* 115: 577-590.
- Johnsen P. 1972. Alar-notal and tegmino-alar sound production in the African *Glauia* and *Acinipe* (Acridoidea: Pamphagidae), with notes on other behaviour. *Natura Jutlandica* 16: 59-80.
- Kevan DK. 1955. Méthodes inhabituelles de production de son chez les Orthoptères. En *Colloque sur l'acoustique des Orthoptères* (Busnel RG, ed.). Paris: Institut National de la Recherche Agronomique, pp. 103-141.
- Korsakoff MN. 1941. Contribution à l'étude des Pamphaginae de l'Afrique du Nord. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord* 32: 352-369.
- Kwet A. 2007. Bioacoustic variation in the genus *Adenomera* in southern Brazil, with revalidation of *Leptodactylus nanus* Müller, 1922 (Anura, Leptodactylidae). *Mitteilungen aus dem Museum für Naturkunde in Berlin - Zoologische Reihe* 83: 56-68.

- Larrosa E, García MD, Clemente ME & Presa JJ. 2007. Sound production in *Aiolopus strepens* (Latreille, 1804) (Orthoptera, Acrididae). *Articulata* 22 (2): 107-115.
- Llorente V & Presa JJ. 1997. Los Pamphagidae de la Península Ibérica (Insecta: Orthoptera: Caelifera). Murcia: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia.
- Llorente V, García MD & Presa JJ. 1995. Datos sobre el comportamiento en cautividad de *Eumigus punctatus templadoi* Llorente y Presa, 1986 (Orthoptera, Pamphagidae). *Zoologica Baetica* 6: 23-32.
- López H, Contreras-Díaz HG, Oromí P & Juan C. 2007a. Delimiting species boundaries for endangered Canary Island grasshoppers based on DNA sequence data. *Conservations Genetic* 8: 587-598.
- López H, Nogales M, Morales E & Oromí P. 2007b. Habitat use and phenology of a large insular endemic grasshopper *Acrostira euphorbiae* (Orthoptera: Pamphagidae). *Bulletin of Entomological Research* 97: 117-127.
- López H, García MD, Clemente E, Presa JJ & Oromí P. 2008. Sound production mechanism in pamphagid grasshoppers (Orthoptera). *Journal of Zoology* 275:1-8.
- Lorier E, García MD, Clemente ME & Presa JJ. 2002. Calling behavior and morphology of the stridulatory apparatus in neotropical grasshoppers (Aleuas Stal; Orthoptera). *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 37: 71-78.
- McCracken KG & Sheldon FH. 1997. Avian vocalizations and phylogenetic signal. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 94: 3833-3836.
- Oromí P, Martín S & Galindo A. 2001. Nuevos datos sobre la familia Pamphagidae en Canarias (Orthoptera, Caelifera). *Vieraea* 29: 89-95.
- Payne RB. 1986. Birds songs and avian systematics. In *Current Ornithology*. Vol. 3. (RJ Johnston, ed.). New York: Plenum Publishing Corporation, pp. 87-126.
- Presa JJ, Llorente V & García MD. 2000. Nuevos datos sobre los Pamphagidae (Orthoptera, Caelifera) de la Península Ibérica I. Nueva subespecie de *Eumigus Bolívar*, 1878 de la Sierra de Alcaraz (Albacete, España). *Graellsia* 56: 79-86.
- Ragge DR. 1986. The song of the western European grasshoppers of the genus *Omocestus* in relation to their taxonomy (Orthoptera: Acrididae). *Bulletin of the British Museum of Natural History (Entomology)* 53(4): 213-249.
- Ragge DR. 1990. The songs of the western European bush-crickets of the genus *Platycleis* in relation to their taxonomy (Orthoptera; Tettigoniidae). *Bulletin of the British Museum of Natural History (Entomology)* 59 (1): 1-35.
- Ragge DR & Reynolds WJ. 1998. The songs of the grasshoppers and crickets of Western Europe. Colchester: Harley Books.
- Raposo MA, Parrini R & Napoli M. 1998. Taxonomia, morfometria e bioacústica do grupo específico *Hylophilus poicilotis* / *H. Amaurocephalus* (Aves, Vireonidae). *Ararajuba* 6 (2): 87-109.
- Tubaru PL. 1999. Bioacústica aplicada a la sistemática, conservación y manejo de poblaciones naturales de aves. *Etología* 7: 19-32.
- Vaurie C. 1959. The birds of the Palaearctic Fauna. A systematic reference. Order Passeriformes. London, Witherby.
- Walker TJ. 1964. Cryptic species among sound-producing Ensiferan Orthoptera (Gryllidae and Tettigoniidae). *Quarterly Review of Biology* 39: 345-355.