

Emisión de sonido en insectos: un enfoque evolutivo (PRIMERA PARTE)

*Julián MongeNájera** y *Bernal MoreraBrenes***

Aunque se han publicado miles de artículos entomológicos que mencionan la producción de sonidos en los ámbitos sónico y ultrasónico, durante casi medio siglo no hubo una revisión del tema. Luego de la reseña de Prochnow de 1912, no hubo una revisión hasta 1958

* **Museo de Zoología**, Universidad de Costa Rica.

** **Escuela de Biología**, **Universidad de Costa Rica**

[6]. Ya en esa época había más de 2 400 referencias, una quinta parte de ellas publicada entre 1947 y 1957. Desde el siglo XIX los morfólogos describieron como “órganos de estridulación” muchas estructuras que hallaron en especímenes de museo, sin comprobar esa función. Eso llevó a Alexander [1] a reducir el número de informes para artrópodos en general, a solo los 170 que incluían el análisis de comprobación de un papel comunicador de tales señales. Por supuesto, es probable que estudios ulteriores revalidarán muchas de las afirmaciones de los morfólogos. El desarrollo de equipo electrónico luego de la Segunda Guerra Mundial revitalizó el campo de la bioacústica, enfatizándose el estudio físico de las señales sonoras en el osciloscopio. Lamentablemente, al menos en el caso de los artrópodos, muy pocos estudios relacionaron el sonido con la historia natural o la evolución, por lo que muchos estudiosos abandonaron ese campo tan rápidamente como habían entrado en él [1].



Esta revisión no es exhaustiva, se han seleccionado los ejemplos más interesantes en que se conoce o supone una función biológica para el sonido. Se incluyen todas las categorías en que se han clasificado las funciones bioacústicas; en los artículos o libros citados, que son a su vez revisiones, hay cientos de referencias específicas del tema. Este trabajo intenta poner al alcance de los lectores de habla hispana una introducción amplia y puesta al día, así como la revisión de algunas hipótesis según información reciente.

Métodos de estudio

Una descripción sencilla y general del equipo bioacústico aparece en Busnell [3]. Históricamente, solo hubo una revolución metodológica (década de 1950): desde fines del siglo XIX los autores describieron los sonidos con cierta subjetividad (“silbido”, “tic de reloj”, “como cuando se raspa tela con la aguja”, “como agua que cae sobre una sombrilla abierta”). En 1947, el finlandés O. Sotavalta realizó una verdadera hazaña: calculó frecuencias de aleteo del vuelo de varios insectos usando ... el oído. Esto fue posible por dos razones: el vuelo produce un tono simple (frecuencia más o menos única) y, que Sotavalta tenía el raro don del oído absoluto, muy apreciado por los músicos. ¿Por qué no usó análisis de grabaciones, si la grabadora se inventó en 1899 poco después del rodillo fonográfico, y si en 1931 apareció el disco de larga duración? Sencillamente por el bajo nivel de amplificación y la pobre fidelidad de estos aparatos [11]. A pesar de ello, sí hubo algunas grabaciones en disco [6], pero no fue sino hasta después de 1945, al desarrollarse el osciloscopio, que fue posible “ver” las ondas para analizarlos físicamente. El paso siguiente fue el

espectrógrafo de sonido, que permite sopesar la importancia de cada frecuencia en los sonidos compuestos (o sea, en la gran mayoría de los sonidos biológicos, que son de frecuencia múltiple).



Mecanismos

P.T. Haskell [8] los ha clasificado en cuatro categorías generales:

A. *Sonidos producidos secundariamente durante actividades normales*

Particularmente son los sonidos de vuelo y los resultantes de movimientos hechos al alimentarse, limpiarse o copular. Haskell [8] afirmó que los últimos tres carecen de significado biológico, ¡o cual no se justifica pues él mismo dice que pueden ser el origen evolutivo de los sonidos directos, como se verá. En el caso de los dípteros, las hembras producen un sonido intenso audible a los humanos (sobre todo en noches de insomnio. Los machos son atraídos únicamente por la frecuencia de vuelo de las hembras maduras, lo que ya en 1949 permitió construir una trampa sonora para mosquitos (zancudos). El aparato se probó en Cuba, pero fracasó como método de control porque solo funcionaba en un radio de un metro [8]. Desde el punto de vista del seleccionismo darwiniano, conviene explicar las complejas estructuras sonoras de los insectos mediante pasos intermedios en que tales estructuras son ventajosas para otra función. En el caso de algunas cucarachas, se ha propuesto que su estructura torácico, al ser golpeada por los patas cuando el individuo trata de liberarse de un depredador pequeño, produce un sonido que asusta por lo momentáneamente al depredador. Así, la cucaracha muchas veces lograría escapar, en especial si su estructura individual producía sonidos muy fuertes. Esta característica debió ser hereditaria, por supuesto.

B. *Sonidos producidos por impacto del cuerpo contra un sustrato*

Los casos mejor conocidos son las termitas, escarabajos, saltamontes y hormigos. Se supone que hoy dos funciones básicas: uno social (e.g. alarma) y otro sexual (cortejo). Un caso particularmente interesante es el del tenebriónido *Bolitherus cornutus*: durante el cortejo, el macho frota sus placas abdominales contra dos perillas del tórax de la hembra, produciendo un sonido audible a pocos metros [Liles, 1956, citado en 8]. Las pupas de algunas mariposas, al ser tocadas, se contraen y balancean bruscamente, produciendo sonidos que probablemente alejan a los depredadores pequeños, o advierten de otras defensas, como un mal sabor[7].

C. *Sonidos producidos por mecanismos especializados*

Prácticamente en todos los órdenes de insectos se encuentra el sistema de raspador y lima. Probablemente se originó de manera independiente muchas veces, pues hay gran diversidad de estructuras funcionando como “lima” (superficie estriada) o raspador (pieza dura que se pasa sobre la lima, con fuerza). Tan solo en Orthoptera (saltamontes, grillos y langostas) hay un mínimo de 24 mecanismos diferentes. Inesperadamente, se halló que la producción de sonido se da también en algunos insectos acuáticos, que usan este sistema tanto dentro como fuera del agua. En teoría, la densidad mayor del agua hace necesaria una energía 60 veces mayor que la necesaria para un sonido que viaje la misma distancia en el aire; pero en realidad se necesita menos porque el agua es mucho mejor propagador. Además, es interesante que cuando está en el agua, el insecto usa una frecuencia más baja. Precisamente, esa frecuencia más baja es la que sufre menor distorsión al cambiar la temperatura del agua, lo que hace sospechar que estos señales codifican un mensaje complejo.

Otro sistema general es el “timbal”, o sea una membrana hemisférica rígida que es contraída por un músculo (análogo a las “chicharras” de juguete de los niños). Se encuentra en chinches, chicharros o cigarros y mariposas. En el caso de las chicharros se ha informado que se pueden escuchar a casi 1,5 km de distancia, lo que lo convierte en el mecanismo más potente de todos los artrópodos. Sin embargo, el solo timbal no basta para producir esa potencia. La causa es más bien una combinación de éste con unos sacos “of inados para” resonar a su frecuencia (4-7 kHz). Hay, sin embargo, una especie australiana que se especializo en frecuencias inferiores al kHz, y como cualquier físico podría predecir, los sacos de resonancia son enormes y el abdomen es desproporcionado (lo llaman “bladder cycada”) [4]. De manera correspondiente, para producir frecuencias muy altas hay microtimbales, que tienen una función muy particular en algunas mariposas nocturnas (Arctiidae, Noctuidae). Se ha demostrado experimentalmente que estos insectos pueden escuchar los señales ecolocalizadoras de alta frecuencia de los murciélagos insectívoros, y también imitarlas. Aparentemente hay dos modos de acción del mecanismo: en algunas especies, al escuchar débilmente el sonido del murciélago, el sistema nervioso pasa a un estado de alerta general fisiológica; un sonido de intensidad media hace que el lepidóptero produzca “clicks” que posiblemente tengan función aposemático, y un sonido de más de 15 dB (murciélago muy cerca) causa parálisis de las alas del insecto, que cae al suelo y así logra muchas veces escapar [2]. El segundo modo de acción es interferencia: la mariposa mezcla sus señales con las del murciélago, disminuyéndole la capacidad de ecolocalización [9].

D. Sonidos producidos por uso de corrientes de aire

Es el mecanismo menos estudiado. Se ha propuesto que participe en la producción del chirrido de la abeja reina virgen, aunque Ramírez (10) afirma que se trata de soplar aire por los espiráculos. Ambas explicaciones tienen problemas, pues hay informes de que el sonido persiste cuando se obstruye los espiráculos, y cuando se cortan las alas [8, 10]. Una mariposa (Arctiidae) produce sonido al tiempo que lanza, explosivamente, una espuma maloliente de tipo defensivo, de manera similar a los “escarabajos bombarderos”. Un solo caso ha sido estudiado a fondo: la mariposa nocturna *Acherontia atropos* inspira o expira aire por la proboscis, usando los músculos faríngeos. La epifaringe se contrae, casi cerrando el paso y produciendo pulsos en la corriente de aire. El mayor interés de este mecanismo, de función desconocida, es que se parece al de la voz humana: es análogo en los Protostomia.

Se han relacionado estos mecanismos con la distribución filogenética de los órdenes de insectos según Daly, Doyen & Ehrlich [5]. El resultado (Figura 1) muestra que en los órdenes con individuos muy pequeños (menos derivados) no se conoce emisión de sonidos. Por la improbabilidad de que sus sonidos, si los emiten, sean detectados, no se justifica aún buscar explicación sobre ese “silencio”. El número de órdenes que presenta cada mecanismo general parece diferente en Endopterygota y Exopterygota (Cuadro 1), pero solo es posible el análisis estadístico de “sonido producido por estructuras especializadas” en comparación con el sonido producido de manera secundaria. El número de órdenes que presenta cada uno de esos tipos en Endo y Exopterygota es independiente de la subclase (contingencia, $O,7(p(O,8))$, lo que indica que no hay tendencia en ningún grupo a uno u otro tipo de producción de sonido. Tres órdenes muestran una gran variedad de tipos de mecanismo (4-5): Orthoptera, Hymenoptera y Lepidoptera. Por el contrario, solo se conoce un mecanismo en Odonata, Isoptera, Plecoptera y Thysanoptera. El método de membrana vibratoria es el único que puede considerarse poco común (solo está en dos órdenes, y aparece en Endo y Exopterygota: ningún mecanismo muestra distribución asociada con el cladograma del grupo.

Cuadro 1

DISTRIBUCIÓN DE MODOS DE PRODUCCIÓN DE SONIDO EN INSECTOS.

El número corresponde a la cantidad de órdenes

	ENDOPTERYGOTA	EXOPTERYGOTA
Resultado secundario	1	3
Impacto contra el sustrato	4	3
Fricción	4	4
Membrana vibratoria	1	1
Corrientes de aire	1	4

BIBLIOGRAFÍA

1. ALEXANDER, R.D. 1967. Acoustical communication in orthrapods. *Annu. Rev. Entomol.* 12: 495-526.
2. BROCK FENTON, M. ; J.H. FULLARD 1981. Moth hearing and the feeding strategies of bats. *Amer. Scientist* 69: 266-275.
3. BUSNELL, R.G. (cd.). 1963. Acoustic behavior of animals. Amsterdam. Elsevier. 933 p.
4. CLARIDGE, M.F. 1985. Acoustic signals in the Homoptera: behavior, taxonomy, and evolution, *Annu. Rev. Entomol.* 30: 297-317.
5. DALY, H.V. , J.T. DOVEN PR. EHRLICH. 1978. Introduction to insect biology and diversity. 564 p.
6. FRINGS, H. : M. FRINGS. 1958. Uses of sounds by insects. *Annu. Rev. Entomol.* 3: 87-106.
7. HASKELL, P.T. 1961. Insect sounds. Chicago. Quadrangle Books. 189p.
8. HASKELL, P.T. 1974. Sound production, pp. 353-410 In M. Rockstein (cd.). *The physiology of insecto* (2d. ed.). VII. Academic Press, New York. 568 p.
9. MOHL, 8. L.A. MILLER. 1976. Ultrasonic clicks produced bythe peacock butterfly o possible bat repellen? mechanism. *J. Exp. Biol.* 64: 639-644.
10. RAMI REZ, W. 1975. El chirrido o silvida de las reinas vírgenes de lo abeja común (*Apis meilifera* L.). *Rey. Bial. Trop.* 23: 185-187.
11. ROSENTHAL, M. P. 1974. Equipos Hi-Fi y estéreo. Barcelona. Mor- combo (Boixoreu) Ed. 278 p.

Figura 1. Distribución de modos de producción de sonido en insectos. Simbología: blanco: sonido como resultado secundario de otra actividad; mitad negra: producido golpeando contra el sustrato; línea horizontal: por fricción; equis: por membrana vibratoria; círculo negro: por corriente de aire. Filogenia según Daly, Doyen & Ehrlich 1978, (5).

