

ANÁLISIS DEL CANTO DE LLAMADO DE *Conocephalus (Anisoptera) cinereus* Thunberg, 1815 (ORTHOPTERA: TETTIGONIIDAE)

Lizeth Berenice Cedillo-Salinas¹, Aurora Y. Rocha-Sánchez², Pedro Almaguer-Sierra, Alfonso Correa-Sandoval¹, Ludivina Barrientos-Lozano¹✉

¹Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Blvd. Emilio Portes Gil N°. 1301. C. P. 87010. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

²Hospital Regional de Alta Especialidad Cd. Victoria “Bicentenario 2010”.

✉ Autor de correspondencia: ludivinab@yahoo.com

RESUMEN. En Orthoptera (Ensifera), la señal acústica funciona como un Sistema Específico de Reconocimiento; es decir machos y hembras comparten un sistema de comunicación acústica intraespecífico que les permite reconocerse y aparearse. Éste es especie-específico y ayuda en la delimitación de taxa; adicionalmente, regula relaciones presa-predador y actúa como barrera de aislamiento intra e interespecífica. Se estudió el canto de llamado de *Conocephalus (A.) cinereus*. Éste consiste de echemas (= Grupos de Trenes de Pulsación-GTP) que se producen en forma continua o en grupos. Los echemas están compuestos de sílabas individuales al inicio, una a nueve, seguidas por un tren de sílabas continuas. En la señal acústica continua los echemas (GTP) tienen una duración de $12.5 \pm$ Desviación Estándar (DE) 8.7 s (6.2-34.2; $n = 10$) (incluye sílabas individuales y tren de sílabas continuas). En 11 minutos de la señal acústica producida en grupos, se emitieron 22 grupos de echemas (GTP) compuestos de uno, dos, tres, o cuatro echemas, predominando grupos de dos echemas ($n = 10$). El grupo de dos echemas (2GTP) dura $15.6 \pm$ DE 5.0 s (8.0- 24.2; $n = 11$). En ambos casos, el rango de frecuencia es de 10-70 kHz, con dos picos de frecuencia (FI), entre 20-30 y 46-50 kHz.

Palabras clave: Conocephalinae, ecología, señal acústica.

Analysis of the calling song of *Conocephalus (Anisoptera) cinereus* Thunberg, 1815 (Orthoptera: Tettigoniidae)

ABSTRACT. In Orthoptera (Ensifera), the acoustic signal functions as a Specific Mate Recognition System (SMRS), i.e., males and females share an intraspecific acoustic communication system that allows them to recognize and mate. This is species-specific and helps in the delimitation of taxa; additionally, it regulates prey-predator relationships and acts as an intra and interspecific isolation barrier. The acoustic calling signal of *Conocephalus (A.) cinereus* was studied. The calling signal consists of echemes (= Pulse Train Groups-PTG) that may be produced continuously or in groups. Echemes (PTG) are composed of individual syllables at the beginning, one to nine, followed by a train of continuous syllables. In the continuous signal the echemes (PTG) have a duration of $12.5 \pm$ SD 8.7 s (6.2-34.2; $n = 10$) (it includes individual syllables and continuous syllable train). In 11 minutes of the acoustic signal produced in groups, 22 echeme groups made up of one, two, three or four echemes (PTG) were produced, with two echeme groups (2PTGs) prevailing ($n = 10$). Duration of the two-echeme groups (2PTG) is 15.6 ± 5.0 s (8.0-24.2; $n = 11$). In both signals, the frequency range is between 10-70 kHz, in this range it has two frequency peaks (FI), between 20-30 and 46-50 kHz.

Keywords: Conocephalinae, ecology, acoustic signal.

INTRODUCCIÓN

En Orthoptera (Ensifera), los machos producen señales acústicas que funcionan como mecanismo de defensa, territorialidad y para mediar el apareamiento (Kowalski *et al.*, 2014); en el último caso, la señal acústica actúa como un Sistema Específico de Reconocimiento mediante el cual hembras conspecíficas reconocen parejas potenciales para aparearse (Ronacher, 2019). El mecanismo más común para producir la señal acústica es mediante estridulación al frotar las tegmina entre sí (Bennet-Clark, 1999; Gerhardt y Huber, 2002). Este esquema de comunicación se basa en la producción de sonido emitido por el macho, la hembra detecta y reconoce el patrón de la señal, especialmente la frecuencia del canto y generalmente responde a éste acercándose, proceso llamado

“fonotaxis” (Alexander, 1962; Gerhardt y Huber, 2002; Ronacher, 2019). Los rasgos del canto de llamado se estabilizan a través de preferencias de las hembras, como resultado de procesos coevolutivos que involucran el patrón de llamado de los machos y la preferencia de éstos por las hembras (Bushy *et al.*, 2010). En Ensifera, el mecanismo de estridulación y resonancia utilizado permite altos niveles de sonido y frecuencias (Bennet-Clark, 1999; Greenfield, 2016). En la familia Tettigoniidae la multiplicación de frecuencia ocurre cuando el plectro pasa sobre el peine estridulador, la repetición con la que se producen estas interacciones, junto con las propiedades resonantes del tegmen, definen la frecuencia y la tonalidad del canto de llamado (Chivers, *et al.*, 2017). En la subfamilia Conocephalinae, las hembras responden a los machos cuando la frecuencia del canto de llamado está próxima a la frecuencia intraespecífica de reconocimiento, respondiendo mejor a un patrón de doble pulso (Deily-Schul, 2004; Bushy *et al.*, 2010; Pitchers, *et al.*, 2014). Entre los estudios recientes sobre comportamiento acústico en Conocephalinae podemos citar el de Naskrecki (2000), Buzzetti y Barrientos-Lozano (2011), Barrientos-Lozano *et al.* (2015) y Cedillo-Salinas *et al.* (2018). Dada la importancia de las señales acústicas en procesos evolutivos, especiación y sistemática, este trabajo tuvo como objetivo estudiar el canto de llamado de *Conocephalus (A.) cinereus* y presentar el patrón de su señal acústica.

MATERIALES Y MÉTODO

Ejemplares de *C. (A.) cinereus* (3 ♂: 3 ♀) se recolectaron (28.XI.2015) en Cd. Valles, San Luis Potosí, 21° 54.680' N y 98° 57.149' O, 53 msnm. Se transportaron vivos al laboratorio de entomología del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria (TecNM-ITCV) y se mantuvieron separados y aislados machos y hembras, un individuo por jaula entomológica de 15 x 15 x 30 cm. Esto evitó la depredación entre ellos mismos y se mantuvieron sexualmente receptivos para facilitar la grabación de la señal acústica. Como alimento se les proporcionaron hojas de durazno y lechuga cada 2 días. Los ejemplares se determinaron mediante caracteres de la genitalia externa, en particular los cercos y el plato subgenital (Figura 1) (Naskrecki, 2000; Cigliano *et al.*, 2020). La señal acústica (2 ♂) se grabó con un micrófono ultrasónico ULTRAMIC250K-Dodotronic, frecuencia de muestreo 250 kHz, rango de frecuencia 125 kHz, temperatura 20 ± 1 °C, a una distancia de 50 cm. La señal acústica se analizó con el programa Cool Edit Pro 2.0. Para describir la señal acústica se siguió la terminología de Morris y Walker (1976), Buzzetti y Barrientos-Lozano (2011) y Barrientos-Lozano *et al.* (2015). **Canto de llamado (calling song)**: canto producido por un macho solo, sexualmente maduro, aislado de otros individuos conspecíficos. **Tren de Pulsaciones-TP (= Pulse Train-PT)**: agrupación de primer orden de más de una pulsación, precedida y seguida de un intervalo silencioso, que dura más que cualquier intervalo entre las pulsaciones. **Grupo de Tren de Pulsaciones-GTP (= Pulse Train Group-PTG; echeme)**: agrupación de pulsaciones de segundo orden que comprende dos o más Trenes de Pulsación producidos en sucesión. **Sílaba (= Phonatome, chirp)**: sonido producido durante un ciclo individual y completo de apertura y cierre de las tegmina, consiste usualmente de un Tren de Pulsación menor (TPMe) (apertura) y uno mayor (TPMa) (cierre de las tegmina). **Intervalo Silencioso Mayor-ISMa (= Postmajor Silent Interval, PMaSI)**: Intervalo de silencio o casi, que sigue a un Tren de Pulsación Mayor. Se analizó una muestra de 14 minutos de grabaciones y se midió la duración de los echemas (GTP), la tasa de repetición de echemas/min (t.r echemas/min), la tasa de repetición en tren de sílabas continuas (t.r sílabas/s), las sílabas individuales y la secuencia de sílabas continuas en los echemas, el Intervalo Silencioso Mayor (ISMa), el rango o espectro de frecuencia (f) y la frecuencia pico (FI). Las variables medidas se expresan en promedio \pm Desviación Estándar (DE). Se tomaron fotografías

de caracteres de diagnóstico (cercos vista dorsal y ventral y plato subgenital; 20x) y el peine estridulador (50x) del macho mediante un microscopio estereoscópico marca MOTIC-SMZ-168739® equipado con cámara digital de 10 mp.

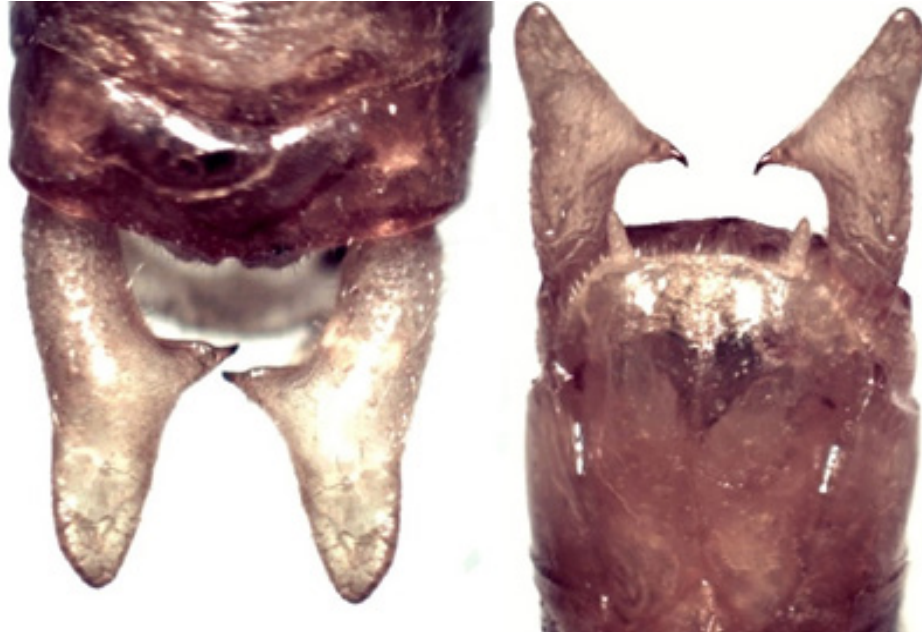


Figura 1. *Conocephalus (A.) cinereus*. Caracteres de diagnóstico: cercos vista dorsal; cercos, plato subgenital y estilos, vista ventral.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron 14 minutos del canto de llamado de *C. (A.) cinereus*. Éste puede producirse en forma continua con pequeños intervalos (Intervalos de Silencio Menores-ISme) entre echemas (GTP) (Figura 2), o en grupos de echemas con intervalos de silencio mayores (ISMa) entre cada grupo (Figura 3). En ambos casos, un equema está compuesto al inicio de una serie de sílabas individuales, usualmente una a nueve, seguidas por un tren de sílabas continuas; ocasionalmente se producen sílabas individuales, una a dos, después del tren de sílabas continuas. El patrón general de la señal acústica coincide con el reportado por Naskrecki (2000) y Buzzetti y Barrientos-Lozano (2011), quienes indican que ésta tiene dos partes diferentes repetitivas, una serie de sílabas cortas individuales (chirps) seguidas por un “buzz” continuo (= sílabas producidas a una alta tasa de repetición en el que las sílabas individuales no pueden resolverse). En el patrón de señal continua (Figura 2), los echemas (GTP) tienen una duración de $12.5 \pm \text{DE } 8.7 \text{ s}$ ($6.2\text{-}34.2$; $n = 10$) (incluye sílabas individuales y tren de sílabas continuas). La duración de la serie de sílabas individuales es de $2.5 \pm 0.7 \text{ s}$ ($1.18\text{-}3.29$; $n = 10$); la duración de cada sílaba individual es casi constante, 5.0 ms ($n = 20$). El número de sílabas en el tren de sílabas continuas varió de $39.0\text{-}260.0$ ($98.0 \pm \text{DE } 80.0$; $n = 10$) con una duración de $11.7 \pm 9.8 \text{ s}$ ($4.2\text{-}31.2$; $n = 10$). La duración de los intervalos (ISme) entre echemas (GTP) (Figura 2) es de $17.0 \pm 2.6 \text{ ms}$ ($n = 10$). El espectro de frecuencia está en el rango de 10 a 70 kHz (Figura 4), con poca liberación de energía después de 60 kHz; en este rango hay dos picos de frecuencia (FI): entre 20-30 y 46-50 kHz. La tasa de repetición de echemas/min es de 4.3, mientras que en el tren de sílabas continuas la tasa de repetición es de 8.4 sílabas/s.

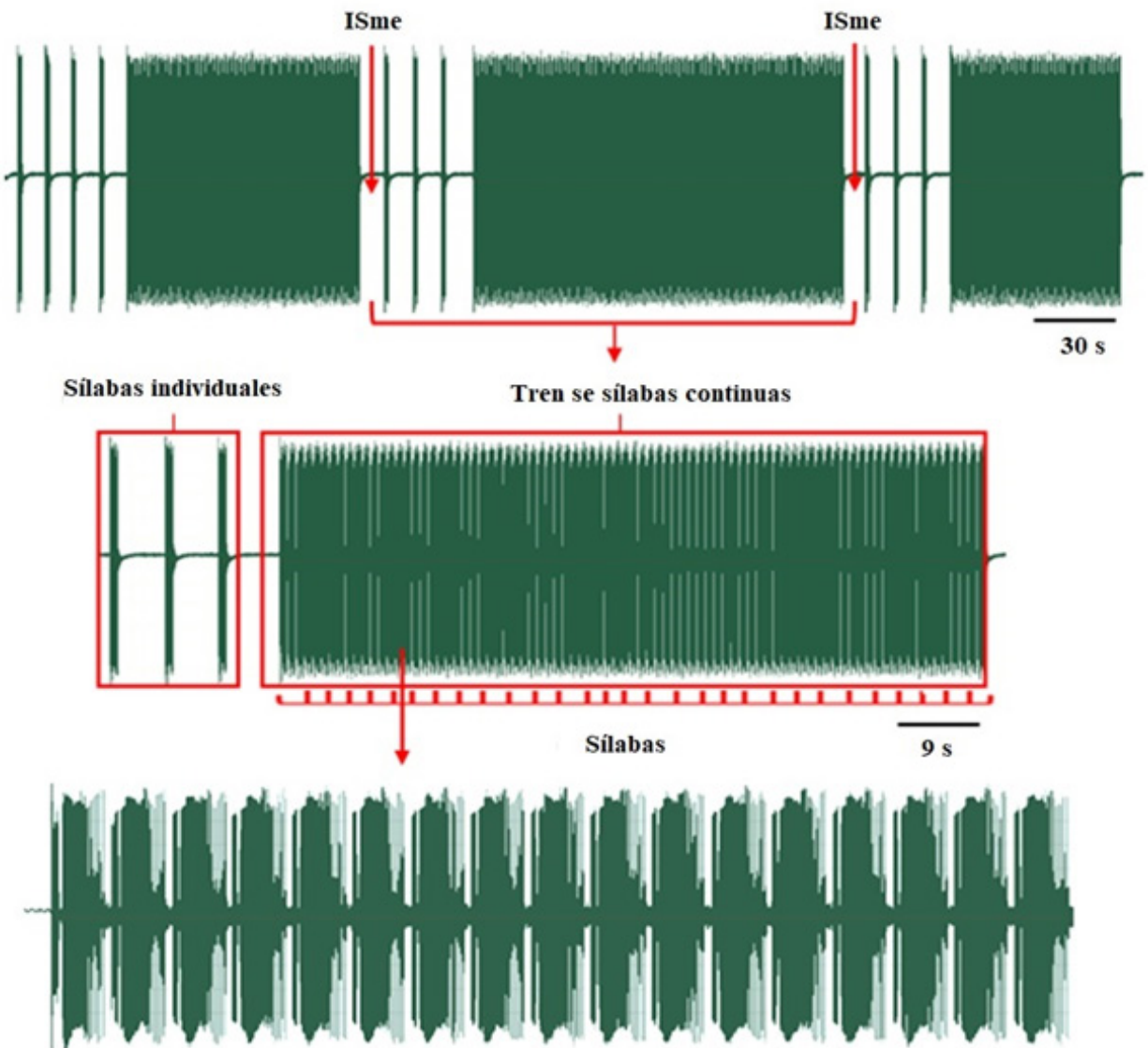
Echemas (GTP) producidos en forma continua

Figura 2. Oscilograma del canto de llamado de *C. (A.) cinereus*, señal acústica continua.

El patrón de señal en grupos de echemas varió de uno a cuatro echemas (GTP) por grupo (Figura 3). En 11 minutos analizados se emitieron 22 grupos de echemas (GTP), predominando los grupos de dos echemas (2GTP), seguido por el de uno. El grupo de dos echemas (2GTP) dura en promedio 15.6 ± 5.0 s (8.03-24.2; $n = 10$). En el caso de un equema, la duración es de 6.2 ± 4.3 s (3.1-15.2 s; $n = 10$). Los grupos de tres echemas (3GTP) duran 29.5 ± 2.9 s ($n = 3$) y los de cuatro 39.12 s ($n = 1$). La duración del intervalo mayor (ISMa) entre grupos de echemas (GTP) es de 14.0 ± 9.0 s (2.3-31.0; $n = 18$). La duración de la serie de sílabas individuales varió de 0.18 a 8.21 s ($2.8 \pm \text{DE } 2.5$; $n = 23$), ésta se incrementa conforme se incrementa el número de sílabas en la serie, lo cual explica la DE; la duración de cada sílaba individual es casi uniforme, 4.0 ms ($n = 20$). El Tren de Sílabas

Continuas (Figura 3) está compuesto por 29.0 ± 12.0 sílabas (7.0-48.0; $n = 40$) con duración de 3.2 ± 1.4 s (0.3-5.2; $n = 40$). La tasa de repetición de echemas/min es de 3.6, mientras que en el tren de sílabas continuas la tasa de repetición es de 9.0 sílabas/s. El rango de frecuencia (f) y la frecuencia pico (FI), son como se indican en la señal continua. Algunos parámetros de las variables estudiadas no coinciden con los reportados por Naskrecki (2000) y Buzzetti y Barrientos (2011) para *C. (A.) cinereus*. Sin embargo, los autores mencionados utilizaron micrófonos convencionales (frecuencia de muestreo 44.1 kHz o menor) y temperatura diferente ($27-30$ °C vs. 20 ± 1 °C en este trabajo). Aquí, se usó un micrófono ultrasónico con frecuencia de muestreo de 250 kHz (rango de frecuencia de 125 kHz). Por lo que ésta es tal vez la primera aportación al estudio de la señal acústica ultrasónica de *C. (A.) cinereus*. El peine estridulador de *C. (A.) cinereus* tiene 40 dientes aproximadamente y mide 1.58 mm, la Figura 5 muestra el aparato y el peine estridulador de esta especie. En *Ensifera*, la señal acústica varía en función de la densidad, el tamaño y la forma de dientes en el peine estridulador, lo cual a su vez define el tamaño de esta estructura especie-específica (Naskrecki, 2000; Tan *et al.*, 2019). Por lo que el aparato (tamaño y forma) y el peine estridulador pueden considerarse caracteres de diagnóstico adicionales importantes.

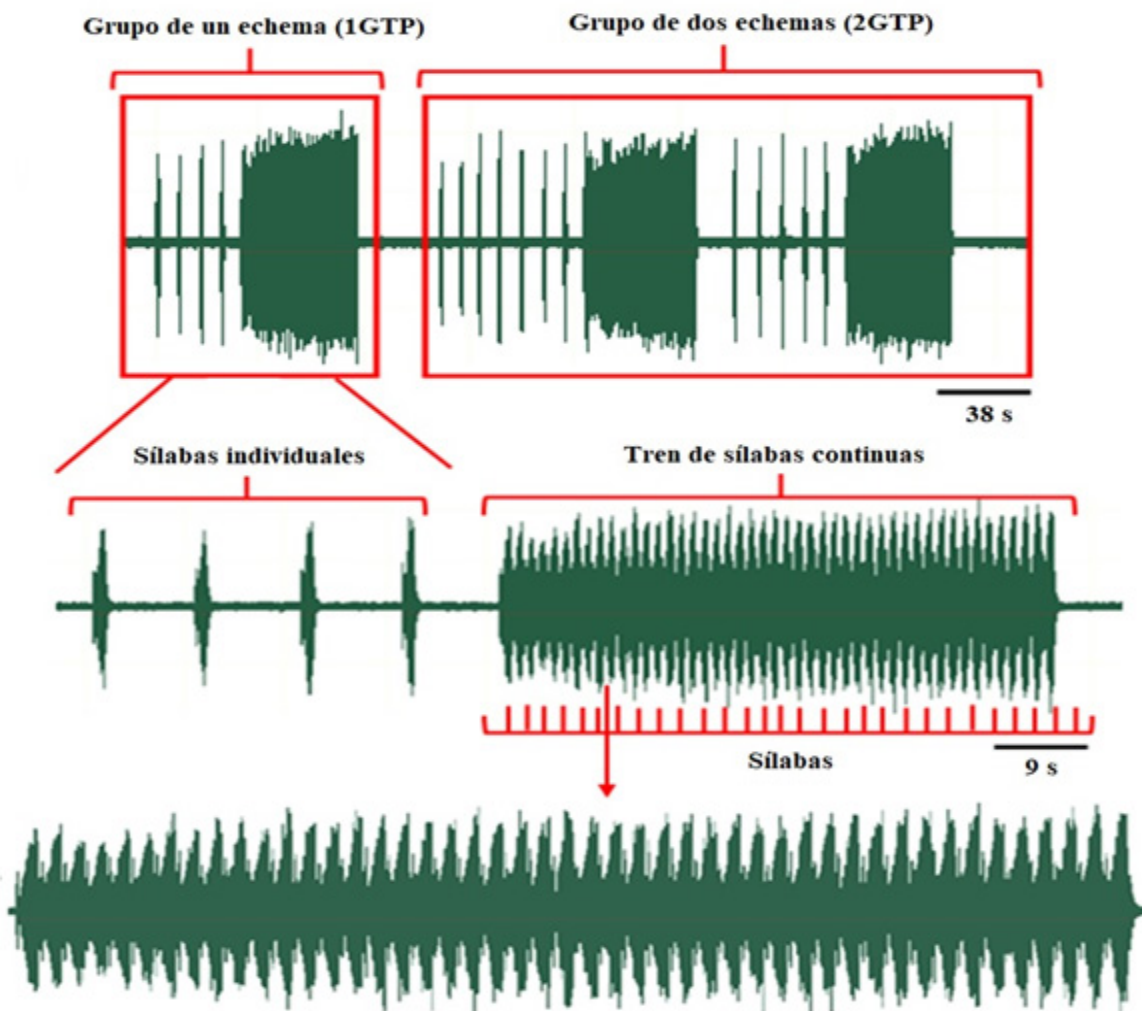


Figura 3. Oscilograma del canto de llamado de *C. (A.) cinereus*. Grupos de 1 y 2 echemas (GTP)

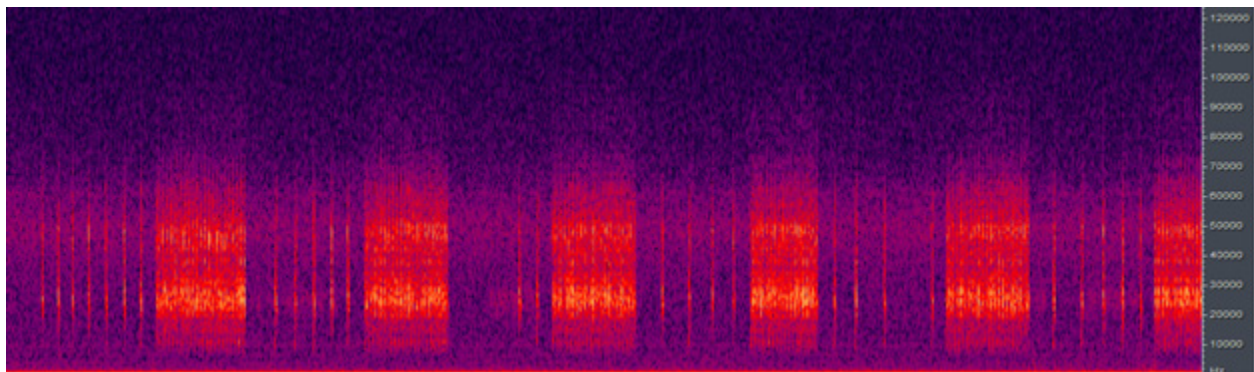


Figura 4. Espectro de frecuencia del canto de llamado de *C. (A.) cinereus*. Rango de frecuencia (f) 10 a 70 kHz, con dos picos de frecuencia (FI): entre 20-30 y 46-50 kHz.

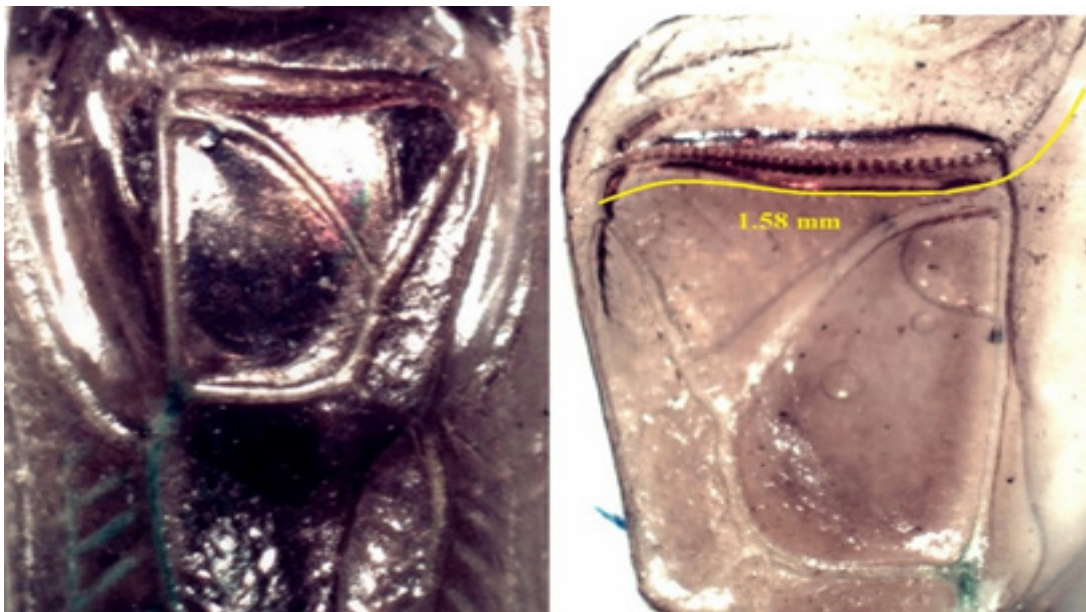


Figura 5. Aparato estridulador y peine estridulatorio de *Conocephalus (A.) cinereus*

CONCLUSIONES

Se aporta información inédita sobre la señal acústica de llamado ultrasónica de *C. (A.) cinereus*. Se muestra que ésta puede producirse en forma continua o en grupos de echemas (Grupos de Trenes de Pulsación-GTP), ambas presentan parámetros temporales similares e igual rango de frecuencia (f) y frecuencia pico (FI).

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo proporcionado a LBCS para realizar estudios de Doctorado (Beca N°. 7172236); también se agradece al CONACYT el apoyo recibido mediante el Proyecto CONACYT/CB/2013/0219979. Al Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Victoria (TecNM-ITCV), por el apoyo recibido para realizar el trabajo de campo.

LITERATURA CITADA

- Alexander RD. 1962. *Evolutionary change in cricket acoustical communication*. *Evolution*, 16: 443–467. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1962.tb03236.x>
- Barrientos-Lozano, L., Rocha-Sánchez, A.Y., Buzzetti, F.M., Almaguer-Sierra, P. and Mora-Ravelo, S.G. 2015. Señales acústicas en dos poblaciones alopátricas de *Conocephalus (Xiphidion) ictus* (Scudder, 1875) (Orthoptera: Tettigoniidae). *Entomología Mexicana*, Vol. 2: 540-546. En línea: <http://www.entomologia.socmexent.org/revista/2018/EC/EC%20218-224.pdf>
- Bennet-Clark, H.C. 1999. Resonators in insect sound production: how insects produce loud pure-tone songs. *Journal of Experimental Biology*, 202: 3347–3357. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10562517>. Acceso: febrero/16/2020.
- Bushy, S. L., and Schul, J. 2010. Evolution of novel signal traits in the absence of female preferences in *Neoconocephalus* katydids (Orthoptera, Tettigoniidae). *PLoS ONE*, 5(8), e12457. doi:10.1371/journal.pone.0012457
- Buzzetti, F.M. and Barrientos-Lozano, L. 2011. Bioacoustics of some Mexican Orthoptera (Insecta: Orthoptera: Ensifera, Caelifera). *Bioacoustics: The International Journal of Animal Sound and its Recording*, Vol. 20: 193-213. <http://www.tandfonline.com/loi/tbio20>.
- Cedillo-Salinas, L.B., Barrientos-Lozano, L., Rocha-Sánchez, A.Y., Almaguer-Sierra, P. y Correa-Sandoval, A. 2018. Comportamiento acústico de *Conocephalus (Anisoptera) magdalenae* Naskrecki, 2000 (Orthoptera: Tettigoniidae). *Entomología mexicana*, 5: 218-224. En línea: <http://www.entomologia.socmexent.org/revista/2018/EC/EC%20218-224.pdf>
- Cigliano, M.M., Braun, H., Eades, D.C. and Otte, D. 2020. Orthoptera Species File (OSF). Version 5.0/5.0. <http://Orthoptera.SpeciesFile.org> Fecha de acceso: febrero/15/2020
- Chivers, B. D., Jonsson, T., Soulsbury, C. D. and Montealegre-Z, F. 2017. Structural biomechanics determine spectral purity of bush-cricket calls. *Biology letters*, 13(11), 20170573. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2017.0573>
- Deily, J.A. and Schul, J. 2004. Recognition of calls with exceptionally fast pulse rates: Female phonotaxis in the genus *Neoconocephalus* (Orthoptera: Tettigoniidae). *Journal of Experimental Biology*, 207: 3523–3529. DOI:10.1242/jeb.01179
- Gerhardt, H.C. and Huber, F. 2002. *Acoustic Communication in Insects and Anurans*. Chicago: University of Chicago Press.
- Greenfield, M.D. 2016. Evolution of acoustic communication in insects, 17-47. In: Pollack G.S, Mason A.C, Popper A.N, Fay R.R (Eds.). *Insect Hearing*. Springer handbook of auditory research, 55. Berlin.
- Kowalski, K.N., Lakes-Harlan, R., Lehmann, G.U.C. and Strauß, J. 2014. Acoustic defence in an insect: characteristics of defensive stridulation and differences between the sexes in the tettigoniid *Poecilimon ornatus* (Schmidt 1850). *Zoology*, 117: 329–336. <https://www.academia.edu/17599629>
- Naskrecki, P. 2000. Katydids of Costa Rica: Systematics and Bioacoustics of the Cone-Headed Katydids. (Orthoptera: Tettigoniidae: Conocephalinae s.l.). *Revista de Biología Tropical*, Vol. 49, no. 1. 399 pp. Gale Academic OneFile. Access: marzo/17/2020.
- Pitchers, W.R., Klingenberg, C.P., Tregenza, T., Hunt, J. and Dworkin, I. 2014. The potential influence of morphology on the evolutionary divergence of an acoustic signal. *Journal of evolutionary biology*, 27(10), 2163–2176. doi:10.1111/jeb.12471
- Ronacher, B. 2019. Innate releasing mechanisms and fixed action patterns: basic ethological concepts as drivers for neuroethological studies on acoustic communication in Orthoptera. *Jour-*

nal of comparative physiology. A, Neuroethology, sensory, neural, and behavioral physiology, 205(1), 33–50. <https://doi.org/10.1007/s00359-018-01311-3>

Tan, M.K., Montealegre-Z, F., Haji, R.B., Wahab, A., Lee, Ch., Belabut, D., Japir, R., Chung, A. 2019. Ultrasonic songs and stridulum anatomy of *Asiophlugis crystal* predatory katydids (Tettigonioidea: Meconematinae: Phlugidini). *Bioacoustics*, DOI: 10.1080/09524622.2019.1637783.