

## BIOACUSTICA EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS ANIMALES SUBACUATICOS

ALDEMARO ROMERO

Museo de Zoología  
Barcelona

### *Resumen*

En el presente trabajo se dan a conocer las investigaciones realizadas en el campo de la bioacústica subacuática, haciendo referencia, especialmente, a aquellas observaciones realizadas durante las mencionadas investigaciones que pueden servir de base para considerar la importancia que la bioacústica tiene en el comportamiento de los animales que viven habitualmente en el medio acuático. Debido a la gran cantidad de trabajos realizados en este campo es imposible hacer mención de todas las observaciones que relacionan la bioacústica con el comportamiento, por lo que se retienen sólo algunos casos en diversos grupos animales, desde los crustáceos hasta los cetáceos, de acuerdo a un orden filogenético. Asimismo se hace mención de los diferentes métodos de estudios utilizados hasta la fecha en este tipo de investigaciones.

### *Introducción*

El presente trabajo no intenta sino servir de introducción al tema de la bioacústica y la importancia de su estudio para la mejor comprensión de fenómenos etológicos, por lo tanto no aporta nada especial en

el conocimiento de esta especialidad. Por esto mismo el lector encontrará numerosas citas a lo largo del artículo, para que sirvan de guía a quienes se interesen en cultivar este campo.

Tras un análisis acerca del medio acuático como conductor de sonidos, así como también de los métodos de estudio, el orden de la exposición será regido por el mismo utilizado en la filogenia en líneas generales.

Salvo que se manifieste lo contrario, las especies aquí mencionadas viven habitualmente en el medio marino. Todos los sonidos de los que se haga referencia, son emitidos bajo el agua.

### *El medio*

El medio acuático es un excelente conductor de sonidos dadas sus características físicas (1). Aunque se da el caso que la intensidad del sonido disminuye con el aumento de la frecuencia debido a la llamada ley del cuadrado inverso. Ello no afecta en especial a los sonidos de origen biológico, cuya banda de frecuencias se extiende entre unos pocos cps hasta los 10.000 cps (2).

### *Métodos de estudio*

De una manera general (ya que ampliaremos información sobre este punto en cada caso concreto), diremos que para la grabación de este tipo de sonidos biológicos subacuáticos, el equipo base ha de estar constituido por un hidrófono conectado a un magnetófono para el registro de sonidos, así como a un osciloscopio para la observación de frecuencias inaudibles y de otras características del sonido recibido, así como también del amplificador correspondiente para la escucha del sonido (3). Modelos completos y bastante sencillos han sido probados con éxito, como el ideado por W. A. Watkins (1963), quien ha dis-

(1) TUCKER, D. G. & GAZEY, B. K.: 1966. "Applied Underwater Acoustics". Pergamon Press. Oxford.

(2) TAVOLGA, W. N. (ed.): 1964. "Marine Bio-Acoustics". Pergamon Press. Oxford.

(3) ROMERO, A.: 1973. "El lenguaje de los peces". Vida Acuática 2 (13): 439-441. Barcelona.

ñado un sistema portátil de grabación de sonidos subacuáticos (4). Sin embargo, los estudios han requerido sistemas más finos de investigación, por lo que el mismo Watkins y W. E. Schevill, han desarrollado un ingenio que con cuatro hidrófonos permite la localización tridimensional de emisores biológicos de sonidos subacuáticos, basado en la diferencia de medidas en la llegada de los sonidos al mencionado ingenio (5) y (6). Un sistema de calibración concurrente permite que la posición de los hidrófonos sea ajustada periódicamente, lo cual posibilita el uso práctico de este ingenio que funciona a manera de sistema de escucha de cuatro posiciones (cada una de ellas móviles como hemos dicho), lo que permite variar la posición de las mismas tanto en el plano horizontal como en el vertical (profundidad). Naturalmente el sistema puede captar otros sonidos subacuáticos de origen no biológico. Por otra parte, para que el sistema descubra con exactitud la dirección de procedencia de la fuente sónica, dicha fuente ha de estar relativamente cerca. Algunas variaciones en las condiciones físicas del agua (especialmente las marinas), pueden hacer variar a su vez los resultados obtenidos, ya que el sonido bajo el agua es muy susceptible a dicho tipo de variaciones. Con este método se utiliza el ordenador (6) para el control de las posiciones de los hidrófonos. También el ordenador sirve en la eliminación de un problema planteado en la idea original, cual era el del análisis de la posición de la fuente bioacústica, con lo que se disminuye la pérdida de tiempo por parte del operador de este sistema de conjunto de hidrófonos tridimensionales.

Para un estudio espectral de los trenes de ondas acústicas se utilizan diversos aparatos, los cuales son mencionados por Watkins (1966) (7) tales como audio osciladores, vibralizadores, cámaras de osciloscopios, contadores calibrados de frecuencia, así como también generadores de señales (8) para estudiar las respuestas de diversos organismos acuáticos, a señales acústicas.

(4) WATKINS, W. A.: 1963. "Portable Underwater Recording System". *Undersea Technology* 4 (9): 23-23.

(5) WATKINS, W. A. & SCHEVILL, W. E.: 1972. "Sound source location by arrivaltimes on a non-rigid tree-dimensional hydrophone array". *Deep-Sea Research* 19: 691-706.

(6) WATKINS, W. A.: 1974. "Computer measurement of biological sound source locations from four-hydrophone array data". WHOI-74-88.

(7) WATKINS, W. A.: 1967. "The harmonic interval fact or artifact in spectral analysis of pulse trains". *Marine Bio-Acoustics* 2: 15-43.

(8) IDEOSA: Catálogo de generadores de funciones. 1974.

Para terminar con la parte correspondiente a métodos de estudios, mencionaremos un sistema ideado por A. Banner (9) que parece presentar una alta sensibilidad en estudios de bioacústica.

### *Invertebrados*

Se han hecho algunos trabajos sobre la bioacústica de invertebrados acuáticos. En este mal definido grupo, el autor sólo tiene conocimiento de que se hayan efectuado trabajos acerca de crustáceos (recuérdese que nos referimos aquí exclusivamente a los sonidos emitidos bajo el agua).

### *Crustácea*

Poco ha sido el material que, lamentablemente, hemos podido revisar al respecto. Uno de ellos es el de Guinot-Dumortier & Dumortier (10) y el otro de Mulligan y Fischer (11). Sólo mencionaremos éste último.

El trabajo realizado por los autores antes mencionados, se centró en el estudio de los sonidos emitidos por la langosta *Panulirus argus* (Dec., Rep., Macr. Palinuridae). Según dichos autores, aquel crustáceo produce unos sonidos cuyas características acústicas fueron estudiadas detenidamente, identificándose tres tipos de sonidos diferentes. Los dos primeros, pueden ser descritos onomatopéicamente a manera de «pops» y su función es desconocida. Sin embargo, un tercer sonido comparable al producido por un objeto cilíndrico y delgado al deslizarse sobre una superficie uniforme rugosa («raso»), tiene una función claramente defensiva. Sin embargo los estudios aún están en sus comienzos, ya que

(9) BANNER, A.: 1973. "Simple velocity hydrophones for bioacoustic application". *J. Acoust. Soc. Amer.* 53 (4): 1.134-1.136.

(10) GUINOT-DUMORTIER, D. & DUMORTIER, B.: 1960. "La stridulation chez les crabes". *Crustaceana* 1 (2).

(11) MULLIGAN, B. E. & FISCHER, R. B.: 1973. "Sounds of the Spiny Lobster *Panulirus argus*". 85 th meeting of the Acoustical Society of America. CC12.

incluso se desconoce el sistema utilizado por estos crustáceos para la emisión de tales sonidos.

Es probable que cuando se hagan más investigaciones, se obtengan resultados comparables a los conseguidos con los insectos (12), con los que se ha visto que la producción de sonidos tiene una importancia realmente grande.

### Peces

Uno de los grupos animales más estudiados en el campo de la bioacústica subacuática, es el denominado vulgarmente «peces». Aunque desde la antigüedad ya se conocían emisiones de sonidos por parte de peces *fuera del agua* como en el caso de algunos Scienidae y del Cephalacanthidae *Cephalacanthus volitans* (L) conocido precisamente como «Chicharra» y «roncador» (13), según Fish (14) la primera mención que se posee acerca de la emisión de sonidos *subacuáticos* por parte de peces, se debe al teniente de la marina de los Estados Unidos John White, quien en 1823, dio cuenta de una gran cantidad de sonidos que podía escuchar bajo el casco de su barco.

En 1954, M. P. Fish (14) analiza varias especies de peces de acuerdo a la producción de sonidos por parte de las mismas, y hace una especie de clasificación de acuerdo a la naturaleza de los sonidos emitidos.

Dentro de las diferentes categorías, hay que destacar a la que ella llama «biological sounds» que son los que, según ese autor, pueden tener un mayor significado. Se ha publicado recientemente (1973) (15) un resumen del trabajo de Fish bastante accesible. Acerca de los mecanismos de producción y escucha de sonidos por parte de peces, se han publicado numerosos trabajos cuya relación sería sumamente extensa, pero que, aún a riesgo de pecar de incompletos, mencionaremos las

(12) HASKELL, P. T.: 1961. "Insect Sounds". Witherby, London.

(13) LOZANO Y REY, LUIS: 1952. "Peces Fisoclistos". Mem. R. Acad. Cienc. Nat. de Madrid 14 (1): 330.

(14) FISH, M. P.: 1954. "The character and significance of sound production among fishes of the western north atlantic". Bull. Bingham Ocean. Coll. 14 (3): 1-109.

(15) ROMERO, A.: 1973. "El lenguaje de los peces". Vida Acuática 2 (13): 439-441. Barcelona.

más importantes que hemos podido consultar (16), (17), (18), (19), (20), (21) y (22).

En relación al significado etológico de tales sonidos, ya en el trabajo de M. P. Fish, se hacen una serie de interesantísimas observaciones al respecto, sin embargo, si tuviéramos que destacar un trabajo concluyente sobre este punto, tendríamos que mencionar el realizado por T. J. Bright (23) realizado durante la experiencia TEKTITE II de 1972 (24).

Dicha experiencia consistió en el estudio «in situ» de varios aspectos submarinos por medio de una casa submarina que permitía a los investigadores un contacto directo con los problemas a estudiar. Allí se pudieron estudiar los sonidos emitidos por diferentes especies de peces de la barrera de coral, principalmente de los géneros *Holocentrus*, *Balistes*, *Seriola*, *Calamus*, *Lactophrys* y algunos otros de la familia Scaridae. La mayor parte de los sonidos estudiados, fueron relacionados con conductas de agresividad territorial, alimentación o huída. Incluso se pudo observar cierta variación entre los sonidos emitidos durante el día y los producidos por la noche.

- 
- (16) TAVOLGA, W. N.: 1962. "Mechanisms of sounds production in the arid catfishes *Galeichthys* and *Bagre*". Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 124 (1): 1-30.
- (17) TAVOLGA, W. N. & WODINSKY, J.: 1963. "Auditory capacities in fishes". Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 126 (2): 177-239.
- (18) POPPER, A. N. & FAY, R. R.: 1973. "Sound detection and processing by teleost fishes: a critical review". J. Acoust. Soc. Amer. 53 (6): 1.515-1.529.
- (19) POPPER, A. N.: 1972. "Auditory Threshold in the Goldfish (*Carassius auratus*) as a Function of Signal Duration". J. Acoust. Soc. Amer. 52 (2) (part 2) 596-602.
- (20) POPPER, A. N.: 1972. "Pure-Tone Auditory Thresholds for the Carp, *Cyprinus carpio*". J. Acoust. Soc. Amer. 52 (6) (part 2): 1.714-1.717.
- (21) FISH, J. F. & OFFUTT, G. C.: 1972. "Hearing Thresholds from Toadfish, *Opsanus tau*, Mesured in the Laboratory and Field". J. Acoust. Soc. Amer. 51 (4) (part 2): 1.318-1.321.
- (22) FAY, R. R.: 1972. "Perception of Amplitude-Modulated Auditory Signals by the Goldfish". J. Acoust. Soc. Amer. 52 (2) (part 2): 660-666.
- (23) BRIGH, T. J.: 1972. "Bio-acoustics studies on reef organism". Results of the Tektite Program, Bull. Nat. Hist. Mus. Los Angeles (14): 45-69.
- (24) ROMERO, A.: 1973. "Tektite II: Un gran paso adelante en la conquista del mar y de conocimientos científicos". Ibérica 3 (136): 448-450.

*Mamíferos (Pinnipeda: Phocidae)*

*Phoca vitulina*: Estudios realizados con las dos subespecies *P. v. concolor* y *P. v. largha* (25) con ejemplares mantenidos en cautiverio desde la infancia, demostraron la emisión de sonidos a manera de «clicks» por parte de dichos animales, cuyo significado debe ser como el de un «sonar biológico», ya que este tipo de sonidos, como veremos más adelante, es comúnmente utilizado por toda la clase de mamíferos marinos para tales fines.

*Phoca (Pagophilus) groenlandica*: Así como en las anteriores se registraron «clicks» de 12 kcps y de 6 a 8 kcps respectivamente, en una hembra de *P. groenlandica* se pudieron registrar ese mismo tipo de sonidos pero de 2 kcps y de muy probable igual significación etológica que los anteriores (25).

*Phoca (Pusa) hispida*: Parecidos a los anteriores son los sonidos emitidos por esta especie, según los estudios realizados con un macho de dos años de edad mantenido en cautividad desde su infancia (25). La frecuencia de emisión era de 4 kcps.

*Halichoerus grypus*: La frecuencia de emisión en esta especie era predominantemente entre 6 y 12 kcps, llegando, sin embargo, hasta los 30 kcps en algunos casos. Como en las anteriores, ésta emitía también «clicks», que repetía incluso hasta 60 veces por segundo.

*Cystophora cristata*: En una madre y sus hijos algo desarrollados de esta especie, fueron registrados sonidos también de «clicks» de dos tipos: uno muy semejante a anteriores ya citados (4-16 kcps) y otros de naturaleza totalmente diferentes de los hasta ahora conocidos en pinnípedos. Se desconocen las diferencias que puedan haber entre uno y otro desde el punto de vista del significado.

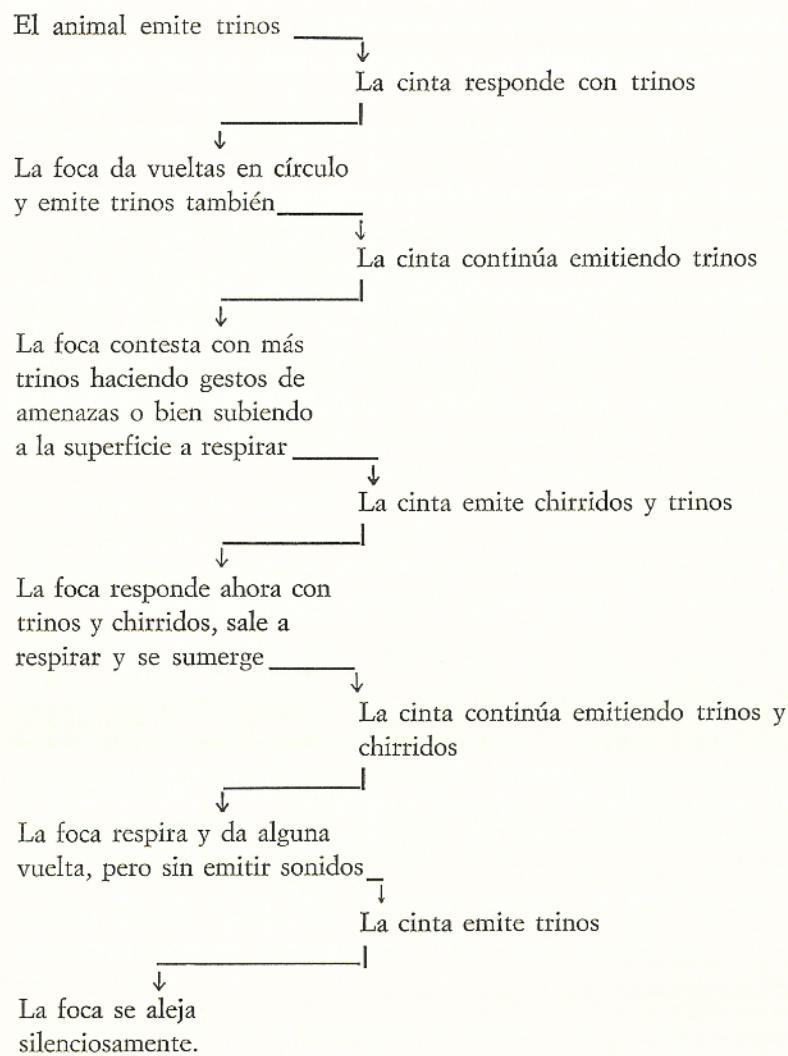
*Leptonychotes weddelli*: Más completos han sido los estudios realizados con la foca Weddell. Un primer trabajo de Schevill y Watkins (26) dan una escueta nota acerca de los sonidos de este animal. Más tarde esos mismos autores (27) realizan unas pruebas interesantes

(25) SCHEVILL, W. E.; WATKINS, W. A. & RAY, G. C.: 1963. "Underwater sounds of Pinnipeds". *Science* 141 (3.575): 50-53.

(26) SCHEVILL, W. E. & WATKINS, W. A.: 1965. "Underwater calls of *Leptonychotes* (Weddel Seal)". *Zoologica* (5.041): 45-46.

(27) WATKINS, W. A. & SCHEVILL, W. E.: 1968. "Underwater playback of their own sounds to *Leptonychotes*". *J. Mammalogy* 49 (2): 287-296.

que consistieron en reproducirle a estos animales sus propios sonidos bajo el agua de manera de estudiar las reacciones de los mismos ante tales sonidos. He aquí una secuencia de la «conversación» animal-cinta magnetofónica según Schevill y Watkins (op. cit.):



Como es de suponer, estas observaciones pueden dar comentarios para todos los gustos.

Posteriormente (28), Schevill y Watkins realizan unos estudios acerca de la direccionalidad de los sonidos de esta misma especie y que, extrañamente, dichos sonidos, al parecer no son utilizados para la ecolocalización.

*Erignathus barbatus*: Uno de los fócidos mejor estudiados en cuanto a la bioacústica de los mismos se refiere, es la llamada «foca barbuda» o *E. barbatus* (Erxleben, 1777). Un interesante estudio acerca de estos animales fue realizado por Ray, Watkins y Burns (29). Del trabajo mencionado se desprende que dichos sonidos —captados en la primavera en la época de celo—, tienen un significado importante en el comportamiento sexual de la especie.

Del análisis de los sonidos resulta que éstos son altamente complicados. A pesar de las dificultades de las condiciones oceanográficas tales como la temperatura y la composición química de las aguas que, como mencionamos al principio de ese trabajo pueden perturbar los registros, se vio cómo había ciertos patrones en los «cantos» de estos fócidos. En comparación con los sonidos submarinos emitidos por otros animales marinos, se pudo observar cómo emitían sonidos de la más alta frecuencia modulada registrada hasta entonces, entre 2.000 y 3.000 cps.

El patrón que puede observarse al escuchar el sonido es más o menos como sigue:

- 1) Durante los dos o tres primeros segundos emite un sonido de unos 2.500 a 3.000 cps.
- 2) (Fase segunda) Dura unos veinte segundos durante los cuales la frecuencia desciende gradualmente de 3.000 a 1.000 cps.
- 3) (Fase tercera) De tres a cinco segundos de duración durante los cuales la frecuencia sube hasta unos 2.00 cps.
- 4) (Fase cuarta) Es una repetición doblada de la fase segunda, es decir, dura unos cuarenta segundos durante los cuales las modulaciones de la frecuencia sufren un descenso semejante al experimentado en la fase segunda.
- 5) Despues de una pausa, y sólo durante tres segundos, la foca

(28) SCHEVILL, W. E. & WATKINS, W. A.: 1971. "Directionality of the sound beam in *Leptonychotes weddelli* (Mammalia: Pinnipeda)". Antarctic Res. Ser. 18: 163-168.

(29) RAY, C.; WATKINS, W. A. & BURNS, J. J.: 1969. "The underwater song of *Erignathus* (Bearded Seal)". Zoologica 54 (2): 79-83.

barbuda emite un sonido en bajísima frecuencia que va desde 300 a 200 cps.

Estos sonidos, estereotipados y repetitivos, complejos y musicales, son producidos por los machos maduros sexualmente en el período de celo, por lo que no es difícil imaginar que los mismos tengan un papel de «aviso» de los machos a las hembras como medio de comunicación. Se descarta, pues, el que estos sonidos concretos tengan alguna significación extrosexual.

*Otaridae*: En relación con la familia de los otáridos, se han realizado estudios con tres especies (25).

*Zalophus californianus*: Estudios en cautividad llevados a cabo por Schevill, Watkins y Ray, demuestran que estos animales emiten preferentemente «clicks». Sin embargo, se observaron algunas discrepancias entre las observaciones efectuadas por los antes mencionados investigadores, y las hechas por T. C. Poulter, por lo que sería prematuro adelantar juicios.

Al parecer, la emisión de «clicks» es también presente en *Eumetopias jubata* y *Callorhinus ursinus*, sin embargo este autor no ha podido consultar bibliografía al respecto.

*Odobenidae*: En la tercera de las familias de pinnípedos uno de los animales que al ser escuchado, emite los sonidos más extraños que al oído humano se puedan percibir por parte de mamíferos marinos.

Tal es el caso de *Odobenus rosmarus rosmarus* (L) estudiado en cautiverio, se pudo comprobar cómo emitía tres tipos diferentes de sonidos (30) los cuales están relacionados con la conducta sexual de los mismos, expresando cada sonido, un estado diferente de excitación sexual.

#### *Sirenia (Trichechidae)*:

De los trabajos de Schevill y Watkins (31) parece deducirse que los sonidos de *Trichechus manatus latirostris*, se producen al reunirse

(30) SCHEVILL, W. E.; WATKINS, W. A. & RAY, C.: 1963. "Underwater sounds of Pinnipeds". *Science* 141 (3.575): 50-53.

(31) SCHEVILL, W. E. & WATKINS, W. A.: 1965. "Underwater calls of *Trichechus* (Manatee)". *Nature* 205 (4.969): 373-374.

varios ejemplares de esta especie, emitiendo los sonidos de manera alternativa lo que unido al hecho que tales sonidos son emitidos a escasa distancia del fondo, hacen pensar que tales señales acústicas no son utilizadas como ecolocalizadores, sino que tienen una función de comunicación.

### Cetácea

Prácticamente todas las especies de cetáceos —tanto marinos como de agua dulce—, han sido investigados en mayor o menor medida para el conocimiento de los sonidos emitidos por los mismos. Al final del trabajo se podrán encontrar algunas referencias de algunas especies, por lo que sólo resaltaremos aquí los casos de mayor significación etológica.

#### *Mysticeta (Balaenopteridae):*

Los pocos estudios realizados, así como también la propia naturaleza de este grupo animal, no permite hasta el momento hacer afirmaciones inequívocas acerca de la significación etológica de los sonidos producidos por los mismos. Tendrán que mejorar mucho las facilidades de estudio para obtener mejores resultados. Hasta ahora se han hecho algunas investigaciones con *Balaenoptera physalus* (32), *B. acutorostrata* (33) y *Megaptera novaengliae* (34).

Dentro de la familia Balaenida, se han realizado estudios con la *Eubalaena (Balaena) glacialis* (35).

*Odontoceta:* Antes de entrar especificando las características de los sonidos de algunos odontocetos, hay que señalar que existe una marcada diferencia entre los sonidos emitidos por éstos y el de los

(32) SCHEVILL, W. E.; WATKINS, W. A. & BACKUS, R. H.: 1964. "The 20-cycle signals and Balaenoptera (Fin Whales)". *Marine Bio-Acoustics*: 147-152.

(33) SCHEVILL, W. E. & WATKINS, W. A.: 1972. "Intense low-frequency sounds from antartic minke whale, *Balaenoptera acutorostrata*". *Breviora* (388): 1-8.

(34) WATKINS, W. A.: 1967. "Air-bone sounds of the humpback whale, *Megaptera novaengliae*". *J. Mammalogy* 48 (4): 573-578.

(35) PAYNE, R. & PAYNE, K.: 1971. "Underwater sounds of southern Right Whales". *Zoologica* 56 (4): 159-165.

mystacocetos, hasta tal punto que basta escuchar unas cuantas veces cada uno de estos sonidos, para identificar sin ningún género de dudas, la taxonomía —al menos a este nivel— a la que pertenece el emisor en el caso de los cetáceos.

*Delphinidae: Monodon monoceros* (Linnaeus, 1758): Los estudios llevados a cabo por Watkins, Schevill y Ray con esta especie (36), sugieren que debido a la repetición regularmente estereotipada es probable que tales sonidos no se utilicen en ecolocalización, sino más bien como elemento comunicativo.

*Phocoena phocoena* (Linnaeus, 1758): Esta especie emite una serie de «clicks» que al parecer están relacionados con fenómenos de alimentación, y que algunos autores habían manifestado que existía una diferencia en el «acento» entre las diferentes poblaciones que habitan el globo, de acuerdo a su distribución geográfica. Sin embargo Schevill *et al.* (37) cómo los sonidos por ellos obtenidos en el Golfo de Maine eran prácticamente idénticos a los registrados en el Mar Báltico.

*Lagenorhynchus australis* (Peale, 1848): Los estudios de Schevill y Watkins (38) con esta especie, hacen pensar que los sonidos por ella emitidos no tienen un valor como ecolocalizador, sino más bien están relacionados con procesos alimentarios.

*Tursiops truncatus* (Montagu): La más famosa de las especies de delfínidos, ha sido comentada por tal volumen de literatura en la que se confunde lo anecdotico y pintoresco con lo realmente científico, que resulta realmente difícil hacer un resumen de todo ello. Sin embargo, diremos que en estos animales se han observado por lo menos tres tipos diferentes de sonidos, de los cuales por lo menos uno también, tiene una utilidad como ecolocalizador (39). Los otros sonidos pueden o deben tener una función comunicativa. A este respecto, el autor no quiere dar datos aparecidos en publicaciones de escasa calidad científica, por lo que únicamente quiere apuntar que, al parecer, sí existen

(36) WATKINS, W. A.; SCHEVILL, W. E. & RAY, C.: 1971. "Underwater sounds of *Monodon* (Narwhal)". *J. Acoust. Soc. Amer.* 49 (2) (part 2): 595-599.

(37) SCHEVILL, W. E.; WATKINS, W. A. & RAY, C.: 1969, "Click structure in the porpoise, *Phocoena phocoena*". *J. Mammalogy* 50 (4): 721-728.

(38) SCHEVILL, W. E. & WATKINS, W. A.: 1971. "Pulsed sounds of the porpoise *Lagenorhynchus australis*". *Breviora* (366): 1-10.

(39) EVANS, W. E. & PRESCOTT, J. H.: 1962. "Observations of the sound production Capabilities of the Bottlenose Porpoise: a study of Whistles and clicks". *Zoologica* 47 (3): 121-128.

diferentes señales emitidas por estos animales para la comunicación (39), sin embargo aún falta mucho por estudiar en este campo para conocer las verdaderas implicaciones de tales sonidos. De momento, lo más adecuado parece ser no hablar de «lenguaje» en el sentido estricto de la palabra, por un mínimo de prudencia científica.

A parte de todo esto, hay que añadir que al igual que otras especies *Tursiops truncatus* se muestra sumamente receptivo a ser estimulado por señales, lo que unido a la relativa facilidad con que se puede mantener en cautiverio, lo hace un ejemplar digno de estudio en tal sentido.

*Stenella cf. longirostris* (Gray, 1828): Watkins y Schevill (41) en un reciente estudio (1974), tras estudiar la especie antes mencionada, llegaron a la conclusión que existía un intercambio de sonidos entre los individuos, entre otras cosas. Dichos estudios fueron realizados utilizando el sistema de escucha tridimensional.

*Orcinus orca* (Linnaeus, 1758): Ha sido objeto de diversos estudios (42), (43) y (44) de lo que se deduce que existen dos tipos fundamentales de sonidos entre los emitidos por esta especie. Primero unos «clicks» utilizados en la ecolocalización y observable cuando la orca está en movimiento o bien cuando algún objeto se acerca a ella, y un segundo tipo de sonidos especialmente frecuente en grupos de estos animales por lo que muchos le dan un significado «social», no muy aclarado que sepamos.

*Physeteridae: Physeter catodon* (Linnaeus, 1758): Algo similar que con *O. orca* sucede con *Physeter*, en el sentido de que existen dos tipos de sonidos, uno para la ecolocalización, y otro utilizado en el comportamiento social de los mismos (45).

*Platanistidae: Inia geoffrensis* (Blainville): Numerosos trabajos se

(40) LILLY, J. C.: 1970. "Man and Dolphin". Pyramid books. New York.

(41) WATKINS, W. A. & SCHEVILL, W. E.: 1974. "Listening to hawaiian spinner porpoises, *Stenella cf. longirostris*, with a three-dimensional hydrophone array". *J. Mammalogy* 55 (2): 319-328.

(42) SCHEVILL, W. E. & WATKINS, W. A.: 1966. "Sound structure and directionality in *Orcinus* (Killer Whale)". *Zoologica* 51 (2): 71-76.

(43) HALL, J. D. & JOHNSON, C. SCOTTS: 1971. "Auditory Thresholds of a Killer Whale *Orcinus orca* Linnaeus". *J. Acoust. Soc. Amer.* 51 (2) (part 2): 515-517.

(44) ROMERO, A.: 1973. "La orca o ballena asesina". Algo (231): 16-21.

(45) BUSNEL, R.-G. & DZIEDZID, A.: 1967. "Observations sur le comportement et les émissions acoustiques du cachalot lors de la Chasse". *Bocagiana* (14): 1-15.

han hecho acerca de este cetáceo de agua dulce (46), (47), (48), (49) y (50). Caldwell y Caldwell hablan también de sonidos de ecolocalización y otros en un «emotional context» utilizándolo para llevar información a otros miembros del grupo.

### Conclusiones

De todo lo anteriormente relatado se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. La emisión de sonidos por parte de animales que viven habitualmente en el medio acuático, es una actividad bastante generalizada a diferentes niveles, pero muy especialmente en mamíferos.
2. La casi totalidad de los sonidos emitidos, lo son en un acto voluntario y no de manera accidental.
3. Muchas especies emiten sonidos que tienen una clara intención de manifestar estados de conducta, tanto intraespecífica como interespecíficamente en un buen número de casos.
4. La emisión de sonidos es utilizado para muy diversos fines, incluso en una misma especie. Ecolocalización, apareamiento, agresividad y «comunicación» son los fines para los que más frecuentemente se utilizan los sonidos en el medio acuático.
5. Muchas especies dan señales de respuesta a estímulos acústicos artificiales, especialmente si se trata de grabaciones de sus propias vocalizaciones.
6. Los tipos de sonidos y sus características son muy determinados para cada especie y cada función, no hallándose, en muchos casos,

(46) JACOBS, D. W. & HALL, J. H.: 1972. "Auditory Thresholds of a Fresh Water Dolphin, *Inia geoffrensis* Blainville", *J. Acous. Soc. Amer.* 51 (2-2): 530-533.

(47) CALDWELL, M. C. & CALDWELL, D. K.: 1969. "The Ugly dolphin". *Sea Frontiers* (15): 5-6.

(48) CALDWELL, M. C. & CALDWELL, D. K.: 1970. "Further studies on audible vocalizations of the amazon freshwater dolphin, *Inia geoffrensis*". *Los Angeles County Mus. Contr. Science* 187.

(49) CALDWELL, M. C. & CALDWELL, D. K.: 1972. "The littlest Ugly Dolphin". *Sea Frontiers* 18 (1): 24-29.

(50) LAYNE, J. N. & CALDWELL, D. K.: 1964. "Behavior of the amazon dolphin, *Inia geoffrensis* (Blainville), in captivity". *Zoologica* 49 (2): 81-108.

diferencias notables entre poblaciones de una misma especie que se encuentran a grandes distancias y sin posibilidad de contacto.

7. Si bien el significado de muchos sonidos es bastante claro, otros, especialmente en el caso de cetáceos, poseen una significación totalmente desconocida, por lo que cabe, como mucho, aplicarles un sentido de «comunicación». Cualquier otra suposición que vaya más allá será, dados los conocimientos actuales, pura hipótesis.

8. La posibilidad de mantener a muchas de las especies emisoras de sonidos en cautiverio, así como las posibles alteraciones a que todo animal está sujeto en su conducta al estar en condiciones no-naturales de libertad, recomienda el estudio «in situ» del fenómeno para la obtención de más y mejores resultados.

9. Sería interesante impulsar las investigaciones de bioacústica subacuática ya que, aparte de la gran importancia que tendrían las mismas en el conocimiento de la conducta de un importante número de especies animales, se podrían obtener beneficios de cara a, por ejemplo, mejores rendimientos pesqueros, acumulación de datos ecológicos de gran importancia, etc.

10. Cualquier estudio etológico de especies que emitan sonidos voluntariamente, que no comporten estudios de bioacústica de los mismos, corren el riesgo de ser incompetentes o dar falsas conclusiones.

#### *Summary*

This work show several research on subaqueous bioacoustic and its importance in the ethology of aquatic animals. Give some generalities about the importance of the sounds emissions in the aquatic animal behavior, and recommends to impulse the research in this field for obtain pure and applicable results.

#### *Agradecimientos*

Al Dr. William A. Watkins de la Woods Hole Oceanographic Institution por facilitarme buena parte de sus trabajos y grabaciones, así como por sus muy estimados consejos. Al Dr. David K. Caldwell, de Florida, por facilitarme copia de algunos de sus trabajos; al Dr. James

N. Layne de la Universidad de Florida, también por sus separatas; al Dr. G. Carleton Ray de la Johns Hopkins University por algunos de sus trabajos; a D. José Angel Rodríguez del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas quien me ayudó pacientemente en la consecución de muchos de los trabajos publicados sobre bioacústica; y a D. Isidro González Urgelles, de Barcelona, por la realización de la casi totalidad del material fotográfico presentado durante la lectura de este trabajo en el Coloquio de Comportamiento Animal de Guadalajara (España), en 1975.

## B I B L I O G R A F I A

MATTHEW, L. H. (ed.):

1969. "The Whale". George Allen & Unwin Ltd., London.

ROMERO, A.:

1973. "Han sido publicados los resultados de la experiencia +Tektite II+".  
El Noticiero Universal (27.103): 8.

ROMERO, A.:

1973. "Las focas y sus extraños sonidos submarinos". Algo (219): 22-24.

ROMERO, A.:

1974. "Delfines y leones marinos: nuevas armas de la guerra submarina".  
Algo (250): 11-13.

SCHEVILL, W. E. & WATKINS, W. A.:

1962. "Whale and porpoise voices". Woods Hole Ocean. Inst. Contr. 1.320.

STENUIT, R.:

1966. "Dauphin mon cousin". Dargaud. París.

WATKINS, W. A.:

1969. "Pop goes the Weasel, Pffff Goes the Whale". Nat. Hist. 78 (5): 20-25.

WATKINS, W. A.:

1966. "Listening to Cetaceans" en "Whales, Dolphins and porpoises" (K. S. Norris, editor). Univ. Calif. Press.

WATKINS, W. A.:

Devices for listening to sounds both in the water an in the solid earth". Scientific American 223 (2): 116-121.