Acústica 2008
20 - 22 de Outubro , Coimbra, Portugal
Universidade de Coimbra

ANALISIS ACÚSTICO DEL CANTO DE LA "CICADA ORNI", VARIEDAD VALENCIANA.

José Romero Faus [1] romerof@fis.upv.es , Salvador Cerdá Jordá [3] salcerjo@mat.upv.es
Joaquin Navasquillo[2] joaquin.navasquillo@uv.es José Luis Miralles Adell [2] mirallel@uv.es
José Vicente Garrigues [4] Jose.V.Garrigues@uv.es

([1]) Escuela Universitaria de Gandía, Unidad de Física Aplicada. Universidad Politecnica de Valencia. Carretera Nazaret Oliva s/n 46730 Gandía. Tº EXT-43140
([2]) Departamento de Psicología. Universidad de Valencia.
([3]) Departamento de matemáticas Aplicadas Universidad Politécnica de Valencia.
([4]) Facultad de Ciencias Físicas. Universidad de Valencia.

Resumen

La vida de la cigarra, de larva a ejemplar adulto es muy curiosa, y varía en ciclos que van de 13 a 17 años, este es un mecanismo para defenderse de sus depredadores. El ejemplar adulto de la Cicada no puede pasar desapercibido en cuanto su canto ya que este es percibido por todos los alrededores donde está presente, sin embargo no es fácil de localizar la posición exacta a la Cicada espacialmente esto se debe a la protección contra sus los depredadores. Hemos realizado un análisis sonoro de caracterización bioacústica del ejemplar de la variedad encontrada en Valencia, España y realizamos además, desde el punto de vista perceptivo otro análisis con las métricas de Sound Quality. Podemos observar, desde los análisis realizados con la técnica métrica de calidad sonora, a qué se debe el penetrante sonido del canto de la Cicada.

ACOUSTICS ANALISYS OF SONG OF "CICADA ORNI", VALENCIAN VARIETY.

Grasshopper´s larva´s specimem´s live is very curious, and it changes in cycles that go from 13 to 17 years, this margin would say that it is like a need to defend itself from his predators.
The adult specimen of the Cicada cannot go unnoticed in all that his singing since this one is perceived by all the surroundings where it is present, nevertheless it is not easy to locate the exact position to the grasshopper.

We realize a sonorous analysis of characterization bioacústica of the specimen of the variety found in Valencia, Spain and realize in addition, from the perceptive point of view another analysis with the Sound Quality's metric ones.
We can observe, from the analyses realized with the metric technology of sonorous quality, to what there owes the penetrating sound of the singing of the Cicada

Keywords: cicada, sound quality.

1 Introducción

Las chicharras tienen un cuerpo robusto e ingeniosamente coloreado con combinaciones de amarillo, verde, naranja, rojo, negro y pardo. Tal juego de colores junto a la lentitud de sus movimientos les permiten pasar inadvertidas entre las hojas de los árboles donde viven. Son insectos tan inofensivos como bonitos, tentándonos a admirarlos entre las manos cuando uno de ellos se tropieza entre nuestros pasos. Tienen 4 alas, las dos más pequeñas son las posteriores que están ocultas y protegidas por las otras dos alas cuando la chicharra no está volando. Las alas anteriores son grandes y muy visibles. Los dos pares de alas son membranosos, en su mayor parte translúcidas y adornan a la chicharra con destellos brillantes cuando el sol las toca. Con las alas las chicharras pueden llegar a todas las ramitas que desean, viajando de árbol en árbol, jugando a esquivar las hojas.

Son insectos que viven en los árboles llamándoselo por eso arborícolas, pero también los podemos ver en plantas herbáceas. Cuando se posan en un tronquito pueden sujetarse firmemente con sus seis patas. Así, desde el interior de la copa de los árboles observan con sus grandes y salientes ojos compuestos el movimiento del follaje y a los visitantes que llegan a descansar entre las sombras. Llevan en la cabeza tres ocelos que son ojos simples y dos antenas que también las ayudan a captar lo que sucede a su alrededor.

Durante el verano, en los días de intenso calor se puede escuchar el canto de las cigarras machos, llamando a las hembras para formar una pareja reproductiva. Sólo los machos son poseedores del órgano productor de sonido, el cual se encuentra a cada lado en la base del abdomen. Ese órgano "estridulador" consta de membranas *quitinosas llamadas timbales y* de sacos con aire que funcionan

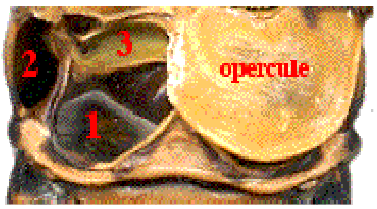
como cajas de resonancia. Suele verse un opérculo ocultando y protegiendo los órganos de sonido. Los machos cantan principalmente para llamar a las hembras a formar parejas pero también lo hacen para congregar a machos o ahuyentar enemigos. El canto es recibido por ambos sexos, machos y hembras, por medio de los órganos auditivos ubicados en el tórax y constituidos por tímpanos. Como las hembras deben estar alerta a la llamada de los machos tienen los tímpanos más grandes para oírlos mejor.

Con el aparato bucal, las cigarras acceden al exquisito jugo acuoso del xilema de las plantas, su único alimento, tanto en adultos como en juveniles. Este aparato está formado por piezas bucales modificas llamadas estiletes. En la cabeza hay una zona hinchada que alberga internamente los estiletes enrollados. Externamente, continuando la porción hinchada de la cabeza, se observa un pico largo que lleva y conduce estos estiletes cuando son extendidos para atravesar los tejidos vegetales de plantas leñosas y herbáceas. Pocas especies constituyen un daño económico. Los huevos son ubicados en grietas en los troncos vegetales. Los recién nacidos al emerger caen al suelo y se entierran utilizando sus patas anteriores que están engrosadas. El desarrollo juvenil puede llevar de uno a varios años y consta de cinco mudas, es decir, 5 estadios ninfales o juveniles. Las ninfas, a diferencia de los adultos, viven subterráneamente, moviéndose entre las raíces para alimentarse utilizando sus estiletes. La ninfa V madura deja el suelo cuando las condiciones son favorables. Busca un sitio protegido, usualmente un tronco, se afirma con sus patas y se alista para mudar y dar salida al adulto. Es frecuente ver prendidas de las cortezas de los árboles las exuvias o exoesqueletos vacíos de las ninfas V después de salir los adultos. Los adultos emergen con cuidado y extienden lentamente sus alas, esperan a que estén listas para hacer su primer vuelo y luego se disponen a comenzar un nuevo ciclo de vida.

2 El sistema de producción de sonido

Las cigarras aparecen adultos a fines de junio, y el canto es la prerrogativa de los varones. Por supuesto, es una invitación para el apareamiento, en otras palabras, una llamada sexual, y de acuerdo con BENNET CLARK-H (1998) puede llegar a 158 decibelios. El órgano estridulador se encuentra en el primer segmento abdominal, y las tapas de los guardias (abajo) son claramente visibles ventralmente. Estos son inflexibles, y actuan como válvulas, que permite la modulación y la propagación de la estridulacion. La caja de música de la tapas protectoras del organo estridulador en esta especie (C. Orni) están particularmente bien desarrolladas.

El emisor en sí es estridulante doble, y simétrico. Cada parte se compone en realidad de una membrana más o menos estructurada y deformable llamado "timbal" (abajo) 1, que está vinculada a una gran cavidad abdominal, que actúa como caja de resonancia. Es sólo el principio del tambor, pero la membrana en cuestión es operado por la retracción de un determinado músculo, entre el 2 se reanuda su forma original, simplemente debido a su elasticidad. **C. orni**



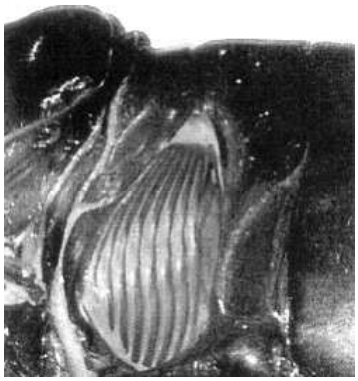
Detalle de la "sala de sonido" de La Cicada Orni**:**

1 membrana vibrante, suave y transparente en esta especie,
2: orificio de evacuación del aire (ventilación), y, por tanto, sonidos;
3: músculo.

Derecha: detalle de la membrana que vibra, y nervios . Como hojas de un xilófono, la diversidad de costillas de quitina añade a la complejidad de canto armónico, sino también el "mecanismo" de la estridulation.

La estridulation de la cigarra es el mismo principio, que los grillos pero la frecuencia de pulsos es evidentemente mucho más elevada. De hecho, el frotamiento en la cigarra tiene un alto rendimiento a nivel de emisión de ruido, parece como cabeza que carece de órganos timpánicos, en otras palabras de los oídos.

En el volumen y la prominencia de los ojos facetados de alto rendimiento, combinado con la presencia de 3 stemmates (= ocelos). Es, evidentemente, da una excelente visión de la cigarra, pero carece a priori también totalmente del oído. El órgano sonoro de las cigarras solo existe en el macho, ocupa la mayor parte del abdomen. El generador de sonidos está constituido por un par de timbales situados en posición lateral dorsal en las dos partes del mismo segmento abdominal. Un timbal se presenta como una placa bombeada, mas o menos arrugada formando espesos pliegues.



Los dos timbales de la Cicada Orni están simétricamente a cada lado del cuerpo sobre el primer segmento abdominal. El timbal izquierdo se ve inmediatamente cuando las alas se despliegan. Los costados longitudinales que aparecen en el timbal son bien visibles.

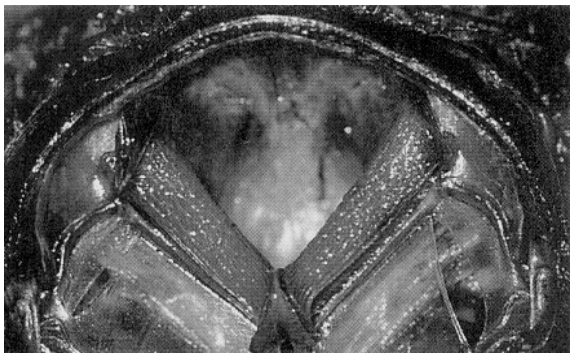
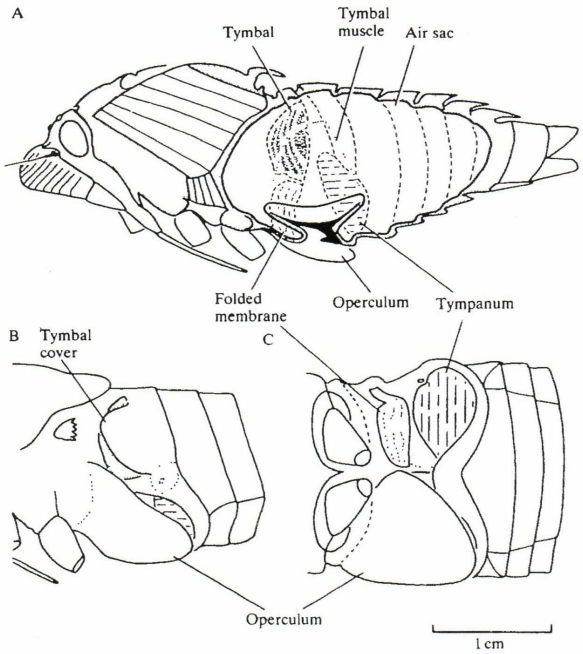


Fig.- Sección de la cicada en el que se ve la cavidad abdominal, los dos músculos timpánicos en V.



A) Sección lateral
B) Vista lateral
C) Vista ventral por abajo.

Con la contracción seguida del relajamiento del músculo que se acciona desde el interior cada timbal produce un click sonoro, una salva de clicks al deformarse sucesivamente los costales. Mediante un corto tendon, la cara interna de cada timbal está pegada a un saliente interno de la paret ventral. Una sección del abdomen de la Cícada por detrás de los timbales deja ver los músculos en forma de V. Por su extremidad superior cada uno de ellos se inserta a la cara interna de un timbal mediante un corto tendón. Los músculos est´n recogidos en su base sobre una pieza prismática que hace saliente en la cavidad ventral. Esta cavidad aparece completamente vacia. Las dos grandes membranas brillantes (acidentalmente sin brillo) tendidas bajo los músculos son los tímbalos auditivos llamados espejos. Ellos no son directamente visibles si no se observa un insecto por la parte de abajo. Existe tambien un pequeño músculo tensor capaz de modificar la convexidad del timbal.

El resto del abdomen se ha modificado considerablemente porque lo principal de su volumen esta ocupado por un gran saco de aire que juega un papel de resonador, el aparato reproductor se encuentra situado en los dos siguientes segmentos. No hay probablemente otros animales tan profundamente modificados para una sol función.

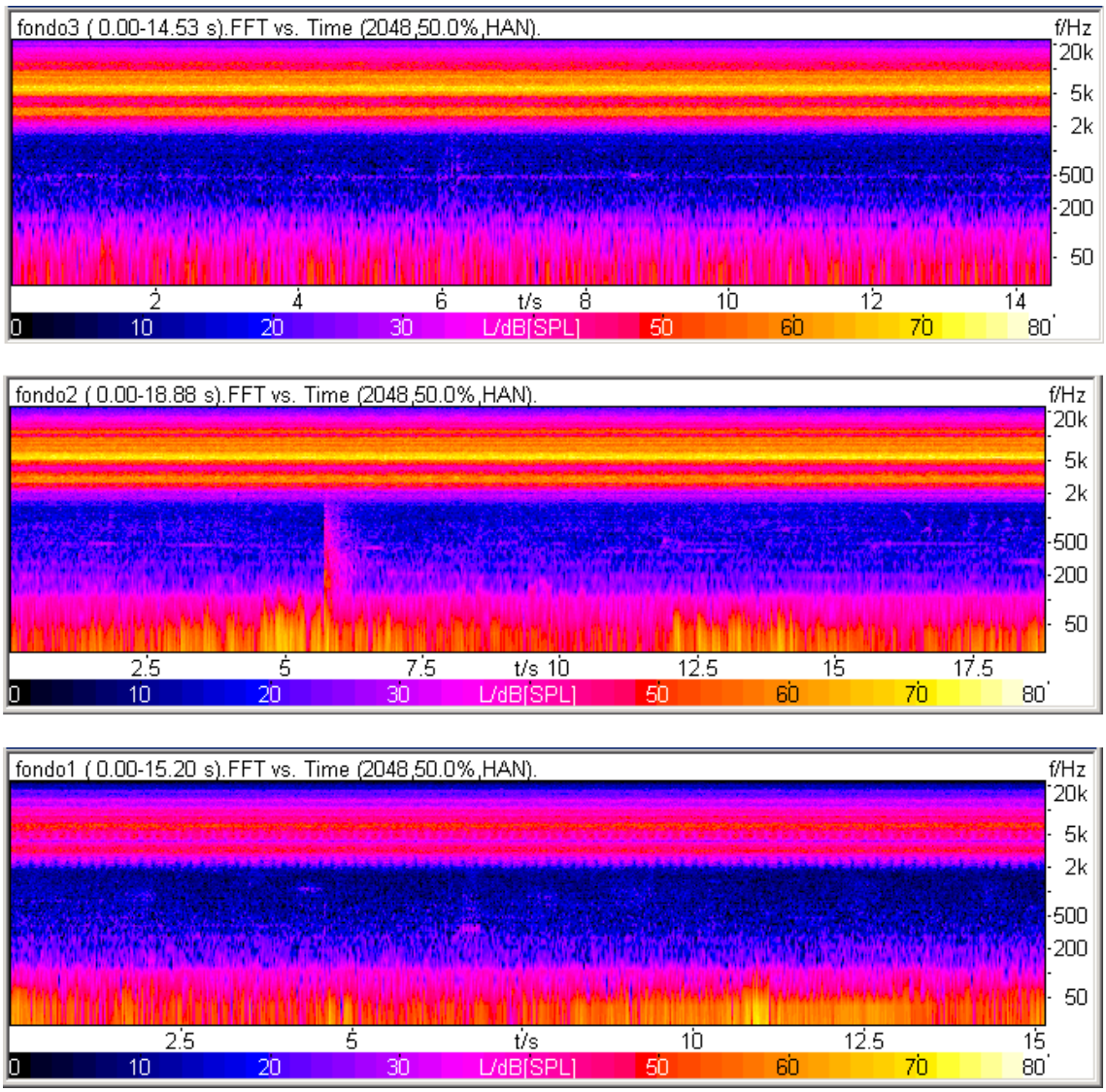
3 Resultados

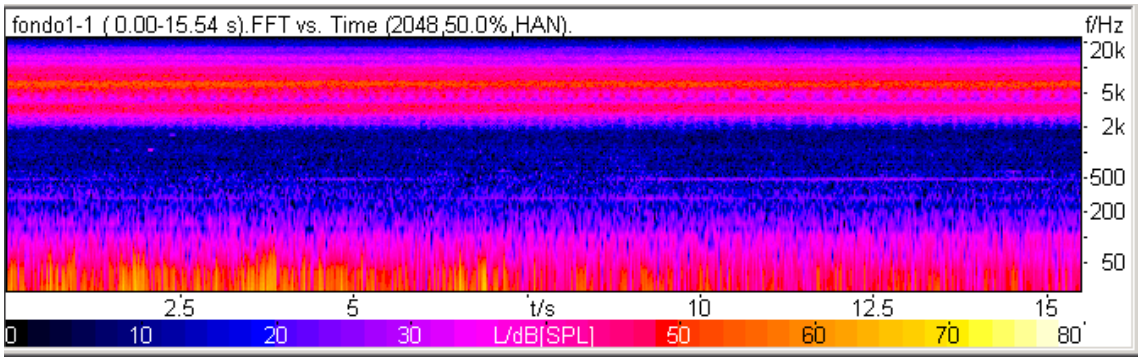
A continuación presentamos los un análisis de las grabaciones realizadas. En primer lugar aparece una tabla genérica con valores promedios de nivel, sharpness, AI, Fluctuation, Roughness, Loudness SII y Tonalidad.

	dB	S	Articulation Index	F	L	R	Speech Intelligibility Index	Tonalidad
Cicada 1	65	5,3	78%	0,0175	10	0,63	68,50%	0,035
Cicada 2	80	7,1	65%	0,0087	26	1,24	59,80%	0,044

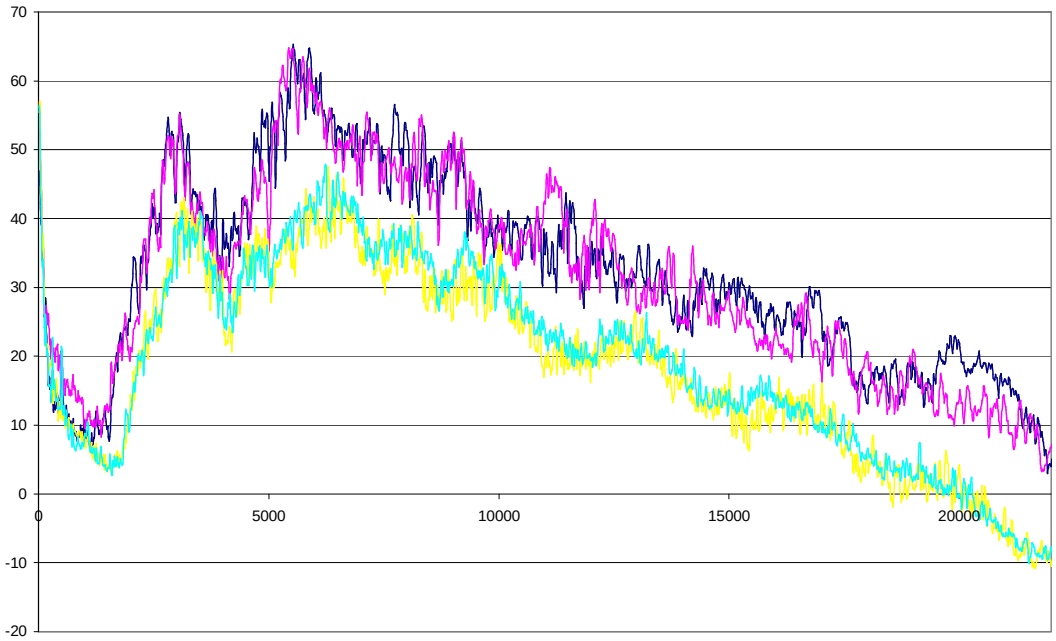
A continuación mostramos varios espectogramas. Se puede apreciar cómo el canto de la chicharra en la señal analizada es estacionario y presetna dos altas frecuencias puras (alrededor de 3000 y 6000 Hz).

Figura – Espectrogramas de varias chicharras.

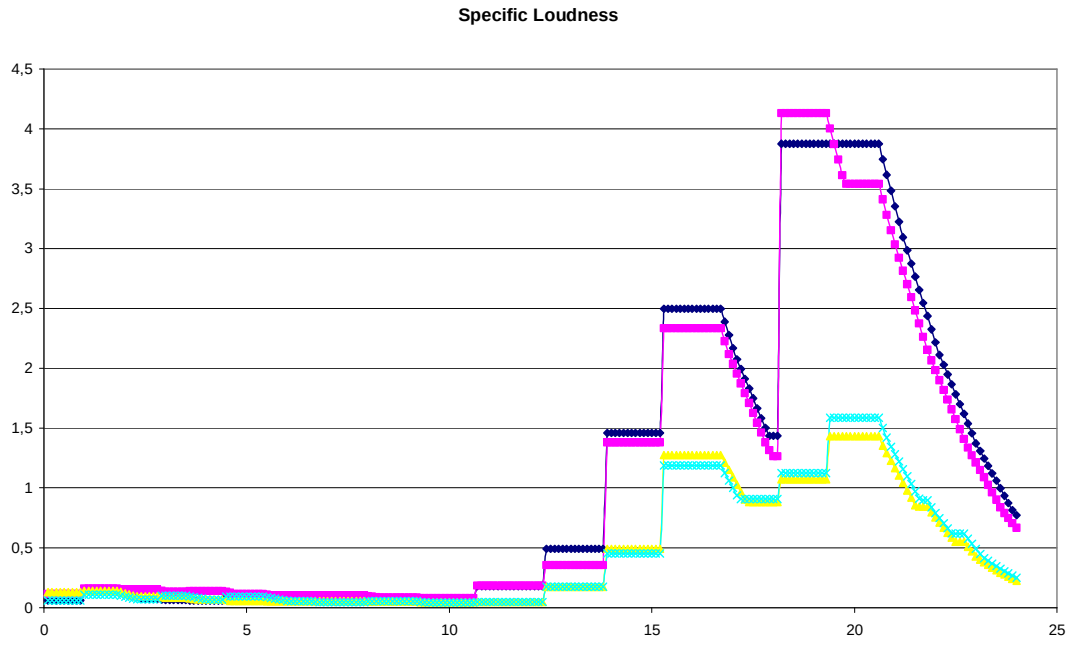




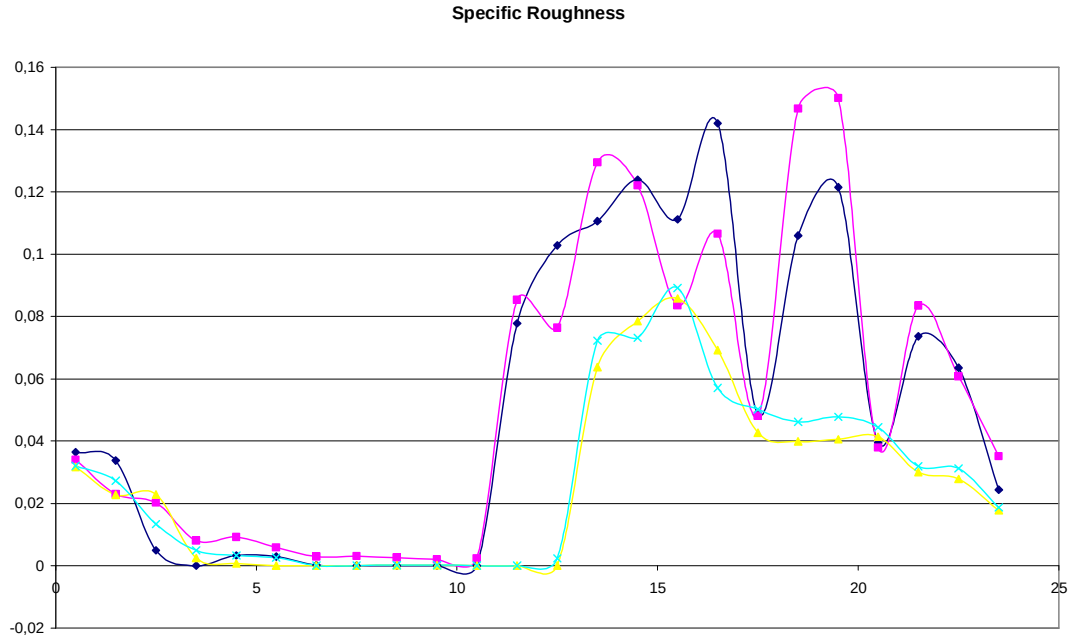
El espectro global promediado aparece en la siguiente gráfica. Se muestran cuatro señales. Dos de ellas muestran un nivel más bajo dada la mayor lejanía en la grabación.



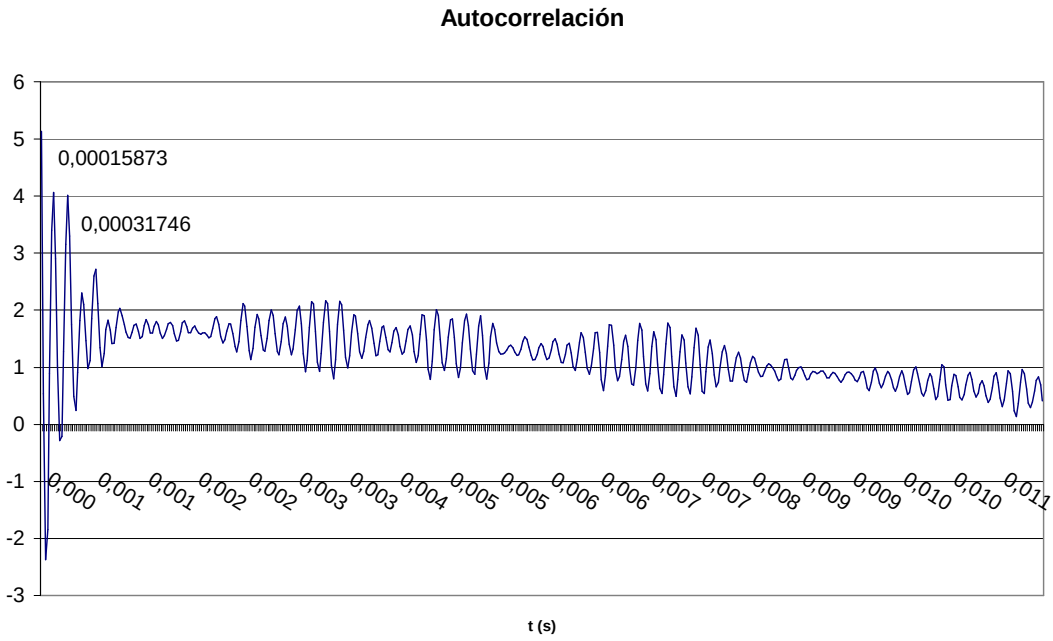
Podemos ver en las siguientes gráficas el Loudness específico para las cuatro señales. Se aprecia las bandas críticas que estimulan. La proximidad produce mayor nivel en las mismas bandas y comparando con la gráfica anterior, vemos cómo el cálculo del Loudness da mayor peso a las bandas críticas más altas, ampliándose la diferencia entre las señales. Esto tiene una clara repercusión psicoacústica.



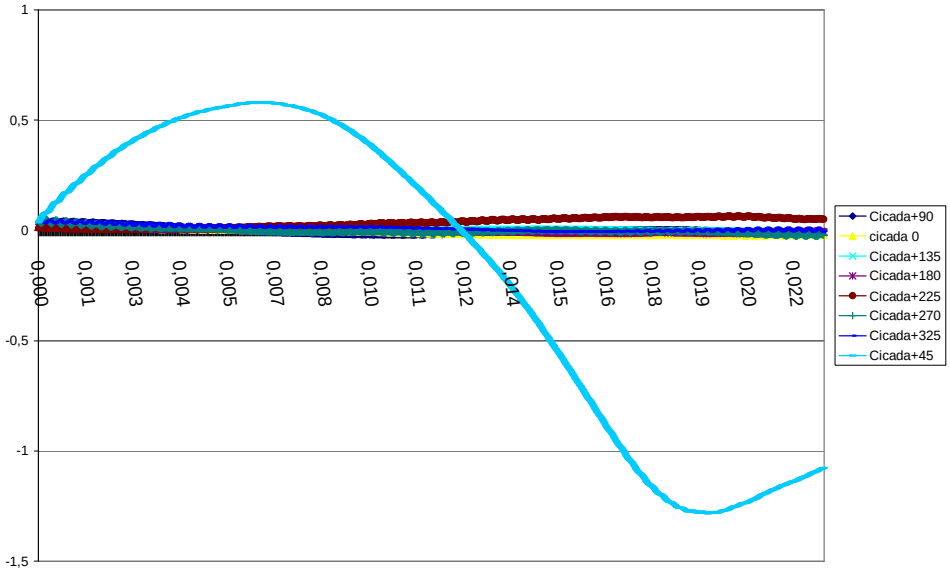
A continuación mostramos la gráfica del roughness específico. También podemos apreciar la influencia de la proximidad en los niveles obtenidos.

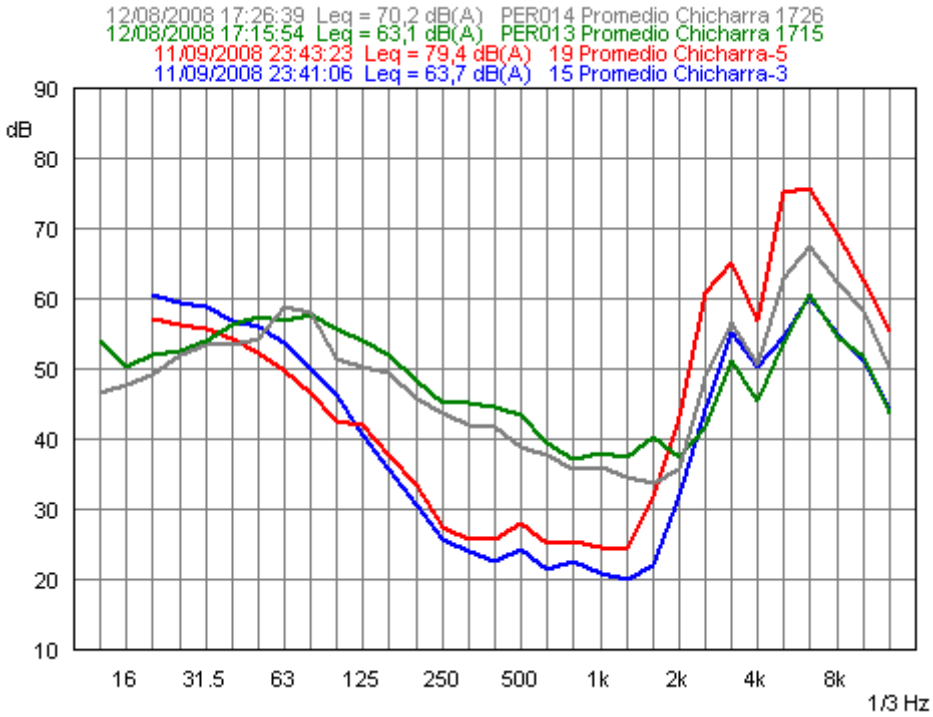


A continuación presentamos la función de autocorrelación que permite obtener las frecuencias propias.



Una característica especial del sonido de la chicharra es su falta de localización. Hemos hecho diferentes varias grabaciones a un ejemplar variando el ángulo de grabación. Localizado el ejemplar en un árbol, hemos hecho grabaciones de pasos de 45º. A partir de estas grabaciones hemos calculado la correlación cruzada, para obtener semejanzas entre la señal que llega a cada micro. La gráfica siguiente muestra los resultados obtenidos. Se puede observar que la correlación cruzada con mayor nivel se obtiene en la grabación de 45 º, que ha coincidido en que precisamente porque estaban en esa dirección a 3 metros.





Finalmente representando en 1/3 de Octava, las chicharras encontradas en Valencia, Gandía y Ailcante presentan las mismas características espectrales.

4 Conclusiones

Del análisis obtenido se aprecia que el canto de la chicharra en este caso la Cicada Orni, consiste en dos frecuencias altas de elevado nivel. (Aproximadamente 3000 Hz y 6000 Hz). En una grabación del canto continuado la señal es claramente estacionaria. Éste tipo de señal excita las bandas críticas más altas, lo que produce un sharpness muy elevado. La poca presencia de bajas frecuencias hace que

los parámetros psicoacústico empleados para evaluar los efectos de las bajas frecuencias, no sean muy altos. Por otro lado la tonalidad tampoco es muy elevada.

Agradecimientos

Agradecemos al acústico D. Luis Faus, por su aportación en la investigación de las de las Cicadas grabadas y analizadas en Alicante que por azar entraron en un las grabaciones sobre un informe de ruido de generadores diesel, analizadas, no cabe duda que es de la misma especie, Cicada Orni.

Referencias

[1] Zwicker E, Fastl H Psychoacoustics- facts and models. Springer, Berlin Heildelberg . 1990

[2] Fonseca, P. J. Sound Production in cicadas Bioacoustics, 7: 13-31, 1996.

[3] Sueur, J. Aubin, T. Acoustic signals in cicada. J. Zoological., London. (2004) **262**, 217-224 .