

Título: Repertorio acústico de las dos especies de insectívoros molósidos más grandes de Cuba: *Eumops glaucinus* y *Nyctinomops macrotis*.

Autor: Lic. Lester Torres Cadenas.

Coautor. Dr. Emanuel C. Mora Macías.

Introducción.

Muchas especies animales emplean las emisiones acústicas con fines de comunicación. Pero entre los animales hay especies que han aprendido, en el proceso de la evolución, a utilizar sonidos para orientarse en el medio y un ejemplo de esto lo constituyen los murciélagos (Ajrapetjantz y Konstantinov, 1973). Este sistema de orientación ha sido denominado “ecolocalización” (Griffin, 1958). La ecolocalización no sólo conduce a determinar la localización de una fuente de ecos, sino que permite percibir su talla, forma y textura.

En los murciélagos, las características de las llamadas de ecolocalización varían de una especie a otra. Esto ha sido demostrado en estudios realizados en más de dos centenares de especies de murciélagos, de las cerca de 750 que utilizan la ecolocalización en el mundo (Schnitzler y Kalko, 1998; Kalko y Schnitzler, 1998; Jones, 1999). Dentro de una misma especie, las tareas perceptuales de la ecolocalización a lo largo de la conducta de forrajeo incluyen la detección, clasificación y localización de las presas, las cuales se resuelven óptimamente con diferentes diseños de llamadas (Simmons y Stein, 1980; Neuweiler, 1989; 1990).

El repertorio acústico de una especie de murciélago incluye no sólo a las llamadas de ecolocalización. Otras llamadas como las de comunicación o de estrés deberían tenerse en cuenta en estudios acústicos que involucren a los murciélagos (Kanwal *et al.*, 1994; Russ *et al.*, 1998). Sin embargo, estos tipos de llamadas son los que han recibido la menor atención por parte de los investigadores.

La aplicación práctica es que el conocimiento de estas llamadas permitirá la identificación de *E. glaucinus* y *N. macrotis* en la naturaleza y el estudio de su actividad nocturna, tan difícil con métodos convencionales como el uso de mallas de niebla. La importancia económica de este trabajo radica en que estos murciélagos consumen hasta un cuarto de su peso en insectos por noche, de ahí su importancia como controles biológicos de insectos plagas en plantaciones de interés económico. Dado que son los insectívoros más grandes de Cuba, pues la biomasa de

insectos que consuman por individuos será mayor que la que pueda consumir cualquier otro insectívoro de menor talla. Además sus llamadas pueden ser utilizadas como patrones de estimulación acústica (repelentes acústicos) que pueden ser utilizadas en el control de polillas que constituyen plagas de cultivos o de granos almacenados (como las polillas y otros insectos en principio les temen a los murciélagos esos datos podrían utilizarse para crear dispositivos que imiten llamadas de ecolocalización y auyente a insectos plagas),

En Cuba se han estado realizando en los últimos años algunos estudios dirigidos a caracterizar acústicamente la fauna de murciélagos que habitan nuestro archipiélago (Kössl *et al.*, 1999; Macías, 2001; Macías y Mora, en prensa; Mora *et al.*, 2002). Sin embargo, todavía quedan diez especies por estudiar: las tres especies del género *Natalus*, las dos del género *Lasiurus*, *Nyctinomops macrotis* y *N. laticaudata*, *Eumops glaucinus*, *Noctilio leporinus* y *Antrozous pallidus*.

Estos antecedentes nos han llevado a proponernos los siguientes objetivos:

- Caracterizar las llamadas de ecolocalización emitidas por las dos especies de murciélagos molósidos más grandes de Cuba: *Eumops glaucinus* y *Nyctinomops macrotis*, durante su conducta de forrajeo.
- Registrar y caracterizar otros tipos de vocalizaciones que conforman el repertorio acústico de estas especies, como: llamadas de protesta, de estrés y de comunicación.
- Determinar si es posible la identificación acústica de *E. glaucinus* y *N. macrotis* en Cuba.

Materiales y métodos.

Localidades para el registro de emisiones acústicas.

Los registros de las llamadas de ecolocalización, así como de las otras llamadas que conforman el repertorio acústico de *Eumops glaucinus*, se realizaron en cuatro localidades: en el poblado de Vereda Nueva, municipio Caimito, provincia La Habana; en La Salud, municipio Quivicán, provincia La Habana; en la C.P.A. Cuba Socialista, municipio Jaruco, provincia La Habana y en las cercanías del Trébol, en la playa de Santa María, municipio Habana del Este, provincia Ciudad de La Habana.

Las llamadas de ecolocalización, así como otros tipos de llamadas que conforman el repertorio acústico de *Nyctinomops macrotis* fueron grabadas íntegramente de ejemplares que tienen su refugio diurno en el separador de los edificios docentes de la unidad de 11no grado, en el

IPVCE V. I. Lenin, municipio Boyeros, provincia Ciudad de La Habana. Esta colonia de murciélagos, ubicada al nivel del cuarto piso, cuenta con más de 60 ejemplares.

Equipamiento utilizado.

Las llamadas de ecolocalización, estrés, protesta y comunicación fueron registradas con un detector de ultrasonido (en lo adelante, “detector de murciélagos”) U30 Ultrasound Advise (London, UK). Durante las grabaciones se seleccionó la salida audible correspondiente al sistema heterodino sintonizada a 19 kHz. La salida de alta frecuencia del detector de murciélagos se conectó a la tarjeta análogo/digital (modelo PCM-DAS 16S/330), ubicada en uno de los puertos de una computadora laptop Xeron (procesador equivalente a Pentium 3) operada por baterías. La tarjeta análogo/digital utilizada en el registro fue controlada con el software BatSound, versión 2.1 (Pettersson Electronic). Se realizaron grabaciones de 5-10 s de duración con una frecuencia de muestreo de 312 kHz.

Parámetros acústicos.

Los registros se visualizaron como oscilogramas y espectrogramas simultáneamente. Se calcularon además espectros de potencias para cada una de las llamadas analizadas.

En el primer armónico de cada llamada con una intensidad máxima de más de 20 dB por encima del nivel de ruido se calcularon los siguientes parámetros: 1) duración (tiempo entre el comienzo y el final de la llamada, medida en ms en el oscilograma), 2) frecuencia pico (FP) (frecuencia en kHz correspondiente a la intensidad máxima del espectro de potencias), 3) frecuencia mínima (FMin) y 4) frecuencia máxima (FMax) (respectivamente, los valores menor y mayor de frecuencias medidos 20 dB por debajo de la intensidad máxima en el espectro de potencias), 5) ancho de banda (AB) (calculada como la diferencia entre la frecuencia máxima y mínima), 6) Q_{10} (calculado como la frecuencia pico dividida por el ancho de banda medido 10 dB por debajo de la intensidad máxima), 7) pendiente de modulación de la frecuencia (calculada por la siguiente razón: diferencia en kHz entre la frecuencia inicial (FI) y final (FF) de la llamada dividida por la duración de la llamada).

En cada pase de llamadas de ecolocalización (definido como una secuencia continua de llamadas emitidas por un individuo) se midió además el intervalo entre pulsos (IeP) como el tiempo que media entre el comienzo de una llamada y el comienzo de la próxima.

Análisis estadístico y confección de figuras.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa STATISTICA (versión 5). Para cada variable se calcularon los estadísticos media y desviación estándar (DS). Al aplicar una prueba de Kolmogorov-Smirnov se comprobó que los datos no cumplían con una distribución normal, por lo que se utilizaron pruebas estadísticas no paramétricas en las comparaciones; una prueba U de Mann-Whitney para comparar dos poblaciones de datos y una prueba de Kruskal-Wallis para comparar más de dos poblaciones. En caso de encontrar diferencias significativas al utilizar esta última prueba, se utilizó una prueba Student-Newman-Keul (SNK) no paramétrico para buscar entre cuales poblaciones aparecían tales diferencias estadísticas. Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de significación de alfa = 0.05. Las figuras correspondientes a oscilogramas, espectrogramas y espectros de potencias fueron realizadas con ayuda del programa CoreIDRAW (versión 10).

Resultados.

Ecolocalización durante la actividad de forrajeo.

Eumops glaucinus se alimenta de insectos que caza al vuelo (Silva, 1978). Su vuelo es rectilíneo y se ve interrumpido en ocasiones por maniobras complejas de los animales (lazos, giros bruscos, picadas), acompañadas de llamadas de ecolocalización, igualmente audibles, que repiten a una mayor frecuencia, y que terminan en un tren de llamadas que semejan un zumbido. Seguidamente, los animales retoman el vuelo rectilíneo y la emisión de llamadas a largos intervalos. , dejando ver y escuchar, durante este tiempo, las diferentes fases de su conducta de forrajeo.

Las tres fases en que se ha dividido la conducta de forrajeo de los murciélagos insectívoros: búsqueda, aproximación y fase final de captura (Griffin, 1958), (Figura 1). Las llamadas de búsqueda (N = 269 obtenidas de 23 pases) se caracterizaron por tener una duración de 14.22 ± 4.37 ms y un ancho de banda de 4.99 ± 2.65 kHz. Con estas características la mayoría de las llamadas de búsqueda pueden clasificarse como llamadas de frecuencia modulada de banda estrecha (FMBE), según Kalko y Schnitzler (1993). En la gran mayoría de los casos, las llamadas de búsqueda estuvieron conformadas por un único armónico, y siempre tuvieron modulación descendente de la frecuencia y un diseño en el espectrograma ligeramente convexo. El intervalo entre llamadas promedió 294.5 ± 206.5 ms.

Durante la fase de aproximación las llamadas de ecolocalización se caracterizaron por tener igualmente un único armónico con modulación descendente en la frecuencia. El diseño en el

espectrograma es generalmente cóncavo, ya sea en su totalidad o hacia el extremo final de la llamada (Figura 1). Las 80 llamadas de aproximación analizadas se obtuvieron de 6 pases, el más corto de los cuales agrupó a 6 llamadas y el más largo a 31 llamadas. La duración de estas llamadas promedió 6.98 ± 2.05 ms y el ancho de banda 10.98 ± 4.93 kHz. Estas características permitieron clasificarlas como llamadas FMBE, según Kalko y Schnitzler (1993).

La fase final de captura de las presas estuvo caracterizada por llamadas de frecuencia modulada de banda estrecha de menor duración (2.21 ± 0.80 ms; N=103 llamadas distribuidas en 5 pases). Las fases registradas agruparon entre 12 y 35 llamadas compuestas por un único armónico de modulación descendente de frecuencia y un diseño lineal en el espectrograma (Figura 1). El ancho de banda fue de 8.20 ± 3.78 kHz. El intervalo entre pulsos se hace mínimo durante esta fase (7.9 ± 3.1 ms; N=98).

Al comparar con una prueba de Kruskal-Wallis las llamadas de ecolocalización emitidas en cada una de las fases de forrajeo, se obtuvieron valores de H altamente significativos en cada uno de los parámetros medidos, lo cual indica diferencias estadísticas entre estos tipos de llamadas. Los resultados de una prueba Student-Newman-Keuls muestran diferencias entre los tres tipos de llamadas para la gran mayoría de los parámetros medidos. Sin embargo, las transiciones por parámetro entre tipos de llamadas no ocurrieron de una manera tan marcada como podrían sugerir los resultados estadísticos, sino de manera gradual.

Nyctinomops macrotis se alimenta de insectos que caza al vuelo mientras se desplaza en espacios libres de obstáculos (Simmons *et al.*, 1978). Sin embargo, a lo largo de este estudio no hemos podido detectar a esta especie desarrollando su conducta de forrajeo de manera espontánea.

Para estudiar las llamadas de ecolocalización emitidas por *N. macrotis* durante su actividad alimentaria. Una vez que los animales comenzaban a regresar al refugio después de su primer período de actividad alimentaria, entre 2 y 3 horas después de la puesta del sol, se les lanzaban pequeñas piedras que interceptaran la trayectoria de vuelo que traían los murciélagos. Las piedras desencadenaban en el animal la emisión de las distintas fases de la conducta de forrajeo descritas para los murciélagos insectívoros por Griffin (1958). Es por esto que denominamos a esta conducta: “forrajeo inducido”.

Durante el vuelo, *N. macrotis* emite llamadas de búsqueda con una frecuencia de repetición de 2 a 4 llamadas por segundo, que son audibles al ser humano aunque están desplazadas hacia

las muy altas frecuencias. Este hecho permite el monitoreo de los animales que se acercan al refugio y aumenta la probabilidad de que las piedras lanzadas intersecten las trayectorias de vuelo de los murciélagos. Una vez que los animales detectan las piedras lanzadas, las persiguen en su caída al suelo desarrollando complejas maniobras (giros bruscos, lazos y picadas) que acompañan de llamadas repetidas cada vez con mayor frecuencia y menor intensidad, hasta quedar fusionadas en un tren continuo que semeja un zumbido. Posteriormente los animales retornan a su vuelo rectilíneo y la emisión de llamadas más intensas y espaciadas.

En las grabaciones de las llamadas de ecolocalización emitidas por *N. macrotis* durante su conducta de persecución y captura de las presas pudimos comprobar la presencia de las tres fases de forrajeo (búsqueda, aproximación y fase final de captura) descritas en los murciélagos insectívoros (Figura 1).

Las llamadas de búsqueda (N = 320 llamadas obtenidas de 30 pases) se caracterizaron por tener una larga duración (13.94 ± 2.86 ms) y un ancho de banda de 8.29 ± 2.77 kHz. Estas características permiten caracterizar a la mayoría de las llamadas de búsqueda como de frecuencia modulada de banda estrecha (FMBE) según Kalko y Schnitzler (1993). En todos los casos, las llamadas de búsqueda estuvieron conformadas por uno o dos armónicos de modulación descendente de la frecuencia y un diseño en el espectrograma ligeramente convexo (Figura 1). El intervalo entre llamadas promedió 327.6 ± 187.2 ms.

Durante la fase de aproximación las llamadas de ecolocalización se caracterizaron por tener tres armónicos con modulación descendente de la frecuencia. En todos los casos y a diferencia de las llamadas de búsqueda se observó una marcada superposición en frecuencia entre los armónicos. El diseño en el espectrograma es ligeramente convexo, aunque en algunas llamadas aparecen puntos de inflexión hacia su extremo final (Figura 1). Las 69 llamadas analizadas se agruparon en 8 pases, el más corto de los cuales agrupó a 4 llamadas y el más largo a 18 llamadas. La duración promedió 8.50 ± 3.43 ms y el ancho de banda 13.65 ± 3.47 kHz, lo cual permitió clasificarlas como llamadas FMBE, según Kalko y Schnitzler (1993). El intervalo entre pulsos fue de 88.6 ± 101.7 ms.

La fase final de captura de los forrajeos inducidos estuvo caracterizada por llamadas FMBE de menor duración (2.80 ± 0.89 ms; N = 48 llamadas distribuidas en 3 pases). Todas las llamadas estuvieron compuestas por tres armónicos de modulación descendente de frecuencias

superpuestas y un diseño lineal en el espectrograma (Figura 1). El ancho de banda fue de 11.82 ± 2.70 kHz. El intervalo entre pulsos se hace mínimo durante esta fase 11.5 ± 7.5 ms.

Para comprobar estadísticamente si habían diferencias entre las llamadas emitidas en cada una de las tres fases de la conducta de forrajeo se empleó la prueba de Kruskal-Wallis. En cada uno de los parámetros medidos existen diferencias muy significativas entre las fases, como lo demuestran los valores de H obtenidos. Además, los resultados de la prueba de Student-Newman-Keuls utilizada para buscar entre cuales fases estaban las diferencias muestran que en todas las fases, todos los parámetros, con excepción de la frecuencia máxima y el Q_{10} , se diferencian entre sí.

Comparación entre especies.

Nosotros comparamos cada uno de los parámetros acústicos usados para describir las llamadas de ecolocalización emitidas por *E. glaucinus* y *N. macrotis* durante cada fase de su conducta de forrajeo por la prueba estadística U de Mann-Whitney ($\alpha = 0.05$). De 24 comparaciones realizadas, 17 muestran diferencias no significativas. Las 7 que muestran diferencias significativas presentan una gran superposición en la base de datos de cada especie, con la excepción de la frecuencia inicial y la frecuencia pico de las llamadas en la fase de aproximación. Sin embargo, los menores valores de estos parámetros se obtuvieron para *E. glaucinus* probablemente porque sus llamadas fueron registradas a una mayor distancia y la frecuencia tiene una dependencia directa de la atenuación atmosférica (Griffin, 1971). Así los resultados estadísticos confirman que no hay diferencias en lo que nosotros observamos a simple vista a lo largo de este estudio, al ir ubicando en el programa de análisis las llamadas de ambas especies una al lado de la otra para cada una de las fases de la conducta de forrajeo.

Llamadas de protesta

Al perturbar el refugio de *E. glaucinus* con unas pinzas introducidas hasta el fondo, el animal en estudio adoptó una posición característica apoyándose en sus extremidades anteriores, con el pecho elevado y la boca abierta mostrando los dientes. De forma esporádica, usualmente coincidente con cada nueva perturbación, el animal emitía aislados chasquidos de gran intensidad y alta frecuencia en la gama audible al ser humano (Figura 2).

En todos los casos (N = 30 llamadas), las llamadas de protesta estuvieron conformadas por varios armónicos (entre 2 y 4) con modulación descendente de la frecuencia y un diseño en el

espectrograma ligeramente convexo. En el espectro de potencias la mayor intensidad se verificó siempre en el primer armónico (Figura 2). En cada llamada registrada aparece un componente de baja frecuencia (frecuencia pico alrededor de 5 kHz), que no pertenece a su composición de armónicos. Las llamadas de protesta en *E. glaucinus* se caracterizaron por tener larga duración (21.2 ± 1.6 ms) y un ancho de banda en el primer armónico de 7.26 ± 0.79 kHz.

Nyctinomops macrotis, al igual que en *E. glaucinus*, erguía el pecho apoyándose en sus extremidades anteriores y abría la boca con un aspecto amenazador. La vara utilizada durante las provocaciones de los animales fue mordisqueada en varias ocasiones. Las llamadas de protesta se escuchan en *N. macrotis* también como potentes chasquidos de alta frecuencia en la gama audible del ser humano.

En todos los casos (N = 30 llamadas), las llamadas de protesta estuvieron conformadas por varios armónicos (más de seis) con modulación descendente de la frecuencia y un diseño en el espectrograma ligeramente convexo. En el espectro de potencias la mayor intensidad se verificó siempre en el primer armónico (Figura 2). En la mayoría de los casos el tercer armónico fue siempre evidente y de mayor intensidad que el segundo, también presente. Las llamadas de protesta se caracterizaron por tener larga duración (22.7 ± 2.9 ms) y un ancho de banda en el primer armónico de 7.71 ± 1.49 kHz.

Comparación entre especies

Las diferencias en las llamadas de protesta de ambas especies fueron pocas pero significativas (Figura 2), como nos muestran los parámetros acústicos medidos para ambas especies en el primer armónico. Al medir el ancho de banda del primer armónico podemos observar que es mayor en *N. macrotis* al igual que si tenemos en cuenta el número de armónicos. Además podemos observar un componente de baja frecuencia en las llamadas de *E. glaucinus* que no se encuentra en la llamadas de *N. macrotis*.

Con el objetivo de comparar estadísticamente las llamadas de protesta emitidas por las especies en estudio se aplicó una prueba U de Mann-Whitney a cada parámetro acústico. Se encontraron diferencias significativas en todos los parámetros medidos.

Llamadas de estrés

Las llamadas de estrés de *E. glaucinus* observadas al espectrograma (Figura 3A) consisten en trenes de llamadas de corta duración (5.8 ± 1.8 ms; N=103 llamadas distribuidas en 16 trenes) similares a un buzz repetidas a altas frecuencias (90.52 ± 16.95 Hz). Los trenes (N=60) tienen una duración promedio de 94.20 ± 18.22 ms y están conformados por 8.6 ± 2.1 llamadas. Generalmente, las dos primeras llamadas son las más intensas y están separadas del resto del tren por un intervalo de tiempo mayor (Figura 3A). En este tipo de trenes, las dos llamadas iniciales son de mayor duración que las llamadas sucesivas, las cuales van aumentando en duración en la medida en que se acercan al final del tren. En la mayoría de los trenes la última llamada fue la de mayor duración (Figura 3A).

En todas las llamadas analizadas (N=103) la mayor intensidad se verificó en el primer armónico. Cada llamada estuvo conformada generalmente por 4 armónicos, usualmente no superpuestos, con modulación descendente de la frecuencia y un diseño en el espectrograma entre lineal y ligeramente convexo. Sin embargo, en algunos trenes la segunda llamada tuvo un diseño cóncavo en el espectrograma. Al igual que que en las llamadas de protesta, en las de estrés se manifiesta un componente de baja frecuencia (FP alrededor de 5 kHz) que no pertenece a su estructura armónica (Figura 3A). El ancho de banda del primer armónico fue de 8.43 ± 6.72 kHz.

Las llamadas de estrés de *N. macrotis* observadas al espectrograma consisten en pulsos aislados, generalmente de larga duración (40.2 ± 15.1 ms; N=21 llamadas), que exhiben una gran variabilidad en cuanto a su forma (Figura 3B). Entre los diseños verificados en el espectrograma aparecen llamadas con ondulaciones múltiples (entre 1 y 12) de frecuencia, con modulación descendente de la frecuencia y con componentes de frecuencia constante, entre otros (Figura 3B). En algunos diseños aparecen segmentos de llamadas constituidos por bandas de ruido con pérdida de la estructura armónica. La duración es igualmente variable, así como el número de armónicos (generalmente más de 5) que conforman las llamadas. Los distintos diseños se alternan entre sí, sin un orden aparente. En los espectros de potencias, la mayor concentración de energía está en el primer o segundo armónico. El ancho de banda del primer armónico promedió 11.49 ± 12.62 kHz.

Comparación entre especies

El diseño de las llamadas de estrés es muy diferente en *E. glaucinus* y *N. macrotis* (Figura 3). La identificación de la especie a partir de este tipo de llamadas se puede realizar rápidamente y

con certeza. Sin embargo, comparamos estadísticamente algunos de los parámetros que caracterizan a las llamadas de estrés de ambas especies, con el objetivo de identificar cuales de estos parámetros aportan las mayores diferencias. Los resultados de una prueba U de Mann-Whitney indican diferencias significativas en todos los parámetros medidos con excepción de la frecuencia final y el ancho de banda.

Llamadas de comunicación.

Los ejemplares de *E. glaucinus* frecuentemente interrumpen las emisiones de ecolocalización para emitir llamadas de comunicación que consisten en tripletes de sílabas de FM con un diseño en el espectrograma que puede ser descrito como dos mitades de ondas convexas que se unen centralmente en valor de mayor frecuencia. Las sílabas tienen una duración constante de 66.5 ± 2.4 ms (N=12) y son repetidas con un intervalo entre pulsos de 145.6 ± 9.4 ms. La frecuencia máxima medida centralmente en el espectrograma es de 21.4 ± 0.9 kHz, mientras la frecuencia mínima es de 11.1 ± 1.4 kHz. Este tipo de llamadas fueron registradas de manera individual en cada colonia estudiada.

Otro tipo de vocalización fue registrada para *E. glaucinus* en las tres colonias estudiadas fueron llamadas similares a un buzz compuesta de 4-6 sílabas de corta duración (4.0 ± 0.8 ms; N=21) repetidas a frecuencias por encima de 50 Hz. Cada sílaba muestra el descenso lineal FM en el espectrograma y un único armónico. Las frecuencias máxima y mínima medidas en el espectrograma son, respectivamente, de 20.9 ± 0.9 y 10.4 ± 0.7 kHz. Este tipo de llamadas fue algunas veces repetida por más de 5 segundos.

Dos de los tipos de llamadas más comunes emitidas durante interacciones intraespecíficas por *N. macrotis* en vuelo. El primero de estos tipos consiste en llamadas de aproximadamente 17 ms, constituidas por un segmento inicial de FC o FCC en alrededor de 34 kHz seguido de uno de FMBE en el cual se produce una disminución de la frecuencia hasta valores cercanos a 10 kHz. Sobre este componente de FMBE suele aparecer un segundo armónico. El segundo tipo de llamada es de más de 40 ms de duración y tiene un diseño con ondulaciones múltiples (generalmente 4 o 6) de frecuencias en la gama de 20 a 30 kHz. Estas llamadas comienzan y terminan con segmentos de modulación descendente de la frecuencia.

Comparación entre especies.

Con frecuencia nosotros comparamos las especies utilizando los parámetros acústicos descritos en este tipo de llamadas. Estas no tienen diferencias estadísticas en las frecuencias

máximas y mínimas (prueba U de Mann-Whitney 59; 44.5; $p > 0.05$) entre las llamadas con tono de FM en ambas especies. Sin embargo, en *E. glaucinus* fueron emitidas a menor frecuencia que en *N. macrotis* (prueba u de Mann-Whitney 11; 15; $p = 0$).

Las diferencias también fueron verificadas para las llamadas de comunicación con la estructura que semeja a un buzz. Las sílabas de FM lineales de *E. glaucinus* tienen una mayor duración y son repetidas a menor frecuencia la modulación de la frecuencia es mayor en *N. macrotis*.

Conclusiones.

- Las conductas de forrajeo de *E. glaucinus* y de forrajeo inducido de *N. macrotis* incluyen tres fases: búsqueda, aproximación y final de captura.
- Las llamadas de protesta de *E. glaucinus* y *N. macrotis* están conformadas por varios armónicos con modulación descendente de frecuencia y un diseño en el espectrograma ligeramente convexo.
- Las llamadas de estrés de *E. glaucinus* consisten en trenes de llamadas de modulación descendente y corta duración repetidas a alta frecuencia. Las llamadas de estrés de *N. macrotis* consisten en pulsos aislados con ondulaciones múltiples de frecuencia, generalmente de larga duración.
- *E. glaucinus* y *N. macrotis* no pueden ser diferenciados por sus llamadas de ecolocalización pero si por las llamadas de protesta, estrés y comunicación.

Bibliografía.

- Ajrpetjantz ES y Konstantinov AI (1973). Echolocation in animals. Nauka, Leningrado, 309 pp.
- Griffin DR (1958). Listening in the dark. Yale University Press, New Haven, Connecticut.
- Jones G (1999). Scaling of echolocation call parameters in bats. **J. Exp. Biol.**, 202: 3359–3367.
- Kalko EKV y Schnitzler HU (1998). How echolocating bats approach and acquire food. In: Kunz TH, Racey PA (eds) Bats: phylogeny, morphology, echolocation, and conservation biology. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, pp 197 – 204.
- Kalko EKV y Schnitzler HU (1993). Plasticity in echolocation signals of European pipistrelle bats in search flight: implications for habitat use and prey detection. **Behav. Ecol. Sociobiol.**, 33: 415-428.
- Kanwal JS, Matsumura S, Ohlemiller K y Suga N (1994). Analysis of acoustic elements and syntax in communication sounds emitted by mustached bats. **J. Acoust. Soc. Am.**, 96 (3): 1229-1254.
- Kössl M, Mora EC, Coro F y Vater M (1999). Two-toned echolocation calls from *Molossus molossus* in Cuba. **J. Mammal.**, 80(3): 929 - 932.

- Macías S (2001). Ecolocalización en cuatro especies de murciélagos cubanos. Tesis de Diploma.
- Macías S y Mora EC (en prensa). Variation of echolocation calls of *Pteronotus quadridens* (Chiroptera: Mormoopidae) in Cuba. **J. Mammal.**, 84(4).
- Mora E, Macías S, Rojas D, Rodríguez A, Quiñones I, García A, Cádiz A y Bobourg B (2002). Aplicación de métodos bioacústicos y convencionales en la caracterización de la comunidad de murciélagos de la Cueva del Indio, Tapaste, La Habana, Cuba. **Biología**, 16(2): 159-166.
- Neuweiler G (1990). Auditory adaptations for prey capture in echolocating bats. **Physiological Reviews**, 70: 615-641.
- Neuweiler G (1989). Foraging ecology and audition in echolocating bats. **Trends in Ecology and Evolution**, 4: 160-166.
- Russ JM, Racey PA y Jones G (1998). Intraspecific responses to distress calls of the pipistrelle bat, *Pipistrellus pipistrellus*. **Anim. Behav.**, 55 (3): 705-713.
- Schnitzler HU y Kalko EKV (1998). How echolocating bats search and find food. In: Kunz TH, Racey PA (eds) *Bats: phylogeny, morphology, echolocation, and conservation biology*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, pp 183 – 196.
- Silva G (1978). Los murciélagos de Cuba. Editorial Academia, La Habana. 423 pp.
- Simmons JA y Stein RA (1980). Acoustic imaging in bat sonar: Echolocation signals and the evolution of echolocation. **J. Comp. Physiol. A.**, 135: 61-84.
- Simmons JA, Lavender BA, Childs JE, Hulebak, Rigden MR, Sherman J, Woolman B y O'Farrell MJ (1978). Echolocation by free-tailed bats (*Tadarida*). **J. Comp. Physiol. A.**, 125: 291-299.