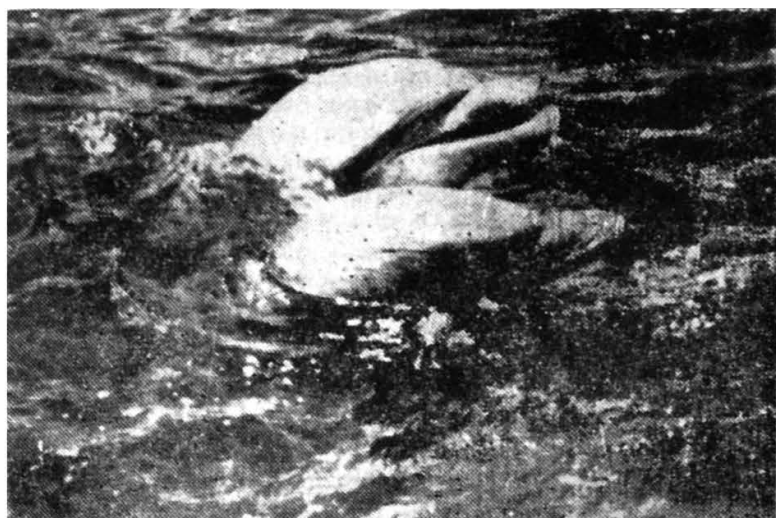




SUS CAPACIDADES ASOMBROSAS

EL DELFIN

SU SONAR

En los delfines, los sonidos son transmitidos mediante impulsos producidos por diversos aparatos, uno de ellos situado en las vías nasales, que disponen de sacos y válvulas internas que permiten probablemente el reciclaje del aire o están dotados de dispositivos vibratorios especiales que todavía no han sido descubiertos.

Estos sonidos serían focalizados en un cono de proyección en la parte redonda de la cabeza situada detrás del "pico" y compuesta por un tejido conjuntivo rico en lípidos. En la beluga, la pequeña ballena blanca, puede observarse claramente el cambio de forma de la cabeza según los sonidos particulares que produce.

El conjunto de ondas sonoras así dirigido, se refleja sobre el cuerpo encontrado y da un eco de retorno percibido por el animal.

No solamente puede este último detectar entonces la presencia de los cuerpos, sino evaluar también en cierta forma su distancia y naturaleza.

El espectro de frecuencia de las señales emitidas se extiende, según las especies, desde 300 a 200.000 Hz y más.

En comparación, la voz humana sólo se extiende aproximadamente entre los 80 Hz, bajos extremos, y los 1.150 Hz, sopranos.

Por H. HERVIEU

Estos son los límites medios; una cantante de ópera, hecho único en la historia del canto, podía alcanzar el re 6, correspondiente a 2.300 hertz.

Un delfín al que le tapan momentáneamente los ojos puede localizar con precisión, gracias a su sonar, una hoja metálica que se deja caer en el extremo de un estanque de 20 metros de largo e hilos metálicos de un diámetro igual a dos décimos de milímetro.

Es así como numerosas experiencias han puesto en evidencia la asombrosa precisión de este sistema de sonar que funciona con una fuente de energía relativamente débil, pero que es muy superior a nuestro sonar mecánico que no puede determinar la naturaleza del blanco.

Entre los cetáceos provistos de dientes, el vocabulario de los que viven en alta mar es más reducido y su sonar menos perfecto que el de los cetáceos costeros. Esto se debe tal vez a las dificultades naturales para la navegación cerca de las costas.

El sonar pasivo, es decir el aparato de escucha, es un descubrimiento relativamente reciente.

Lo que nuestros sabios no habían podido encontrar es practicado desde hace siglos por los nativos de la antigua Costa de Oro.

En efecto, para detectar al oído un cardumen de peces, ellos utilizan una enorme cuchara de madera que hunden en el agua llevando el extremo de su mango al oído. Al hacer girar lentamente la espátula, perciben y localizan los cardúmenes de peces.

Ciertos peces pueden emitir sonidos, generalmente graves, cuya frecuencia varía entre 70 y 300 hertz.

No deberíamos asombrarnos de que el delfín tenga un aparato auditivo muy desarrollado, pues el mundo en que vive no es de paisajes y olores; tampoco es silencioso, por el contrario, es un mundo de ruidos.

No olvidemos, en efecto, la gran facilidad con la que se propagan en el agua las ondas elásticas de baja frecuencia y cómo la explosión de una carga de un kilogramo de pólvora puede poner en vibración una gran parte del Mediterráneo.

El mar palpita con los sonidos naturales de la vida submarina.

Los aparatos que la Armada de Estados Unidos había colocado a lo largo de sus costas para detectar los submarinos alemanes durante la última guerra pusieron en evidencia una considerable cantidad de ruidos.

Actualmente, entre los ejemplos clásicos se cita la alerta dada en la desembocadura del Potomac que conduce a Washington.

Los altoparlantes de las estaciones de escucha resonaron "como cientos de martillos neumáticos demoliendo el pavimento".

No eran submarinos, sino millones de peces crujidores que volvían a la bahía después de haber desovado en alta mar.

Hacen este ruido con sus vejigas natatorias, vibrando bajo la acción de músculos especiales. Por lo demás, no son los únicos peces que actúan así. Se sabe, por ejemplo, que los bacalaos "gruñen" de esta manera.

Algunos peces hacen ruido con sus aletas natatorias y otros, incluso con sus dientes.

También están los ruidos emitidos por los crustáceos. El camarón pistola produce un ruido muy breve que dura milésimos de segundo, probablemente cerrando sus pinzas. Este ruido es muy intenso y así fue como un banco de estos camarones puso en estado de alarma a la flota americana del Pacífico durante la Segunda Guerra Mundial.

EL DELFIN Y LA FUNCION AUDITIVA

El delfín no posee oído externo. Este órgano es reemplazado por un tubo muy fino que se abre a flor de piel detrás del ojo y está dispuesto transversalmente en el interior del cráneo del animal, llegando hasta el tímpano.

El cerebro del delfín muestra la importancia de la audición. Contrariamente al cerebro humano, es más ancho que largo, pues las partes que reciben e interpretan las señales sonoras, localizadas a los costados, son mucho más grandes.

Aunque su caracol tiene, más o menos, la misma talla que el del hombre, el nervio acústico es mucho más voluminoso y puede transmitir más pulsaciones por segundo que el nervio auditivo humano, pues las fibras acústicas son muy numerosas y de dimensiones desusadas en estos mamíferos.

Los estudios sobre los mecanismos fisiológicos puestos en juego en los sistemas de sonar de los delfines y sobre sus capacidades funcionales prosiguen activamente ya que su conocimiento presenta un gran interés teórico.

En un tiempo dado, nuestro sonar emite sobre una sola frecuencia con una longitud de onda muy débil.

El sonar de los delfines proyecta, en un tiempo asombrosamente breve, señales de frecuencias muy variadas que van desde las bajas frecuencias hasta los ultrasónicos.

Así es como en un milésimo de segundo, límite de tiempo de reacción de los músculos, el tursión (*) emite en un espectro de frecuencia muy grande componentes frecuenciales de máxima intensidad que se sitúan entre los 20 y 100 KHz, variando la frecuencia de repetición de los "Clicks" entre 10 y 400 Hz.

Gracias a esta gran diversidad en la gama de los sonidos emitidos, cuando está sumergido, el delfín recibe una variedad de informaciones que actualmente siguen siendo inaccesibles para el hombre.

Los sonidos de baja frecuencia son propicios para las detecciones a larga distancia. Los sonidos de frecuencias elevadas, a corta distancia, permiten una mejor descripción de los detalles.

En 1947, E. F. Mc Bride, entonces administrador de los Estudios Marinos en Marineland, Florida, sugirió que los delfines probablemente podían ubicar los objetivos por eco-localización.

El Dr. Kellog, que desde 1950 puso en evidencia la existencia del sonar de los delfines, probando así lo que Mc Bride había conjeturado, ha demostrado que pueden distinguir peces de distintos ta-

maños a la distancia y que pueden escoger, con los ojos tapados, peces de especies diferentes: caballa, lisa, merluza, etc. a los que son aficionados en mayor o menor grado y también que pueden distinguir sin vacilación un verdadero pez de una bolsa de plástico llena de agua con forma de pez.

Su sonar les indica no solamente la distancia sino también la forma y las características del objeto sobre el cual rebotan los sonidos.

¿Cómo puede reconocer el delfín la naturaleza del objeto que detecta?

Veamos primero qué le ocurre al hombre cuando reconoce algún sonido.

El timbre es la cualidad del sonido que nos permite identificar los instrumentos y las voces.

Se construyen analizadores de frecuencias que dan el resultado del análisis bajo la forma de un cuadro llamado "Espectro de Frecuencia" o "Espectro Sonoro".

El espectro de frecuencia indica no solamente cuáles armónicas existen en la vibración, sino también sus intensidades relativas.

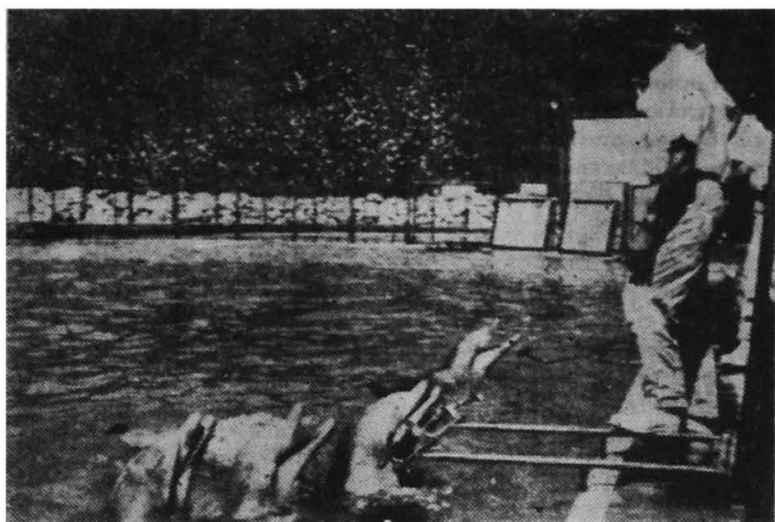
Se puede demostrar que el timbre de un sonido sostenido depende solamente del espectro de frecuencia, no de la forma de la vibración.

La síntesis de los timbres se realiza fácilmente produciendo las vibraciones bajo la forma de corrientes alternas de frecuencias apropiadas que uno combina en un mismo circuito para transformarlas en ondas sonoras: el timbre obtenido depende de la intensidad de cada armónica, pero no de la fase ni, por consiguiente, de la forma general de la vibración.

Para mayor claridad designemos por N la frecuencia de la nota musical que queremos dar. Las armónicas sucesivas tienen las frecuencias $2N$, $3N$, $4N$, etc.

Si todas las vibraciones armónicas empiezan al mismo tiempo, se dice que están en concordancia de fase y la vibración compleja tiene entonces cierta forma. Desfasando, es decir adelantando o retrasando una o varias de las componentes, lo que es fácil cuando están representadas por corrientes eléctricas, se modifica la forma de la vibración compleja pero el timbre sigue siendo el mismo.

(*) Cetáceo perteneciente a la familia de los delfínidos.



Generalmente este resultado es expresado de la siguiente forma: "El oído es insensible a las diferencias de fase", conocida con la designación de Ley de Ohm, célebre físico que la descubrió y a quien se debe también, pero en electricidad, la ley fundamental que lleva su mismo nombre.

Hacemos notar que esta misma ley, bajo esta forma, no es del todo exacta, ya que la diferencia de fase desempeña un papel de audición biauricular en la orientación auditiva, y de audición monoauricular en el fenómeno de las pulsaciones.

Fisiológicamente puede decirse que no hay sonidos complejos, sino agrupamientos de sonidos puros cuya composición es indicada por los espectros de frecuencias.

Hay que agregar que el espectro sonoro de un sonido sostenido no basta para explicar el timbre de un instrumento, pues caracteriza al sonido en su estado estacionario, pero no en su período de establecimiento.

Las vibraciones del período de establecimiento del sonido, en que las intensidades relativas de las diversas armónicas varían continuamente, o sea, durante el cual el espectro sonoro se modifica constantemente, se llaman fenómenos transitorios. Estos se producen también con motivo de cualquier modificación del sonido y juegan un papel determinante en la realización del timbre.

Los registros sobre bandas magnéticas son excelentes para hacer experimentos a este respecto, permiten registrar los sonidos fijos producidos por diversos instrumentos y eliminar los transitorios. Los sonidos instrumentales a los que se les ha cortado así la cabeza y la cola son difíciles de distinguir.

Llegamos así a la conclusión de que el timbre de la música y la voz no solamente es determinado por un espectro sonoro de estado estacionario, sino también por los procesos transitorios de ataque y extinción de las vibraciones sonoras.

Pero para que un sonido sea percibido y apreciado correctamente en intensidad y altura por el hombre es preciso que tenga cierta duración mínima de $1/10$ de segundo. Parece que este lapso es de $1/1.000$ de segundo en los tursiones.

Cabe destacar además, que el poder resolutivo del oído tanto para los delfines como para los hombres, aumenta con la frecuencia, es decir, que el intervalo menor mediante el cual puede resolverse un acorde en sus constituyentes se reduce a medida que la frecuencia aumenta, y que los ruidos dan al hombre una mejor orientación auditiva que los sonidos puros.

En detección submarina, el delfín emite "clicks", es decir conjuntos muy breves de sonidos complejos. Por lo tanto sólo usa emisiones sonoras en períodos transitorios, que son las que le darán una mayor información.

Esta forma de operar del delfín revoluciona nuestras costumbres de detección submarina, en que estamos habituados a emitir sonidos de una frecuencia determinada para la eco-localización y nos resultaría difícil por lo demás actuar de otra manera.

Supongamos que el delfín recibe el eco de uno de sus clics proveniente de un pez. El espectro sonoro del clic refleja-do de un pez de una determinada especie a uno de otra especie y dentro de una misma especie, según el tamaño, diferirá del espectro sonoro del clic incidente. En efecto, si el pez es pequeño serán sobre todo las vibraciones de poca longitud las que se reflejarán.

Además, a igual tamaño, si en primera aproximación asimilamos el pez a una lámina de lados paralelos, en incidencia normal el coeficiente de reflexión será función de la impedancia acústica del interior del pez, de su densidad y de la longitud de onda de la onda sonora considerada. Como muchos peces poseen una vejiga natatoria, algunos autores los tratan en primera aproximación como "vejigas esféricas".

Asimismo, por un fenómeno de excitación de vibraciones propio de la pared reflectante o de la vejiga natatoria, por ejemplo, el espectro sonoro del clic de retorno podría contener frecuencias que no existían en el clic emitido.

Entonces, al igual que podemos reconocer a una persona únicamente por su voz, más precisamente por la imagen sonora de ésta cuyo recuerdo hemos conservado, podemos pensar que el delfín reconoce la naturaleza de los blancos sobre los cuales ejerce su sonar, por las imágenes sonoras memorizadas que le dan sus blancos.

Cada blanco tiene así para el delfín, su filiación sonora.

Tal es, creo, una de las hipótesis que se ha podido formular y que todavía habría que verificar, para explicar la razón por la cual el delfín puede identificar el objeto detectado.

EL DELFIN Y LA ARMADA DE ESTADOS UNIDOS

Bajo el impulso de las Oficinas de Investigaciones Navales y de las grandes

compañías industriales, Estados Unidos inició en 1960 un amplio programa de investigaciones sobre los delfines.

Unidades de la Armada de Estados Unidos se han especializado en las investigaciones sobre este cetáceo con miras a su utilización en la guerra submarina, basándose en sus notables capacidades sico-fisiológicas y en la facilidad de su adiestramiento.

En 1965, los investigadores de la Unidad Delfín de la Armada de Estados Unidos empezaron a trabajar en mar abierto con sus delfines adiestrados y convertidos en guardianes, perros de caza y animales de tiro.

Es fácil imaginar, sin penetrar en los secretos militares, lo que puede pedírseles a estos animales: remolcar bombas, ayudar a los equipos de demolición submarina, vigilar determinados puntos sumergidos, detectar minas y submarinos, transportar cargas explosivas, etc.

Diríamos también que se ha contemplado entrenar a los delfines para matar a los nadadores de combate enemigos, tal como se entrena a los perros policiales para atacar a los vagabundos.

Con motivo de las experiencias de vida prolongada bajo el mar el año 1965 en Estados Unidos, frente a California, el enlace entre la superficie y los refugios bajo el mar lo realizaba un equipo de delfines de la Armada de Estados Unidos que transportaban los mensajes y las cargas.

¿SE INTERESA FRANCIA EN EL DELFIN?

En Francia, el Sr. Busnel, Director del Laboratorio de Fisiología Acústica del Instituto Nacional de Investigación Agronómica, fue el primero en emprender investigaciones sobre el delfín con la colaboración del Sr. Dziedzic y la ayuda de un pequeño equipo.

Contando con el apoyo intermitente de diversos organismos, el Sr. Busnel trabajó principalmente en el Mediterráneo y el Báltico, donde abrió un laboratorio de estudios de la marsopa. Por falta de presupuesto regular, este laboratorio fue transferido a fines de 1964 a la Universidad de Copenhague y desde entonces los trabajos franceses se limitan a las observaciones en el mar.

Puesto que el delfín es un animal de laboratorio del más alto interés y cuyo estudio desemboca en problemas de fisiología en el mar, hidrodinámica, sicofisiología animal, vocalización, lenguaje, etc., entonces, su utilización en el dominio de la Armada no puede ser subestimada.

Se está instalando un laboratorio de estudio de los delfines en el Centro de Estudios y de Investigaciones Científicas de Biarritz, y el Centro Nacional de Estudios de Telecomunicaciones de Lannion proyecta la construcción de un estanque a fin de emprender investigaciones sobre el lenguaje de los delfines.

Así, pues, parece que Francia se interesa en los delfines, ¿pero le asigna a este sector de investigación el lugar que se merece?

Creemos que fuera de la utilización militar la pesca podría sacar provecho de un programa de investigaciones sobre estos animales, contemplando su empleo para detectar, reunir y señalar bancos de peces e incluso rebaños de ballenas.

Los delfines, como todos los demás cetáceos, todavía son masacrados en casi todo el mundo. Pero en 1966, la caza y destrucción de los delfines en la Unión Soviética están expresamente prohibidas por ley, por el interés de la ciencia y "a causa de la asombrosa adhesión de estos

animales para con el hombre y porque pueden considerarse como enormes las perspectivas de colaboración de los delfines con el marino", según el Dr. Serguei Kleinenberg, especialista en delfinología.

He aquí que gracias a los descubrimientos de la ciencia nos encontramos en el umbral de una nueva era cuyos aspectos atómico y espacial tienen más resonancia por el momento, pero que tal vez podría llevar el nombre de era oceánica y en la cual, por estar la naturaleza más profundamente comprendida y domada, continentes y océanos pondrían toda su energía a nuestro servicio.

Según la fórmula célebre, sólo nos queda vencer.

Raras son las realizaciones que no exigen primero una parte de sueños. Pero para que se vuelvan fecundas, nuestras meditaciones deben basarse en realidades sometidas al control de la razón. Esto es un hecho en lo que se refiere al delfín, amigo y servidor del hombre.

En la era oceánica, la clave del mundo de los delfines estará a disposición de la Humanidad.

¡Ojalá podamos entonces hacer buen uso de ella!

(Extractado del artículo del mismo nombre publicado en la "Revue Maritime", de Febrero de 1970).