

¿POR QUÉ Y CÓMO CANTAN LAS BALLENAS?

José Ángel Ortega-Borchardt¹, Gisela Heckel^{1*} e Isai David Barba-Acuña²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California, México. jangelortegab@gmail.com (JÁO-B), gheckel@cicese.mx (GH).

²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Guaymas, Sonora, México. isai.barba@ciad.mx (IDB-A).

*Autora de correspondencia

Los cantos de las ballenas constituyen uno de los fenómenos más fascinantes del reino animal, propagándose a lo largo de grandes distancias en el océano. Estas melodías, reconocidas por su complejidad y belleza, no solo enriquecen el entorno marino, sino que también presentan un desafío considerable para nuestra comprensión del comportamiento de estos cetáceos.

Durante la época de la navegación a vela, los balleneros, que eran marineros y pescadores que se dedicaban a la caza de ballenas, ocasionalmente experimentaban el raro fenómeno de escuchar los sonidos de las ballenas transmitidos débilmente a través del casco de madera de las embarcaciones. Esto ocurría solo cuando las condiciones ambientales eran excepcionalmente calmadas (como poco viento y oleaje) y se encontraban en estrecha proximidad a las ballenas, lo que para ellos debió ser una experiencia única que pocos pudieron haber vivido o comprendido. Cientos de años después, la llegada de los barcos impulsados por propelas y los generadores en funcionamiento continuo a bordo, han provocado que tales ocurrencias sean poco comunes. No fue hasta los avances en la investigación del sonar y el uso de

hidrófonos durante la Primera y la Segunda Guerra Mundial —a principios y mediados del siglo pasado— cuando las vocalizaciones de los mysticetos (cetáceos con barbas) fueron ampliamente conocidas. Este período marcó los primeros esfuerzos para grabar sistemáticamente los sonidos de las ballenas. Ahora surge la pregunta: ¿por qué las ballenas emiten estos sonidos tan característicos y complejos?

Para las ballenas, la exploración y comunicación subacuática es una tarea compleja debido a una variedad de factores, especialmente los sensoriales. La limitada propagación de la luz, junto con la forma del ojo y del cristalino, dificulta la visión de estos cetáceos, cuyos ojos están posicionados a los lados de la cabeza (lateralmente) y ligeramente orientados hacia adelante y hacia abajo. Otro sentido funcional en los mysticetos es el olfato, aunque, debido a la evolución, su desarrollo se ha reducido significativamente. No obstante, el sonido viaja aproximadamente cinco veces más rápido en el agua que en el aire, lo que permite que las señales acústicas se propaguen eficientemente en estos entornos con poca luz. Es posible que las ballenas aprovechen esta ventaja, utilizando la audición como su principal modo sensorial para explorar su entorno y comunicarse con sus semejantes. En particular, una de las sinfonías más famosas que se pueden escuchar bajo el agua en los océanos son las conmovedoras melodías, o canciones que ellas componen.

Hace 50 millones de años, durante el Eoceno temprano, especies ancestrales de las ballenas, como los individuos del género *Pakicetus*, comenzaron la transición de hábitats terrestres a acuáticos, en parte para aprovechar las ventajas que ofrecían los océanos, como la abundancia de recursos marinos y la posibilidad de escapar de los depredadores terrestres. A lo largo de millones de años, las ballenas evolucionaron, es decir, la selección natural actuó y se acumularon un conjunto de adaptaciones morfológicas, fisiológicas y anatómicas, entre las cuales se incluyen aquellas relacionadas con la comunicación.

Los nuevos ambientes presentaron importantes desafíos para su comunicación vocal, como la necesidad de inhalar y exhalar grandes volúmenes de aire durante respiraciones explosivas en la superficie, evitar el riesgo de ahogarse o ahogarse, y conservar aire mientras vocalizaban bajo el agua. Por ello, su tracto respiratorio evolucionó de manera fundamentalmente diferente al de los odontocetos (cetáceos con dientes) y sus parientes terrestres, con una laringe que aparentemente sigue cumpliendo funciones tanto respiratorias como, posiblemente, fonatorias.

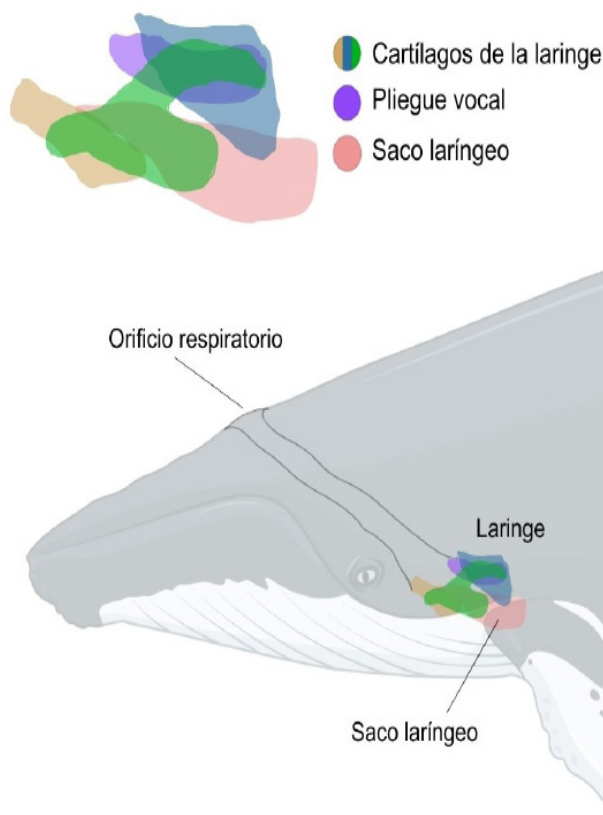
Los mamíferos terrestres, como nosotros los humanos, generan sonidos al mover aire a través de la laringe. Los pliegues vocales (conocidos como cuerdas vocales) en la laringe se abren y cierran durante la exhalación, lo que provoca su vibración y, con ello, la producción de sonidos. Como



Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México. Hasta la fecha, no se conocen canciones que sean tan complejas y dinámicas como las de estos individuos.

Fotografía: Iyari Janethzy Espinoza-Rodríguez.

anteriormente se mencionó, los misticetos también tienen una laringe con pliegues vocales que se piensa, son la fuente de los sonidos que producen. En estos individuos, los pliegues vocales están combinados para formar un pliegue de tejido en forma de U, situado entre los pulmones y grandes órganos inflables denominados sacos laríngeos. Aunque es prácticamente imposible observar los órganos internos de una ballena viva y cantando, se presume que, durante el canto, las contracciones musculares en la garganta y el pecho mueven el aire desde los pulmones a través del pliegue en U y hacia los sacos laríngeos, haciendo que dicho pliegue vibre. Este sonido resultante resuena en los sacos, similar a un coro cantando en una catedral, permitiendo que las canciones se propaguen a cientos de kilómetros de distancia. Cabe destacar que las ballenas no necesitan exhalar para cantar, ya que el aire se recicla de nuevo hacia los pulmones, produciendo más sonidos.



Los misticetos, como la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), tienen una laringe con pliegues vocales situados entre los pulmones y los sacos laríngeos, que se consideran la fuente de los sonidos que emiten. Modificado de Elemans *et al.* (2024). Ilustración: José Ángel Ortega-Borchardt

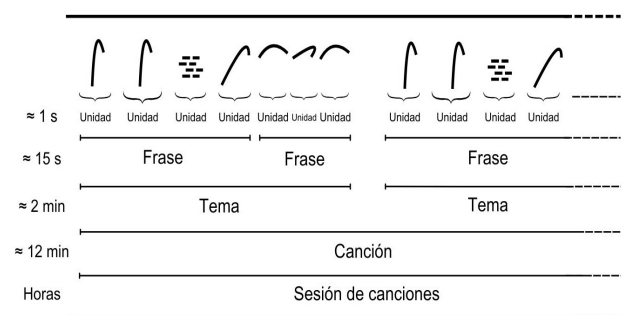
La definición biológica de una canción se emplea para describir el patrón de sonidos predecibles y repetitivos que emiten ciertas especies. Por lo tanto, muchos animales tienen canciones, que van desde el simple croar de las ranas, hasta la amplia variedad de cantos de las aves y las vocalizaciones de las ballenas. Aunque la canción de las ballenas se investigó por primera vez en la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y es de la que se conoce más, estudios recientes indican que otras especies de misticetos, también repiten secuencias de sonidos que cumplen con la definición de canción, incluyendo las ballenas de Groenlandia (*Balaena mysticetus*), la ballena azul (*Balaenoptera musculus*), el rorcual común (*B. physalus*) y la ballena minke (*B. acutorostrata*). Los estudios sobre las canciones de otros misticetos todavía están en sus primeras etapas, aunque esto está avanzando rápidamente.

Hasta la fecha, no se conocen canciones que sean tan complejas y dinámicas como las de la ballena jorobada. En 1967, Roger Payne, Katy Payne y Scott McVay descubrieron

los complejos arreglos sonoros producidos por las ballenas. Este hallazgo se realizó durante un viaje a las Islas Bermudas con un ingeniero naval de la Marina de EE.UU., quien había grabado sonidos oceánicos melódicos durante más de una década. Aunque estos sonidos se consideraban biológicos, su principal interés para la Marina radicaba en su posible interferencia con la detección de submarinos soviéticos. Otros biólogos habían identificado estos sonidos como provenientes de ballenas jorobadas, pero Roger, Katy y Scott descubrieron que formaban canciones que duran decenas de minutos y se cantan durante horas. Como músico, Roger también reconoció que su reacción emocional a estos cantos podría ayudar a otros a empatizar con un mamífero tan diferente a nosotros. En 1970, produjo un LP titulado *Songs of the Humpback Whale*, que aún se considera la grabación más popular de sonidos naturales jamás publicada (para escuchar el álbum, haga clic en el siguiente enlace: https://youtube.com/playlist?list=OLAK5uy_ny31dNa6JkKfBN_mUpwUwL7XrLRI294RY&si=UL9kDSn9SwZtN_Bp).

Una de las razones por las que las canciones que producen las ballenas son tan fascinantes, es debido a los patrones que presentan. Para describir las canciones de las ballenas, se han designado diferentes términos para clasificar cada uno de los patrones en distintos niveles jerárquicos. El sonido continuo más breve que nuestros oídos pueden percibir se denomina "unidad". Una serie de unidades se llama "frase". Una secuencia ininterrumpida de frases similares es un "tema". La secuencia de temas distintos se combina para formar una "canción". La canción puede repetirse sin interrupciones hasta por varias horas y a esto se le denomina una "sesión de canciones". En general, las canciones de las ballenas son extremadamente variables en duración, ya que las ballenas pueden repetirlas muchas veces. En un estudio previo realizado en las islas del Caribe, se logró grabar la canción de ballena jorobada más larga registrada, con una duración asombrosa de 22 horas.

Duración



Ejemplo de diagrama de la estructura jerárquica del canto de las ballenas. Modificado de Payne y McVay (1971) y de Perrin *et al.* (2009). Esquema: José Ángel Ortega-Borchardt.

Aunque las ballenas utilizan sus vocalizaciones principalmente para comunicarse, el canto parece tener una función adicional y específica durante la temporada de reproducción. En el caso de las ballenas jorobadas, la evidencia hasta la fecha indica que solo los machos, generalmente solitarios, son los que cantan. Varios estudios han confirmado esto mediante la observación de individuos en campo, junto con análisis de células (evaluaciones citológicas) y pruebas genéticas. Además, se ha planteado la hipótesis de que, dado que el canto de las ballenas ocurre durante la temporada de reproducción, podría cumplir un rol similar al de los cantos de las aves, ya sea en el cortejo o en comportamientos agonísticos (es decir, conductas competitivas) con otros machos. Con menos frecuencia, también se ha registrado en otro tipo de agrupaciones, como en parejas con otro adulto o con hembras con cría. Dado que no se han registrado observaciones de

hembras de ballena jorobada cantando, se sugiere que el canto podría ser una característica sexual secundaria propia de los machos. Asimismo, podría cumplir funciones como alertar sobre la presencia del cantor, establecer límites territoriales entre machos, reflejar su estatus frente a otros, o servir como un indicador de asociación entre machos, promoviendo interacciones no agonísticas y/o de cooperación.

Estos mysticetos regresan anualmente a las mismas zonas de alimentación y reproducción, donde cada población presenta una canción distinta. Un ejemplo es el caso de las ballenas azules, donde un estudio realizó una descripción de la distribución geográfica de las poblaciones en el mundo basada en la diferenciación de las canciones que emiten. Además, las canciones evolucionan con el tiempo, ya que sus unidades o frases se agregan, modifican o eliminan. Este es uno de los ejemplos más claros de lo que llamamos transmisión cultural, en la cual los individuos adquieren un comportamiento o rasgo específico a través del contacto con otros individuos. La transmisión cultural de estos comportamientos puede ocurrir entre individuos relacionados, grupos sociales o poblaciones de la misma especie. Aún con toda esta información, se requieren más investigaciones para resolver cuestiones relacionadas con el estudio de las canciones de las ballenas.

Hoy en día, el uso de tecnologías de inteligencia artificial se está aplicando en diversos sectores de la investigación científica, incluido el análisis y comprensión de los complejos patrones de vocalización de las ballenas. No obstante, han surgido varios desafíos éticos en torno a este tema. Entre ellos se encuentran el antropomorfismo (la atribución de cualidades o rasgos humanos a los animales), el solucionismo tecnológico (la resolución de problemas causados por el ser humano mediante herramientas digitales), el posible daño cultural a las ballenas, entre otros retos. Por lo tanto, aunque el uso de estas tecnologías ofrece beneficios e inconvenientes, se ha sugerido que debemos mantener una actitud abierta hacia el potencial y las posibilidades que la inteligencia artificial puede aportar.

Por otro lado, gracias a tecnologías avanzadas como el análisis espectral y su conversión en imágenes visuales, grupos de investigación han transformado las complejas vocalizaciones de los cetáceos en expresiones artísticas, lo que representa una fascinante intersección entre la ciencia y el arte. Estos proyectos permiten a las personas conectar de manera más profunda con el paisaje sonoro del océano, haciendo más accesible y emotiva la ciencia detrás de los cantos de las

ballenas. De este modo, la representación artística no solo resalta la belleza natural del océano, sino también subraya la importancia de su conservación.

También debemos mencionar que, cada vez más, en los océanos ocurre la contaminación acústica de origen antropogénico (causada por actividades humanas). Las investigaciones han prestado gran atención a los muy fuertes sonidos producidos por la actividad naval (incluyendo los sonares y las explosiones), la industria del petróleo y gas (a través de pulsos sísmicos para detectar depósitos bajo el relieve oceánico) y la construcción de estructuras marinas y costeras. Otra fuente de ruido en el ambiente marino es el transporte marítimo comercial, que puede llegar a opacar los cantos de las ballenas debido a la interferencia destructiva, fenómeno que ocurre cuando dos sonidos se superponen y se anulan. Esta contaminación auditiva puede degradar el entorno, y por lo tanto interrumpir los sonidos de las ballenas y las actividades naturales relacionadas con ellos; también pueden inducir respuestas de estrés y, en los casos más extremos, causar daños auditivos temporales o permanentes e incluso la muerte.

Algunas ballenas pueden evitar sitios clave de alimentación y reproducción si el ruido antropogénico es demasiado intenso. Un ejemplo es un estudio sobre las canciones de las ballenas jorobadas, realizado en el Santuario Marino Nacional Stellwagen Bank, en el Golfo de Maine, EE.UU., donde se examinó cómo los pulsos de baja frecuencia producidos por un experimento de Sensores Remotos de Ondas Acústicas Oceánicas (OAWRS, por sus siglas en inglés), ubicados a aproximadamente 200 km de distancia, afectaron la frecuencia y duración de las canciones de las ballenas. Limitar la actividad antropogénica en rutas migratorias y en otros hábitats importantes de alimentación y reproducción, junto con una reducción de la contaminación acústica en los océanos, podría ayudar a que las ballenas mantengan sus funciones biológicas y ecológicas.

Aunque gran parte de la investigación se ha centrado en los efectos de los ruidos antropogénicos en las ballenas, también debemos considerar los sonidos producidos por fenómenos naturales, como los terremotos submarinos. Los terremotos en regiones oceánicas suelen generar señales acústicas que, aunque similares, no son idénticas a las explosiones de origen humano. Las ballenas que habitan en regiones sísmicamente activas están expuestas a intensos disturbios provocados por los fuertes sonidos de los

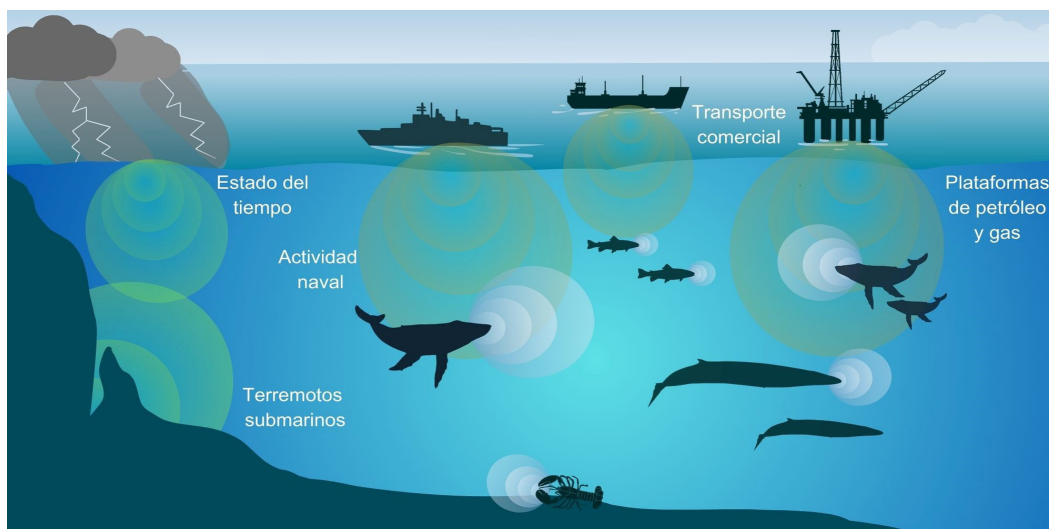


Ilustración conceptual que muestra fuentes de sonido de origen antropogénico y ambiental, con ondas sonoras aproximadamente proporcionales. Las ballenas viven en ambientes donde hay una combinación de sonidos producidos por el medio, otros animales marinos y el ser humano. Ilustración: José Ángel Ortega-Borchardt.

terremotos, los cuales pueden causarles lesiones o incluso la muerte. Un estudio realizado en el Golfo de California, México, registró la respuesta de varios individuos del rorcual común a un terremoto submarino. La recepción de los sonidos del terremoto pareció desencadenar una reacción de evasión ante el riesgo de lesiones, manifestada en una respuesta de escape sísmico, que provocó un nado rápido y sostenido para alejarse de los sonidos o del epicentro del sismo. A partir de este comportamiento de escape, se concluyó que existe una fuerte relación entre las señales acústicas intensas de un evento sísmico y dicha conducta en estas ballenas. El monitoreo constante podría aportar mayor información del impacto de dicho fenómeno u otros similares en la ecología de las ballenas, al igual que en sus vocalizaciones.

Los cantos de las ballenas siguen siendo uno de los fenómenos más fascinantes y cautivadores, no solo para la comunidad científica, sino también para el público en general. El avance en la comprensión de estos cantos depende de una mayor atención a la biología y ecología de estos individuos, combinada con el apoyo de organismos gubernamentales y el respaldo de la sociedad. Además, dichos avances permitirán identificar los riesgos que las actividades humanas imponen sobre las ballenas, las cuales dependen de un entorno acústico natural y tranquilo. Estos son pasos cruciales para asegurar la conservación de estos magníficos seres y para que las futuras generaciones puedan seguir disfrutando de sus sinfonías marinas.

Al escuchar el canto de las ballenas, no solo oímos su voz, sino también un llamado para proteger nuestro planeta. Aunque no comprendemos por completo el significado de sus canciones, sabemos que, si las ballenas continúan cantando y nosotros escuchando, tal vez algún día logremos descifrar su mensaje y mejorar nuestra relación con los animales más grandes que han habitado la Tierra.

AGRADECIMIENTOS

Los autores y autora agradecen al revisor o revisora por sus valiosos comentarios y sugerencias, así como a D. C. López-Arzate por el apoyo en el contenido y terminología utilizado en este artículo.

LITERATURA CONSULTADA

- Allen, J. A., *et al.* 2022. Song complexity is maintained during inter-population cultural transmission of humpback whale songs. *Scientific Reports* 12:1-9.
- Berta, A. 2017. The rise of marine mammals: 50 million years of evolution. John Hopkins University Press. Baltimore, MD, EE.UU.
- Berta, A., J. L. Sumich, y K. M. Kovacs. 2015. *Marine Mammals: Evolutionary Biology*. Academic Press. San Diego, CA, EE.UU.
- Darling, J. D. 2009. Song. Pp. 1053-1056 in *Encyclopedia of Marine Mammals* (Perrin, W. F., B. Würsig, y J. G. M. Thewissen, eds.). Academic Press. San Diego, CA, EE.UU.
- Darling, J. D., *et al.* 2006. Humpback whale songs: Do they organize males during the breeding season? *Behaviour* 143:1051-1101.
- Elemans, C. P. H., *et al.* 2024. Evolutionary novelties underlie sound production in baleen whales. *Nature* 627:123-129.
- Gallo-Reynoso, J. P., J. Égido-Villarreal, y G. Martínez-Villalba. 2011. Reaction of fin whales *Balaenoptera physalus* to an earthquake. *Bioacoustics* 20:317-329.
- McDonald, M. A., S. L. Mesnick, y J. A. Hildebrand. 2023. Biogeographic characterization of blue whale song worldwide: Using song to identify populations. *Journal of Cetacean Research and Management* 8:55-65.
- Noad, M. J., *et al.* 2000. Cultural revolution in whale songs. *Nature* 408:537-537.
- Payne, R. S., y S. McVay. 1971. Songs of humpback whales. *Science* 173:585-597.
- Ren, Y., *et al.* 2024. Bridging science and art: Auralization and visualization of the ocean soundscape. *iScience* 27:110696.
- Reidenberg, J. S. 2022. Anatomy of Sound Production and Reception. Pp. 45-69 in *Ethology and Behavioral Ecology of Mysticetes* (Clark, C. y E. Garland, eds.). Springer International Publishing. Cham, Suiza.
- Risch, D., *et al.* 2012. Changes in humpback whale song occurrence in response to an acoustic source 200 km away. *PLoS ONE* 7:e29741.
- Ryan, M., y L. N. Bossert. 2024. Dr. Doolittle uses AI: Ethical challenges of trying to speak whale. *Biological Conservation* 295:110648.
- Tyack, P. L. 1981. Interactions between singing Hawaiian humpback whales and conspecifics nearby. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 8:105-116.
- Tyack, P. L., *et al.* 2024. Roger Payne 1935-2023. *Marine Mammal Science* 40:e13172.
- Winn, H. E., y L. K. Winn. 1978. The song of the humpback whale *Megaptera novaeangliae* in the West Indies. *Marine Biology* 47:97-114.
- Wright, A. J. 2014. Reducing impacts of noise from human activities on cetaceans: Knowledge gap analysis and recommendations. WWF International. Gland, Suiza.

Sometido: 15/oct/2024.

Revisado: 31/oct/2024.

Aceptado: 08/nov/2024.

Publicado: 11/nov/2024.

Editor asociado: Dr. Francisco Botello.