



COMPORTAMIENTO ACÚSTICO DE LAS BELUGAS DE L'OCEANOGRÀFIC

PACS: 43.80.Ka

Castellote, Manuel; Fossa, Fulvio; Esteban, Jose Antonio
Parques Reunidos Valencia. Dpto. Investigación. L'Oceanogràfic. Ciudad de las Artes y las Ciencias.

C/ Junta de Murs i Valls s/n

46013 Valencia. España

Tel: 961 975 500

Fax: 961 975 510

E-mail: investigación@oceanografic.org

ABSTRACT

Since 2003, L'Oceanogràfic is studying the acoustic behaviour of 2 beluga whales (*Delphinapterus leucas*) as a long-term project. Final objective is the analysis of the acoustic pollution effect on beluga whale communication. First phase of the project is accomplished, obtaining the vocal repertoire and ethogram of both belugas. The comparison of these datasets demonstrated the use of context-specific vocalizations. The analysis of the acoustic behaviour in beluga whales proves to be an effective method to monitor stress level and adaptations to environmental changes.

RESUMEN

L'Oceanogràfic estudia el comportamiento acústico de 2 belugas (*Delphinapterus leucas*) desde 2003 como parte de un proyecto de largo plazo. El objetivo final del proyecto es el análisis del efecto de la contaminación acústica en la comunicación de las belugas. Se ha finalizado la primera fase del proyecto, obteniendo el repertorio acústico y el etograma de ambos animales. La confrontación de ambos tipos de datos ha permitido demostrar la correlación entre vocalizaciones y comportamientos específicos. El estudio de la actividad acústica demuestra ser un método útil para evaluar y controlar el bienestar de las belugas ante cambios en su medio.

INTRODUCCIÓN

El Departamento de Investigación de L'Oceanogràfic de la Ciudad de Las Artes y Las Ciencias de Valencia inició su actividad en 2002 con un proyecto dedicado a la bioacústica de las belugas (*Delphinapterus leucas*). El proyecto de largo plazo se divide en dos etapas, la 1ª de carácter observacional, se ha finalizado en 2006. La 2ª de carácter experimental se ha iniciado en 2006 y se extenderá hasta finales de 2007. Esta comunicación incluye la metodología y resultados obtenidos durante el periodo 2002-2006 abarcando la primera etapa del proyecto.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

- 1- Conocimiento detallado del comportamiento acústico de las 2 belugas mantenidas en las instalaciones de L'Oceanografic.
- 2- Análisis del efecto de la contaminación acústica en la comunicación de las belugas.
- 3- Análisis de la viabilidad de dispositivos acústicos de detección en belugas.

MATERIAL Y MÉTODOS DE LA 1ª ETAPA

Se realizaron registros de sonido y vídeo de 50 minutos de duración siguiendo un muestreo semanal de 3 sesiones en horario aleatorio entre las 7:00 y las 21:00 cubriendo 3 franjas horarias: mañana (07:00-11:45), mediodía (11:45-16:15) y tarde (16:15-21:00). Además se realizaron 10 sesiones aleatorias entre las 21:00 y las 07:00 con el fin de explorar el comportamiento nocturno.

Se utilizó un hidrófono fijo a 4 m de profundidad Brüel&Kjaer modelo 8103 (sensibilidad: -211 dB re 1 V/ μ Pa \pm 2 dB, rango de respuesta: 0.1 Hz to 100.0 kHz +1.0/- 6.0 dB) conectado a un amplificador y acondicionador de carga Brüel&Kjaer modelo Nexus 2690 (filtros de paso: 10.0 Hz – 80.0 kHz, ganancia: 0 a 80 dB). La señal amplificada y acondicionada se digitalizó en tiempo real a 24 bits / 192 kHz (filtro Nyquist: 80.0 kHz) por medio de un interfaz Roland Edirol modelo FA-101 conectado por Firewire a un ordenador portátil (procesador 2.5 GHz Intel Pentium IV, 1GB RAM). Los archivos obtenidos se almacenaron en DVD-Rs para su posterior análisis.

Para el análisis se utilizó el programa Adobe Audition 1.5 generando espectrogramas (ventana tipo Hanning, Transformada Rápida de Fourier a 512 muestras, solapamiento del 50%) para su inspección visual y acústica. Las vocalizaciones detectadas se clasificaron en diferentes tipos en función de sus características acústicas, siguiendo un protocolo obtenido tras la revisión bibliográfica disponible hasta la fecha actual. Se calculó la tasa de vocalización de las belugas para cada semana, siendo ésta el valor medio de vocalizaciones por hora de las 3 sesiones semanales. Se analizaron posibles variaciones en la tasa de vocalización semanal utilizando el estadístico ANOVA de 1 vía y tests post-hoc.

El comportamiento se registró en vídeo de forma simultánea al registro de sonido siguiendo muestreo focal continuo (Altmann, 1974). Se utilizó una cámara de vídeo digital formato miniDV Sony DSR-PD150P situada frente a las ventanas de visión submarina de las instalaciones. El sonido captado por el equipo de acústica se envió por radio utilizando un transmisor/receptor Sennheiser EW-300 (rango de respuesta: 40-18000 Hz) para obtener imágenes de vídeo sincronizadas con el sonido. Para el análisis, las sesiones de vídeo se procesaron con los programas VLC versión 0.7.2 de Videolan y Zoom Player versión 4.50 de Inmatrix con el fin de identificar y clasificar visualmente todos los tipos de comportamiento observados.

Se aplicó un análisis de correlación mediante una tabla de doble entrada utilizando el estadístico χ^2 con el fin de identificar asociaciones entre comportamientos y vocalizaciones.

RESULTADOS

Se ha finalizado la primera etapa del proyecto obteniendo los resultados que completan el primer objetivo. Para la clasificación de vocalizaciones, se elaboró un esquema de 7 categorías que se muestra en la figura 1.

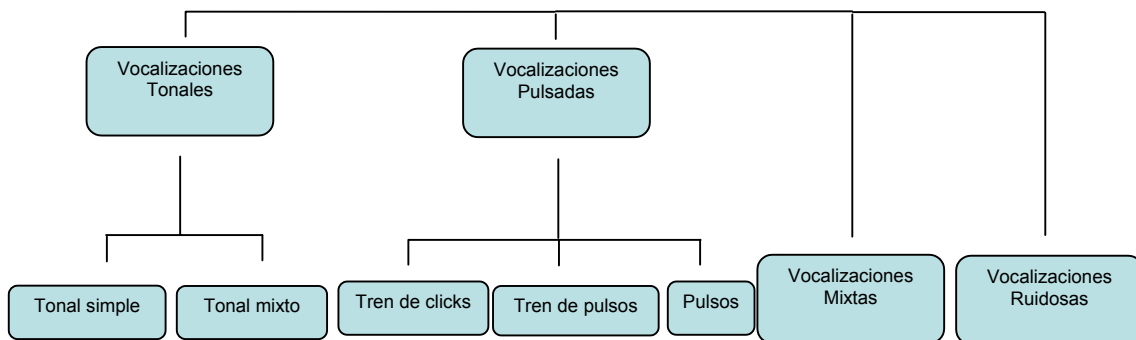


Figura 1: Esquema de categorización de vocalizaciones de beluga, con 7 categorías de diferente estructura acústica, obtenido tras la revisión de toda la bibliografía existente hasta la fecha.

Se registraron, identificaron y clasificaron un total de 43.354 vocalizaciones a lo largo de los 3 años de muestreo. El 97 % de los sonidos registrados fueron identificados dentro de las 7 categorías, obteniendo un total de 32 tipos de vocalizaciones que configuran el repertorio acústico de ambas belugas. Los espectrogramas de cada uno de estos tipos se muestran en la figura 2.

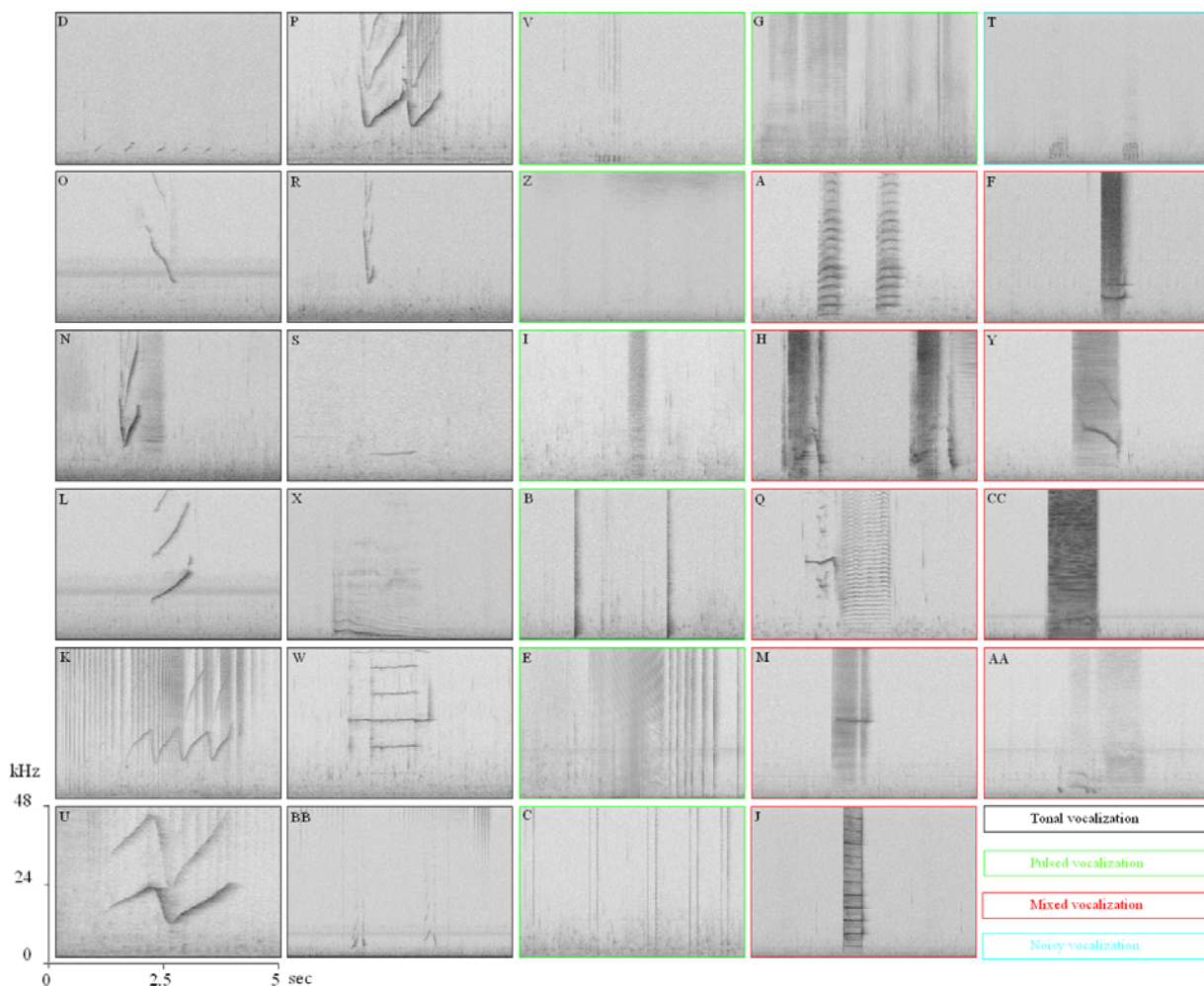


Figura 2: Espectrogramas (0-5 segundos, 0-48 kHz, ventana tipo Hanning, Transformada Rápida de Fourier a 512 muestras, solapamiento del 50%) de los 32 tipos de vocalizaciones identificadas en el repertorio de las 2 belugas mantenidas en L'Océanogràfic.

Se obtuvieron variaciones significativas en la tasa de vocalización semanal durante las 4 semanas posteriores a la llegada de los animales a las instalaciones de L'Oceanogràfic, así como las 2 semanas posteriores a la introducción de 4 focas comunes (*Phoca vitulina*) en las mismas instalaciones con fines de enriquecimiento ambiental. La figura 3 muestra los diagramas de cajas del valor medio y error estándar de la tasa de vocalización calculada para las semanas correspondientes con el transporte de las belugas y la figura 4 muestra los diagramas de cajas del valor medio y error estándar de la tasa de vocalización calculada para las semanas de introducción de las focas.

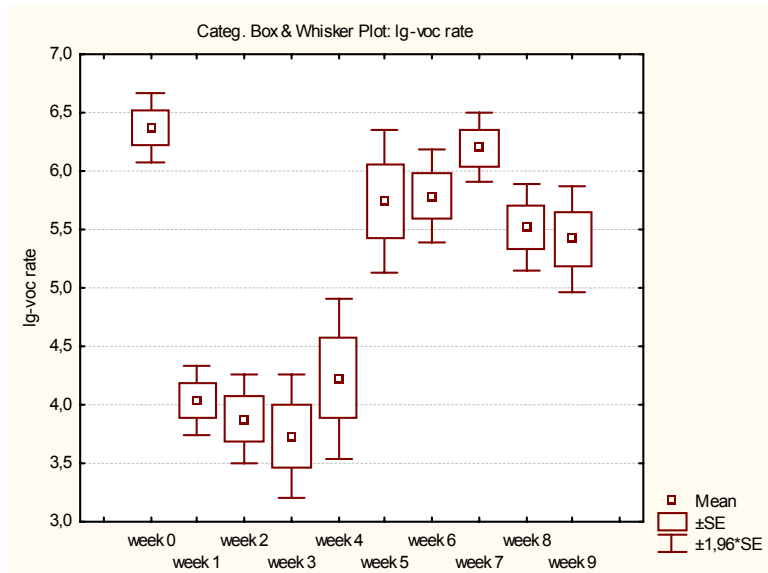


Figura 3: Diagrama de cajas del valor medio y error estándar de las tasas de vocalización semanales de los datos obtenidos en Mar del Plata Aquarium (week 0) y las primeras 9 semanas en L'Oceanogràfic (week 1-9) tras el transporte. Nota: los datos se han transformado logarítmicamente para ajustarlos a la distribución normal.

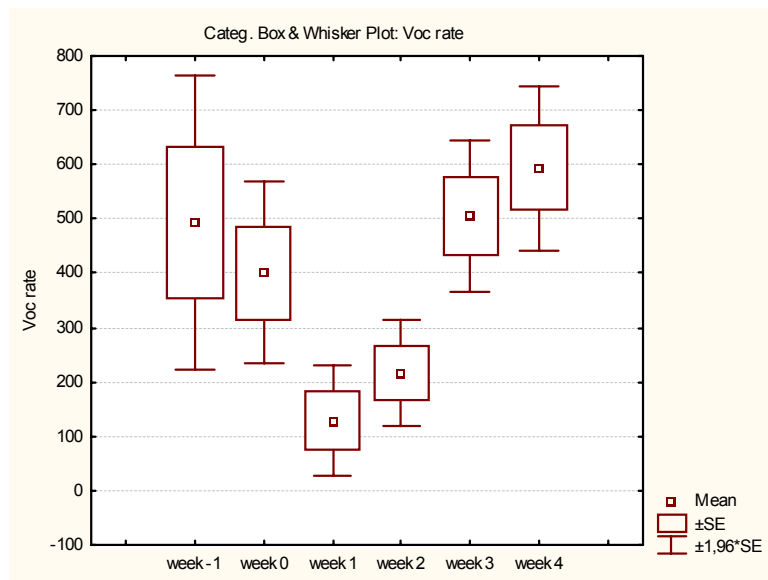


Figura 4: Diagrama de cajas del valor medio y error estándar de las tasas de vocalización semanales de los datos obtenidos durante las 2 semanas previas (week -1 y 0) y 4 semanas posteriores (week 1-4) a la introducción de 4 focas comunes en las instalaciones.

Para la clasificación de comportamientos, se obtuvo un etograma de 4 categorías de Comportamiento incluyendo 50 eventos/estados siguiendo estudios similares en otras especies de odontocetos.

El análisis de correlación demostró una asociación significativa entre 5 tipos de comportamiento y 10 tipos de vocalizaciones. La correlación se muestra en la tabla 1.

BEHAVIOUR	A	B	D	E	F	G	I	J	Y	Z
Agressive	0,6	32,2	5,4	6,0	18,7	1,0	8,2	5,7	2,1	5,5
Keeper interaction	32,1	7,7	1,9	6,8	3,2	1,4	6,7	1,1	5,2	17,9
Visitor interaction	0,0	13,2	0,4	7,9	0,0	7,0	51,7	0,0	0,4	12,8
Stereotipy	21,5	4,0	4,0	14,1	2,3	0,0	1,1	0,0	2,8	40,7
Seal interaction	20,7	23,7	0,4	5,6	7,8	15,1	7,8	1,7	1,7	9,5

Tabla 1: Resultados del estadístico Chi2 para los porcentajes de correlación entre tipos de vocalizaciones (A-Z) y tipos de comportamiento (agresivo, interacción con entrenadores, interacción con visitantes, estereotipia, interacción con las focas). Los valores en rojo = $p < 0,05$.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A pesar del efecto de cautividad, la pareja de belugas mantenida en las instalaciones de L'Oceanogràfic presenta un repertorio diverso, similar a los registrados en el medio natural (ej. Angiel, 1997; Belikov R. A. y V. M. Bel'kovich, 1993 y 2003; Faucher, 1988 ; Karlsen *et al.* 2002 ; Sjare y Smith, 1985). Se han observado importantes cambios en la tasa de vocalización semanal en dos periodos particulares. El primero aparece en julio de 2003 y corresponde con las primeras 4 semanas tras el transporte aéreo a L'Oceanogràfic. El segundo periodo aparece en noviembre de 2003 y corresponde con la introducción de cuatro focas vitulinas en las instalaciones de las belugas con fines de enriquecimiento ambiental. La reducción de la actividad vocal se ha descrito otros estudios de belugas en su medio natural ante cambios en el ambiente (Morgan 1979, Lesage *et al.* 1999, Karlsen 2002, Van Parijs *et al.* 2003) y se ha interpretado como una estrategia de supervivencia para evitar la detección por posibles depredadores (Schevill 1964, Fish and Vania 1971, Morgan 1979, Finley *et al.* 1990, Lesage *et al.* 1999). De manera análoga, estas interpretaciones pueden aplicarse a nuestros resultados, donde debido a un cambio drástico del ambiente de las belugas (transporte e introducción en nuevas instalaciones en el primer periodo y presencia de focas en el segundo periodo), la actividad vocal se ve reducida.

Cada beluga presenta una vocalización predominante, A(12,1 %) para la hembra, y F (11,1 %) para el macho. El contexto social asociado a las vocalizaciones A e Y (2,9 %) es "interacción con el entrenador" que está relacionado con la presencia de entrenadores o cuidadores en las instalaciones. Los tipos F y J (3,5 %) se asocian a comportamientos agresivos entre belugas, del mismo modo que la vocalización tipo B (21,4 %). La vocalización tipo I (10 %) está asociada con "interacciones con los visitantes". Los clicks de ecolocalización E (6,7 %) y Z (11,6 %) están asociados a estereotipia. Se ha sugerido que especies cercanas a la beluga, como el delfín mular (*Tursiops truncatus*) y otros odontocetos presentan un silbido único y personal denominado "silbido firma" cuya función es comunicar la identidad del emisor. La correlación obtenida entre vocalizaciones y comportamientos de nuestro estudio sugiere que estas belugas no presentan este silbido firma, sino que sus vocalizaciones aparecen ligadas a un contexto social específico. Los 10 tipos de vocalizaciones del repertorio obtenido que poseen una correlación significativa con un comportamiento determinado deben codificar información importante desde el punto de vista biológico para la especie.

Los resultados de esta primera etapa del proyecto han permitido obtener un conocimiento detallado del comportamiento acústico de las dos belugas de L'Oceanogràfic. Estos resultados sirven de base para poder evaluar el efecto de la contaminación acústica en la comunicación de esta especie, objetivo principal de la segunda fase del proyecto iniciado este año.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Altmann, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 49, 227-267.
- Angiel, N.M. 1997. The vocal repertoire of the beluga whale in Bristol Bay, Alaska. MSc. Thesis, univ. of Washington.
- Bel'kovich, V. M. y M. N. Sh'ekotov. 1993. The belukha whales: natural behaviour and bioacoustics. USSR Academy of Sciences, Shirshov Institute of Oceanology, traducido por Marina A. Svanidze. J. C. Haney y C. Recchia eds. (Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole).
- Belikov R. A. y V. M. Bel'kovich. 2003a. The acoustical repertoire of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) summering at Solovetskii island, the White Sea. Poster presentation at the 17th Annual Conference of the European Cetacean Society. Las Palmas de Gran Canaria, Spain. 9-13 March 2003.
- Faucher, A. 1988. The vocal repertoire of the St. Lawrence estuary population of beluga whale (*Delphinapterus leucas*) and its behavioral, social and environmental contexts. MSc. Thesis, Dalhousie Univ.
- Finley, K.J., Miller, G.W., Davis, R.A. and Greene, C.R. 1990. Reactions of belugas, *Delphinapterus leucas*, and narwhals, *Monodon monoceros*, to ice-breaking ships in the Canadian High Arctic. In: Smith, T.G., St. Aubin, D.J. and Geraci, J.R (eds.) *Advances in Research on the Beluga Whale*. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences 224:97-117.
- Fish, J.F. and Vania, J.S. 1971. Killer whale, *Orcinus orca*, sounds repel white whales, *Delphinapterus leucas*. *Fish Bulletin* 69:531-535.
- Karlsen, J.D., Bisther A., Lydersen C., Kovacs K y T. Haug. 2002. Summer vocalisations of adult male white whales (*Delphinapterus leucas*) in Svalbard, Norway. *Polar Biology* 25(11):808-817.
- Lésage, V., Barrette, C., Kingsley, M.C.S. and Sjøre, B. 1999. The effect of vessel noise on the vocal behavior of belugas in the St. Lawrence river estuary, Canada. *Marine Mammal Science* 15(1):65-84.
- Morgan, D.W. 1979. The vocal and behavioral reactions of Beluga, *Delphinapterus leucas*, to playback of its sounds. In *Behavior of marine animals: current perspective in research*. Vol 3 Cetaceans. Ed. H.E. Winn and B. L. Olla. Plenum Press, New York. pp. 391-423.
- Schevill W.E. y B. Lawrence. 1949. Listening to the white porpoise, *Delphinapterus leucas*. *Science (Washington, D.C.)* 109:143-144.
- Sjøre B. L. y T. G. Smith. 1986b. The vocal repertoire of white whales, *D. leucas*, summering in Cunningham Inlet, Northwest Territories. *Canadian Journal of Zoology* 64: 407-415.
- Van Parijs, S.M., Lydersen, C. and Kovacs, K.M. 2003. Sounds produced by individual white whales, *Delphinapterus leucas*, from Svalbard during capture. *Journal of the Acoustical Society of America* 113(1):57-60.