

## Influencia del ruido sobre el comportamiento de los delfines

Albert Lopez, Robert Barti  
Departamento de Acústica. Ingeniería La Salle  
Universidad Ramon Llull. Barcelona  
e-mail: robert@els.url.es

In the aquarium of Barcelona Zoo, three females Bottlenose dolphins (*Tursiops Truncatus*) were exposed to a high level of noise meanwhile their tank was repaired. In order to assess the influence of the mechanical machines operating near the tank, the noise was simultaneously recorded with an accelerometer and a hydrophone. Three ethological variables were analyzed: grouping, swimming speed and breathing synchronization. After some measurements different comportement of dolphins were observed during reparation time. At this moment we can't know what is exactly the cause. Two causes are suggested: first one, the high levels of noise in the tank, really produces disturbance in the dolphins. Secondly, the noise was very strange for dolphins, who never hear the noise before.

### Introducción

Los delfines que viven en cautividad están sometidos a un ruido constante que no es el mismo que podrían encontrar en su hábitat natural. El ruido en el interior de un tanque es muy distinto al ruido de fondo que existe en el medio marino. Este trabajo pretende cuantificar el ruido al que están sometidos estos mamíferos y compararlo con el que existe en el mar. Posteriormente, y aprovechando unas reparaciones que se hacían en el tanque se analizó el tipo de ruido, y el comportamiento de los delfines. Se daba la circunstancia nada usual, de que unos meses antes de las pruebas nació un delfín (Vicky). Esto impidió el traslado de los animales para realizar los trabajos de reparación del tanque. Teníamos pues una oportunidad para estudiar el comportamiento de delfines recién nacidos junto con individuos más familiarizados con el ruido ambiental.

### El oído de los delfines

El sistema auditivo de los cetáceos está bien adaptado al medio marino. No poseen pabellón auditivo y su función la realizan los tejidos que se extienden por la parte inferior de la mandíbula, que actúan como unos buenos adaptadores de impedancias. El oído interno presenta una densidad de células ciliadas entre 2 y 3 veces superior a la del oído humano. Esto permite a los delfines tener unas prestaciones acústicas impresionantes que les permite detectar múltiples fuentes, procesar señales en paralelo, y un margen y una discriminación frecuencial, muy superior al oído humano. Perceptivamente los delfines responden a los tonos puros de forma similar a como lo hacen los seres humanos. Las principales características acústicas del oído de un delfín se detallan en la tabla siguiente:

Sensibilidad máxima	42 dB (re 1 $\mu$ Pa)
Frecuencia de máxima sensibilidad	15-110 KHz
Frecuencia máxima audible	150 KHz

Los delfines emiten diferentes señales para comunicarse con sus semejantes. Estas señales son una serie de tonos de diversas frecuencias y amplitudes. También emiten "clics", que son señales de muy corta dura-

ción, y que les permite, mediante eco-localización, reconocer el entorno en aguas con poca o nula visibilidad. Los delfines viven formando diferentes grupos. También hay diferentes clases de delfines. La cuestión que nos proponemos es averiguar si entre diferentes grupos de delfines existen diferentes lenguajes de comunicación. Es necesario pues grabar las señales emitidas por los delfines y posteriormente clasificarlas. Nos encontramos con la dificultad de comunicación hombre-delfin.



Figura 1

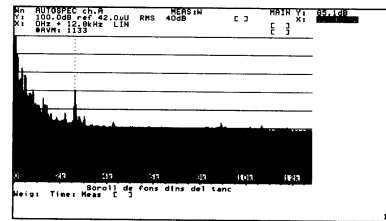


Figura 2

En la figura 1 podemos ver un sonograma de un silbido emitido por un delfin. Se observa tanto modulación de amplitud como modulación en frecuencia. El tono emitido es muy puro. Esta señal es de comunicación entre delfines. Mantener el delfinario en condiciones ideales para los delfines es difícil ya que el agua debe ser constantemente regenerada. Por ello es necesario la existencia de bombas que impulsan el agua hacia la piscina. Diversas turbinas se encargan de hacer circular el agua dentro del tanque. Además diversos sistemas de cloración son necesarios para garantizar una limpieza y unas paredes del tanque libres de algas. Las bombas que impulsan el agua, son las principales causantes del ruido que existe como se ve en los resultados.

#### Mediciones

Las medidas se han llevado a cabo en el delfinario Acuarama del Zoológico de Barcelona. Para captar la señal de ruido de fondo se ha utilizado un hidrófono Brüel & Kjaer tipo 8103 calibrado con un calibrador Brüel & Kjaer tipo 4223. Las señales se han amplificado mediante el amplificador de carga Brüel & Kjaer tipo 2635 y han sido grabadas en DAT para su posterior análisis en el laboratorio mediante el analizador de espectros Brüel & Kjaer tipo 2035. Ambas señales se graban simultáneamente en el DAT. Los resultados obtenidos se pueden ver en las gráficas que se muestran a continuación. Hay que señalar que una de las paredes de este tanque, tiene tres ventanas por las que es posible ver los delfines dentro del agua. Estas aberturas permiten que el ruido aéreo en la sala pueda entrar en el agua. Por este motivo, los delfines están familiarizados con los sonidos de las personas que observan sus movimientos al otro lado del cristal.

En la figura 2 se muestra el ruido de fondo con las bombas apagadas. Se puede apreciar un pico a 2 KHz producido por las turbulencias de agua al pasar los delfines muy cerca del hidrófono. Se observa un ruido con un contenido principalmente de baja frecuencia. Los niveles globales de ruido se muestran en la siguiente tabla. Además se han añadido otros niveles de ruido que pueden ser representativos como el ruido que hay en mar abierto y en otro delfinario del mismo zoológico.

NIVELES DE RUIDO	dBA re 1μPa	dB re 1μPa
Nivel de ruido ambiente	98,4	98,9
Nivel de ruido con la maquinaria encendida	126,5	131,3
Nivel de ruido en zona cercana a la costa	90	-
Nivel de ruido en zona alejada de la costa	72	-

El ruido ambiente global sin las bombas es unos 26 dB superior al obtenido en condiciones de mar abierto, debido principalmente a las ventanas de observación y a la reverberación del tanque. Con el ruido de las bombas, el nivel se sitúa en torno a los 126 dB. Respecto del nivel de ruido en mar abierto, tenemos

un incremento de 54 dB. Dado que este ruido es permanente las 24h del día, parece que dicho ruido podría ser perjudicial para los delfines.

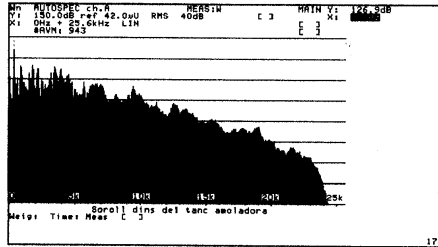


Figura 3

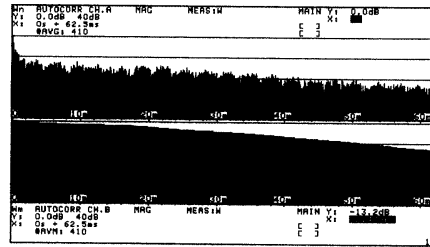


Figura 4

En la figura 3, se observa la banda de ruido generada por la amoladora. Las ondulaciones que se pueden observar a 4 KHz, 6,5 KHz, y 9,5 KHz, se deben a las irregularidades en el corte del disco sobre la superficie de acero del tanque. El nivel de ruido con la amoladora es notablemente más alto, se obtienen unos niveles de 142 dB. La cuestión es saber si este ruido puede ser o no importante para los delfines. Diversas pruebas documentadas indican que asegura un 100% de mortalidad con presiones de 30 Kpa. (209,5 dB). Se acepta que una presión entre 0,5 y 1 Kpa (180 dB), produce serios problemas auditivos. Las dos señales procedentes del hidrófono y del acelerómetro se comparan en la figura 4, donde podemos ver la autocorrelación de ambas señales. La procedente del acelerómetro, en la parte inferior, es mucho mejor que la procedente del hidrófono, a causa de la reverberación del tanque.

En la gráfica 5 podemos ver el nivel de ruido de fondo en diferentes situaciones. Averiguar exactamente qué y como perciben el ruido los delfines, es una tarea hoy por hoy muy difícil. Con la ayuda de los entrenadores y mediante diversas técnicas se puede hacer que un animal reacciones de diversas formas ante diferentes estímulos. Con el ruido de la amoladora en el tanque se pudo estudiar el comportamiento respiratorio de los delfines ante la presencia de un ruido extraño para ellos. La medida de la variable conductual se hizo mediante una hoja de registro. En intervalos de 15 minutos se tomaba nota de la frecuencia de respiración de los diferentes sujetos. A estos datos se le añadieron los relativos a la formación de grupo o no, y la velocidad de natación. Todas las observaciones fueron realizadas desde la superficie. No solo se tuvo en cuenta la frecuencia de respiración, sino que se analizó la sincronización. Se considera respiración sincronizada cuando los individuos la realizan en unos intervalos no superiores a 2 segundos.

Se consideró que dos o más sujetos forman un grupo cuando están a menos de 2m de distancia entre ellos. En caso de desplazarse, lo deben hacer en el mismo sentido y dirección. Hay que destacar que el tanque de forma circular, presenta una corriente de agua circular lo que obliga a los delfines a dedicar el 80% del tiempo a conductas de desplazamiento.

De los registros efectuados se puede deducir que la influencia del ruido de fondo sobre el patrón de respira-

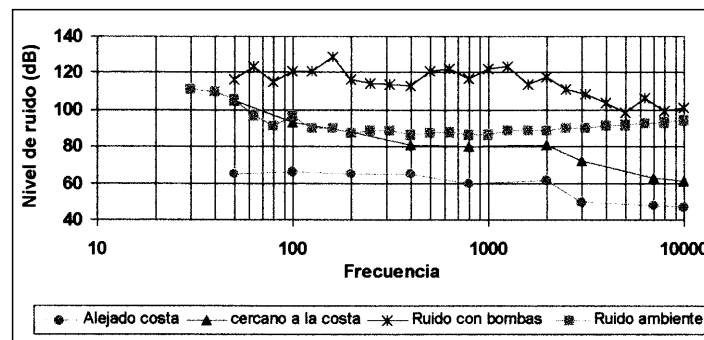


Figura 5

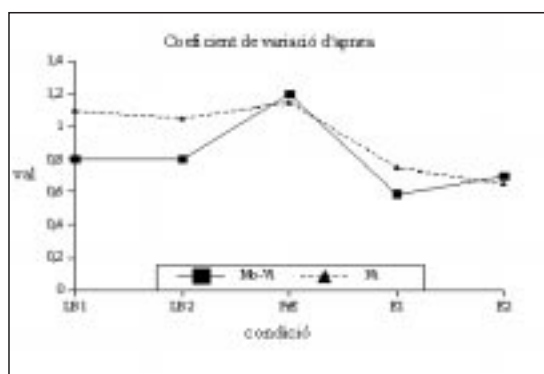


Figura 6

ción es claro. Cuando los delfines están “sin ruido”, su patrón de respiración es muy regular. Muestran periodos de apnea largos, y periodos de apnea cortos y muy seguidos. Sin embargo con un fuerte ruido, se observa que la respiración es más regular, con periodos de apnea muy cortos, al igual que los periodos de respiración. Se puede observar también que el comportamiento conductual de los tres individuos analizados, es muy similar. Estadísticamente no se puede demostrar de una manera clara que el ruido induce al “stress” en los delfines, ya que sería necesario disponer de más datos con más individuos. La dificultad radica en el hecho de que el número de individuos en un mismo tanque es limitado por razones de espacio.

Una vez analizados los resultados de las mediciones con los delfines en cautividad, se hizo una salida de tres días a alta mar. Concretamente se salió hacia el golfo de León y a unas 30 - 50 millas de la costa. El objetivo era grabar señales de mamíferos, ballenas, delfines, y también del ruido de fondo. Para grabar la señal y poder llegar a cubrir olgadamente el margen frecuencial de los delfines, no se disponía de ningún aparato. El sistema DAT sólo cubre la banda de 20 KHz. Hay en el mercado sistemas analógicos que pueden llegar a los 100 KHz pero son muy caros y no es nada recomendable llevarlos a alta mar. Para ello se ha desarrollado en nuestro laboratorio, un sistema basado en un video doméstico, el cual ofrece unas características muy brillantes. La respuesta en frecuencia se extiende más allá de los 200 KHz, y además, como utiliza cintas de video, la grabación es de bajo coste. La cinta de video permite grabar hasta 3,5 h. La alimentación se hizo con batería a fin de tener un sistema totalmente autónomo. Una dificultad con la que nos encontramos en alta mar, es que el mismo ruido del barco nos enmascaraba el ruido de fondo del mar. El hidrofono estaba a 1 m de profundidad y aproximadamente a unos 3 m del casco del barco. El Rafael Verdera, barco del 1847, está realizado enteramente en madera. A pesar de navegar a vela, el crujir de los mástiles nos impedía amplificar la señal suficientemente para recoger el nivel de ruido de fondo en alta mar. Esto nos impide poder ofrecer una gráfica del ruido de fondo medido con un mínimo de garantías.

En la figura 6 podemos ver los coeficientes de variación (DS/Promedio) de los tiempos de apnea de cada registro. Como podemos ver la diferenciación entre los períodos pre-estimulación, y estimulación no son muy altos. Los métodos estadísticos lineales no parecen aportar datos que sean significativos. Ahora bien, si se estudian simultáneamente todas las variables, sí que se observa una clara diferenciación del comportamiento de los individuos entre los períodos de pre-estimulación y estimulación.

### Conclusiones

El nivel de ruido constante dentro de los tanques de agua es moderadamente elevado, aunque hay que tener en cuenta que éste ruido es constante las 24 h. del día, y por consiguiente su nocividad puede ser notable. Los delfines en su medio natural tienen un ruido unos 54 dB inferior al que tienen en los delfinarios. Es necesario pues, intentar reducir notablemente el ruido en los tanques de agua, y también lograr medios más anecoicos, aunque procurando que los delfines puedan “reconocer” acústicamente las paredes. Ante un ruido extraño nunca escuchado con anterioridad por los delfines, éstos reaccionan mostrando un comportamiento diferente, aunque los análisis estadísticos lineales no reflejan bien este hecho. La reacción ante un ruido de nivel muy elevado puede ser motivado por el nivel en sí, o bien por la “extrañeza” del ruido, ya que nunca antes, los delfines habían oído este ruido.