



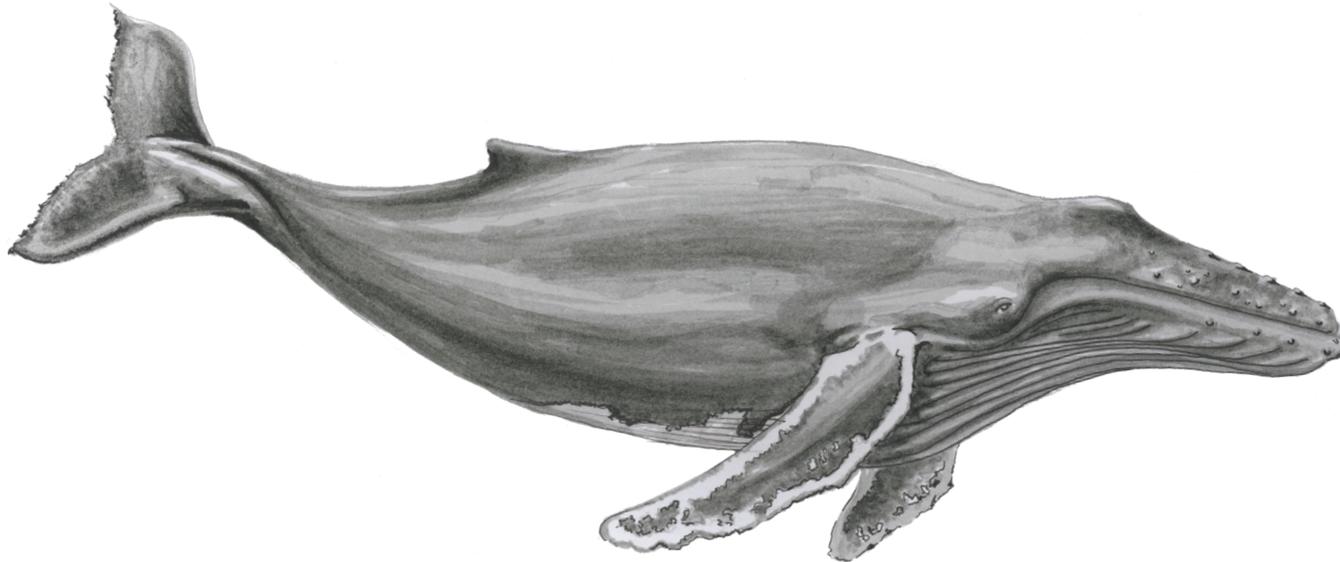
PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

DISEÑO | UC
Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Diseño

Escuela de Diseño
Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos
Pontificia Universidad Católica de Chile

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Chile para optar al título profesional de Diseñador

J. Cristóbal Croxatto Viviani
Profesor guía: José Neira
Diciembre 2017, Santiago, Chile



Megapterófono: una exploración anatómica y acústica
de la ballena Jorobada.



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

DISEÑO | UC
Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Diseño

Escuela de Diseño

Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos

Pontificia Universidad Católica de Chile

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Chile para optar al título profesional de Diseñador

J. Cristóbal Croxatto Viviani

Profesor guía: José Neira

Diciembre 2017, Santiago, Chile

Megapterófono: una exploración anatómica y acústica
de la ballena Jorobada.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento por cualquier medio sin el previo y expreso consentimiento por escrito del autor a cualquier persona o actividad que sean ajenas al mismo

J. Cristóbal Croxatto Viviani © 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo brindado durante la realización de este proceso, especialmente a los amigos por escuchar una y otra vez el cuento, a Felipe y Toño por su sabiduría, a Dominga por la paciencia y apoyo incesante, a Juni por los junazos, a la comunidad científica por querer contribuir en esta búsqueda, y a José por su visión y motivación desde el primer día.



CONTENIDOS

01	Motivaciones personales	28	Ámbito del proyecto
02	INTRODUCCIÓN	29	Propuesta
03	MARCO TEÓRICO	30	Visión
04	Brecha humano animal	31	Vínculo con el medio
06	Animales inteligentes	37	Referentes y antecedentes
07	Comunicación	39	PROCESO
09	Cetáceos	45	Prototipado
20	Música	65	Proyecciones
24	Zoomusicología / Bioacústica	69	Conclusiones
25	Inspirados en la naturaleza	71	BIBLIOGRAFÍA
26	FORMULACIÓN	75	Anexos
27	Conclusiones preliminares		



MOTIVACIONES PERSONALES

Mi máxima ambición -siendo un niño de 5 años- de cuando fuera a ser grande, era ser entomólogo. Esos señores de chaqueta sin mangas llena de bolsillos color caqui y sombrero que estudian bichos. Estos siempre me llamaron la atención, y los admiro hasta el día de hoy.

Gracias a un microscopio semi de juguete que me regalaron a esa edad, aprendí a ver el mundo en miniatura. Este juguete me abrió las puertas a un lugar asombroso: afuera.

El poder que tuvo ese microscopio en mí, es lo que creo, cada niño debería tener la oportunidad de vivir. Descubrir los infinitos mundos que pueden habitar en un solo metro cuadrado de jardín, bajo una roca o en un solo macetero, bastan para estimular la capacidad de asombro con la que venimos programados desde que nacemos. El problema es que esta se va apagando con el tiempo si no se alimenta.

Luego, la fascinación por los bichos se amplió a animales más grandes, y hoy prácticamente a cualquier forma de vida. No es posible admirar ese entorno que nos rodea si no nos situamos en él como seres pensantes, que tienen la conciencia de que todo eso que está ahí, incluyendo nosotros mismos, se formó con el lento paso del tiempo.

La búsqueda por entender mejor aquello que nos rodea tiene bastante que ver con entendernos mejor a nosotros mismos, puesto que no podemos pensar en otras cosas sin darnos cuenta de cómo estamos pensando, por eso somos *sapiens sapiens*. Al cabo que más conocemos, más nos conocemos.

Este proyecto pretende educar y estimular la capacidad de asombro, porque son una herramienta transferible y simbiótica, es decir, se alimentan y crece una gracias a la otra. Mientras más nos interesamos por algo -que nos asombra-, más aprendemos, y esto nos permite adentrarnos en cosas nuevas.

El diseño puede ser un buen agente articulador, capaz de generar vínculos entre ámbitos que aparentemente no tienen una relación. Esa es la visión de este proyecto, menos interesada en la resolución de problemas que en la exploración, permite abrirse camino por lo desconocido para plantear nuevos escenarios posibles.

Diciembre, 2017

INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto nace de la observación de un fenómeno cautivante que ocurre en las profundidades del mar. Un fenómeno que está alejado de nosotros, viaja cientos de kilómetros, no podemos ver ni tocar, y pertenece a uno de los animales más grandes e inteligentes del planeta: el canto de las ballenas.

Las vocalizaciones de los cetáceos son una de las manifestaciones más misteriosas y llamativas del reino animal. Como método de comunicación, su estructura es de una alta complejidad, lo que demuestra una sensibilidad e inteligencia muy superior a la de la mayoría de los mamíferos.

Actualmente nuestra manera de relacionarnos con estos animales es a la distancia. No podemos interactuar directamente con ellos, y su estudio en terreno se hace un trabajo logísticamente complejo de llevar a cabo. Los registros sonoros son la única huella que podemos seguir para saber más acerca de su comportamiento, y sus cadáveres, que cada tanto aparecen varados en las costas, son la fuente de información más fresca a la que podemos acceder para entender mejor su anatomía. Por lo tanto estudiar ballenas es seguir una pista que se escapa constantemente de nuestras manos -las mismas manos que casi llevaron a la extinción a este noble y grandioso animal-.

Estos cantos son la manifestación de una verdadera cultura bajo el mar. Son comunmente relacionados con música relajante y de meditación, pero guardan muchos más misterios que lo que realmente se sabe de ellos.

Como seres curiosos que somos, queremos saber más de estos animales, y para esto es necesario comprender nuestra posición frente a estos seres vivos -y frente a los animales en general-, puesto que tienen bastante más en común con nosotros de lo que creeríamos.

1. Brecha humano / animal

Cuando hablamos de animales, podemos diferenciarlos por cientos de tipos, clases, géneros y especies, pero hay una clasificación mayor que se divide en dos; los animales humanos y los no humanos. A grandes rasgos podemos diferenciarlos principalmente porque el animal humano está dotado de una mente que le permite ser consciente de sí mismo, colaborar, tener juicio, expresar emoción, usar la memoria, imaginación y voluntad, entre otras cosas.

*Somos “animales racionales” que buscamos el conocimiento por el hecho mismo de conocer, escribió Aristóteles hace 2.000 años.
(Hogenboom, M. 2015)*

Pero en la naturaleza existen animales no humanos que comparte ciertas condiciones propias del humano, poniendo en tela de juicio esa línea que separa estas dos clases; “animal humano y no humano”. Así como el humano utiliza su memoria para evocar sucesos del pasado, existen animales como el elefante, algunos cetáceos, aves y primates que recuerdan su lugar de origen, a donde migrar, dónde alimentarse o incluso dónde ir a morir. Otras cualidades como la creatividad tampoco son propia del ser humano, y la emoción, la imaginación o la voluntad son difíciles de comprobar en animales, por lo tanto difíciles de descartar. Entonces, ¿qué tan distintos somos realmente?

“Todos los animales son iguales, pero hay unos más iguales que otros” dice George Orwell en “Rebelión en la Granja”, y si bien es una frase que alude a una definición política, no deja de ser cierto que los principios de la evolución dotaron de ciertas cualidades a algunos animales más que a otros.

El humano se relaciona con el no-humano de forma jerárquica, creemos ser más especiales. Lo interesante es que todos los seres vivos somos fruto de la naturaleza, una naturaleza que no sabe de barreras ni diferencias. En tiempos de sequía todos pueden ir a beber de esa poza de agua, pero el ser humano no; se entiende como distinto, inteligente, y por lo mismo ha intentado dominar al mundo animal -y a sí mismo- desde tiempos inmemoriales.

¿Qué hay detrás de esa barrera que levanta el humano frente al animal?

Se plantean dos visiones al respecto, una que habla de que el ser humano presenta un salto cualitativo que lo distingue del resto de los animales, como un “elegido”, dotado de una gracia que no le tocó al resto de las especies. Algunos lo llaman alma. Por otro lado, la tesis que plantea esas diferencias como meramente cuantitativas, o dicho de otro modo, que dentro del grupo de los animales, está el ser humano como un animal más inteligente, pero animal al fin y al cabo; respondemos a estímulos y nuestras decisiones obedecen a interacciones químicas dentro de nosotros tal como lo hacen otras especies.

Plato thought that human beings have a special ingredient which puts them in a different ontological category than the brutes.

(Rathore, A., Cistelecan, A..2011)

Según Carmen Velayos Castelo, profesora de filosofía de la Universidad de Salamanca, en *“La frontera animal”* existen diversas razones por las que el ser humano quisiera distinguirse o levantar una barrera frente a los animales. Hay razones proteccionistas, identitarias y espirituales, entre otras.

“Las fronteras biológicas surgen de la necesidad humana de clasificar y sistematizar, afán bajo el que se encuentra un deseo de simplificar. Así, estas fronteras evitan que la complejidad de lo real haga tambalear nuestras seguridades al mismo tiempo que nos protegen ante lo desconocido, ante todo aquello que hemos decidido —por alguna razón— colocar más allá de la frontera. (Cabezas, 2013)”

La relación que tiene el ser humano con los animales está en eterna construcción, aprendemos y nos inspiramos en ellos, como ellos aprenden cosas que el ser humano les enseña y así incluso se crean vínculos. Es interesante analizar no solo a los animales en sí, sino la forma de relacionarse entre especies. Por ejemplo, hoy existen culturas que hacen del animal su medio de movilización, un instrumento de caza y pastoreo e incluso quienes hacen de un animal un amigo.

Cuando el humano descubre un desarrollo intelectual en ciertos animales, la relación parece estrecharse, hacerse más fuerte o al menos llamar más la atención, ya que como seres conscientes nos da una tremenda curiosidad acercarnos a esas especies que podrían ser similares en ciertos aspectos a nosotros. ¿No es acaso llamativo ver un chimpancé, su rostro, sus expresiones faciales, cómo manipula objetos y todo de manera tan “humana”? Los vínculos que hemos desarrollado con otras especies adiestradas como los perros, son algo que va más allá de una mera relación de poder; puede existir comunicación e incluso afecto.

1.2 Inteligencia en los animales

Los estudios en animales durante el último siglo han revelado importantes descubrimientos para reflexionar sobre sus capacidades. Existe evidencia que respalda que hoy los chimpancés estarían en la que sería su edad de piedra, tal como el ser humano lo hizo hace 2.8 millones de años. El hallazgo de herramientas que fueron talladas por animales y el uso de estas es la muestra clara de que no solo nosotros evolucionamos, y por esto vale la pena considerar la relación que tenemos con quienes nos rodean. Estamos compartiendo un tiempo y espacio en esta tierra que les pertenece tanto a nosotros como a ellos -quienes no por ser especialmente inteligentes merecen su espacio-. Hemos incidido directamente en animales que conviven con nosotros, especialmente aquellos que están más cerca, como el perro, por mencionar alguno.

Todos y cada uno de las distintas razas de perros que conocemos hoy en día vienen de un ancestro común: el lobo. Fue el ser humano quien hace más de 10.000 años adiestró a este animal y lo llevó a especializarse para crear las razas que conocemos.

La mayoría de los animales más inteligentes, salvo algunas aves e invertebrados, son mamíferos: elefantes, cetáceos, cerdos, ratones y ardillas son algunos de los más dotados de coeficiente intelectual.

Algunas capacidades como la de reconocerse a sí mismos frente a un espejo (evidencia de que tienen conciencia de sí mismos y que teóricamente podrían saberse individuos únicos), mostrar conductas culturales, asumir roles en pequeñas sociedades, manifestar empatía frente a algún desvalido o llorar a un fallecido nos hablan del nivel de complejidad psicosocial que pueden alcanzar estos no-humanos. ¿No son acaso estas conductas propias de una cultura humana?

Mark Simmonds, Biólogo y miembro del Scientific Committee of the International Whaling Commission (IWC), declara acerca de los cetáceos en una publicación hecha a The Independent:

“They can solve problems and use tools. They exhibit joy and grief, live in complex societies. They are truly out of the ordinary in terms of their intelligence”.

Así como algunos usan herramientas o se ordenan en una sociedad, la capacidad de comunicarse que poseen algunos animales es una muestra de la complejidad que pueden alcanzar. Por ejemplo, la vocalización propia de los cetáceos es un comportamiento que permite conocer las cualidades del animal, medir en cierta forma su inteligencia y entender su estructura social, entre otras cosas. Esa forma y capacidad de comunicarse está ligada a una condición propia de cada ser vivo animal: la percepción que tienen del tiempo a su alrededor.

El tiempo es el fenómeno que nos permite separar los sucesos y clasificar acontecimientos. Los animales perciben el tiempo a su alrededor de forma distinta según su tamaño y metabolismo. El concepto que relaciona tamaño y energía consumida se llama alometría.

Si queremos entender los fenómenos que ocurren en los animales, debemos medirlos según la manera que tengan de comprender y relacionarse con su entorno. Ponerse en los ojos del animal.

1.3 La comunicación y los sentidos

Los animales tienen diversos modos de comunicación, entre los que destacan los medios visuales y sonoros, como también los hay a través del olfato y los olores, impulsos eléctricos y el tacto.

Ciertamente, todos estos medios de comunicación demuestran lo complejo que puede llegar a ser el funcionamiento y comportamiento de los animales. En particular uno de los medios de comunicación más llamativos y estudiados en animales son las vocalizaciones.

En las aves, el estudio de los cantos data de hace cientos de años y no fue hasta finales del siglo XIX que se logró registrar por primera vez para su posterior estudio. Estos cantos han sido desde siempre manifestaciones que han llamado la atención de los humanos, han inspirado el arte, mitos, leyendas y se han hecho parte de la cultura.

Las vocalizaciones en aves son probablemente los más conocidos cantos en animales, puesto que hemos compartido su territorio desde siempre, pero durante los años 50 y 60 se fue en búsqueda de otros medios y se reveló uno de los misterios más sorprendentes del mundo marino: el canto de las ballenas.

Tal como las aves, estos mamíferos que superan con facilidad las 40 toneladas y 15 metros de largo, hacen de los cantos un sofisticado método de comunicación que puede abarcar largas distancias. Aún falta mucho por conocer, pero los hallazgos realizados hasta el día de hoy han posicionado a los cetáceos como uno de los animales más inteligentes del reino gracias a su forma de comunicarse y todo lo que podemos deducir de ellos.

Los temas mencionados anteriormente hacen referencia a nuestra relación con el entorno y cómo nos vemos frente a ello. Ahora pasemos al objeto de estudio: los cetáceos, quienes presentan una serie de cualidades que vale la pena revisar en mayor detalle. ¿Por qué la ballena? Este animal destaca por su inteligencia, un sofisticado método de comunicación y un comportamiento que tiene aspectos propios de una cultura. Un animal que se relaciona directamente con nuestro territorio, podemos verlo desde nuestras costas y maravillarnos frente a su presencia es un animal que tiene relación con nosotros, pero que al vivir en un medio distante como el acuático, es más desconocido y tendemos a desconocer.

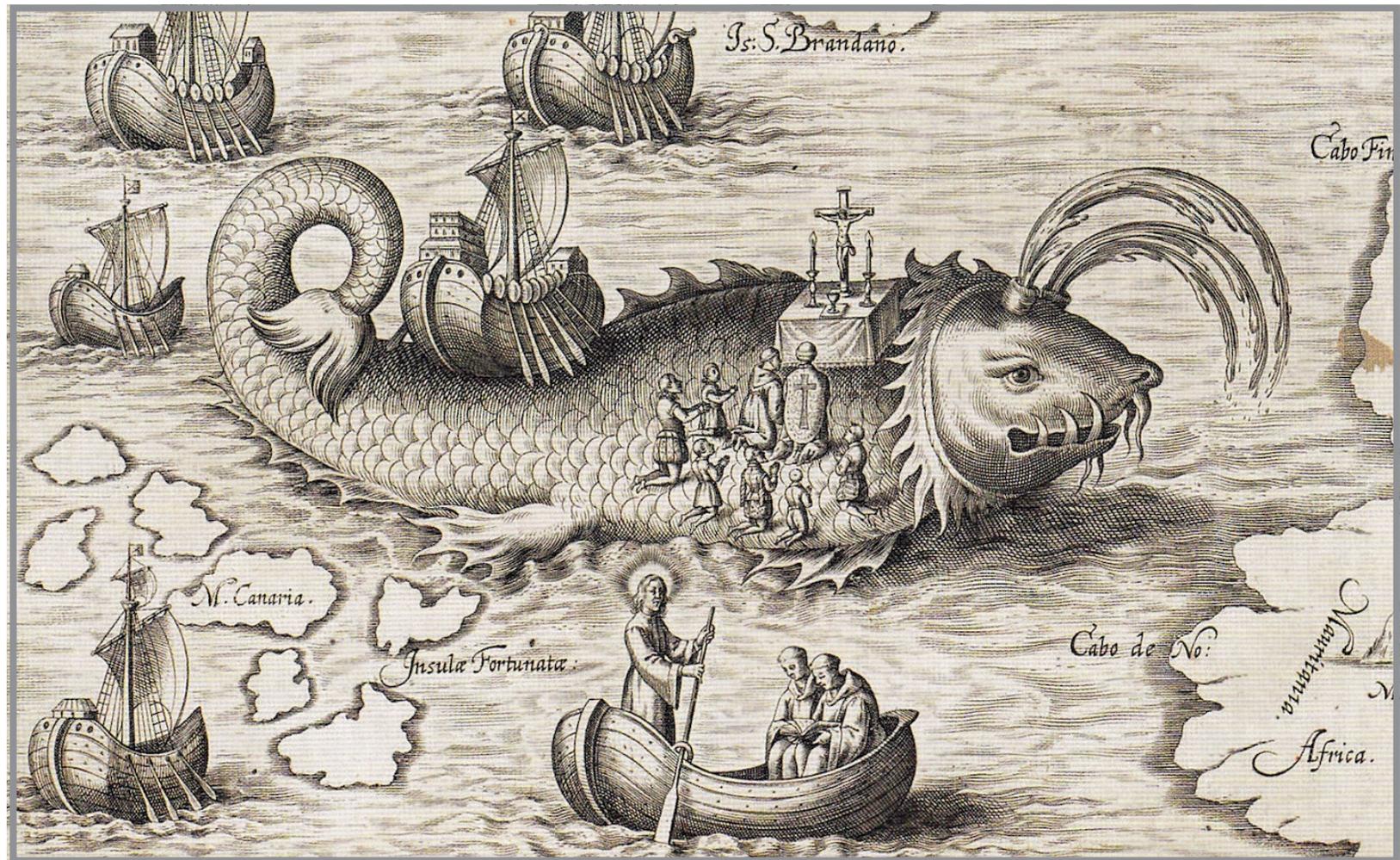
I.MARCO TEÓRICO



CETÁCEOS

VOCALIZACIONES

SONIDOS Y MUSICALIDAD



Mason: Dad, there's no real magic in the world, right?

Dad: What do you mean?

Mason: You know, like elves and stuff. People just made that up.

Dad: Oh, I don't know. I mean, what makes you think that elves are any more magical than something like a whale? You know what I mean? What if I told you a story about how underneath the ocean, there was this giant sea mammal that used sonar and sang songs and it was so big that its heart was the size of a car and you could crawl through the arteries? I mean, you'd think that was pretty magical, right?

(Boyhood, 2014)

St. Brendan holding mass on the back of a whale, from Caspar Plautius, *Nova Typis Transacta Navigatio* (1621);

CETÁCEOS

2. Cetacea, kētos

Las costas de Chile se caracterizan por ser ricas en biodiversidad. Gracias a la corriente de Humboldt que fluye desde aguas antárticas hacia el norte, la costa del Pacífico se nutre de minerales, lo que permite que exista abundante alimento y de esta manera mucha vida.

Desde nuestras costas tenemos la oportunidad de ver a los animales más grandes del mundo: las ballenas. Estas son grandes mamíferos adaptados a la vida marina. Existen dos sub-órdenes; *Odontocetos*, aquellos con dientes (Orca, Delfines, Cachalote) y *Mysticetos*, las con barbas (Ballena azul, jorobada, franca, etc). Existen casi 100 especies distintas, dentro de las cuales podemos avistar a más de 40 desde nuestras costas.



- ▶ Los cetáceos habitan prácticamente todo el mar. Existen además 5 especies de delfines que habitan en ríos y manglares de agua dulce y salobre. (Wilson, D. E. & Reeder, D. M. 2005)

† *Archaeoceti*

Ancistro común del cual evolucionaron ambas sub-especies. Vivió hace aproximadamente 60 millones de años.



• *Mysticetos*

Se caracterizan por poseer barbas, fibras longitudinales de queratina que son utilizadas para filtrar el alimento en cada bocanada de agua que toman. Su ejemplar más grande y conocido es la ballena azul



• *Odontocetos*

Poseen dientes y son menores en tamaño que los mysticetos. Entre ellos están los delfines, marsopas y la orca. La especie más grande es el cachalote.



2.1 Cetáceos en Chile

Chile cuenta con la particularidad de ser uno de los países con más sitios de avistamientos de ballenas en el mundo, ya que con más de 4.200 kilómetros de costa, alberga una infinidad de vida marina. Salvo algunos pocos ejemplares que se concentran en los polos, la mayoría de los cetáceos se distribuyen a lo largo de todos los mares.

Las ballenas transitan de los polos a los trópicos (donde se alimentan) hacia el ecuador. Ahí se encuentran las aguas cálidas, ideales para aparearse y dar a luz a sus crías. Las madres practican la crianza y luego retornan en búsqueda alimento hacia aguas más frías. El viaje entre madre y cría durará solo una temporada. A la siguiente temporada, la cría deberá independizarse y hacer el viaje de vuelta por sí misma.

Mysticetos

BALAENOPTERIDAE

BALAENOPTERA	NOMBRE COMÚN
<i>balaenoptera acutorostrata</i>	Ballena Minke
<i>balaenoptera bonaerensis</i>	Ballena Austral
<i>balaenoptera borealis</i>	Ballena Sei
<i>balaenoptera brydei</i>	Ballena de Bryde
<i>balaenoptera musculus</i>	Ballena Azul
<i>balaenoptera physalus</i>	Ballena de aleta

MECAPTERA

<i>megaptera novaeangliae</i>	Ballena Jorobada
-------------------------------	------------------

BALAENIDAE

EUBALAENA

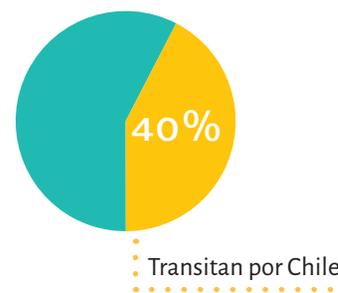
<i>eubalaena australis</i>	Ballena Franca
----------------------------	----------------

NEOBALAENIDAE

CAPEREA

<i>caperea marginata</i>	Ballena pigmea
--------------------------	----------------

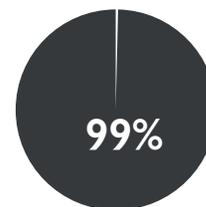
Cetáceos en el mundo



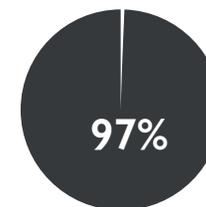
(Centre for Marine Mammals Research [CMMR])

Chile entre las 25 zonas con mayor biodiversidad marina del mundo

Autor: La Tercera



Consideró fundamental que Chile adopte leyes orientadas a prohibir de manera permanente la caza de ballenas.



Apoyó la creación del Santuario de Ballenas

*GfK Adimark

OCTUBRE

NOVIEMBRE

DICIEMBRE

ENERO

FEBRERO

MARZO

ABRIL

MAYO



2.2 Avistamientos

En Chile se pueden observar cetáceos desde toda la costa, pero se destacan ciertos puntos de avistamiento en los que se lleva a cabo el turismo. La caleta de Chañaral de Aceituno (III región de Atacama), La isla de Chiloé (X región de los Lagos) y La isla Carlos III (XII región de Magallanes), son entre otros, los más reconocidos..

Chañaral de Aceituno es por su fácil acceso y centralidad, el más conocido popularmente. Recibe hoy a cientos de turistas entre las épocas de noviembre y abril. La actividad turística ha tomado una importante presencia en el lugar, haciendo de este servicio un pequeño mercado que va en aumento, y que por lo mismo vale la pena vigilar para que se lleve a cabo de forma responsable. Es común ver a pescadores que ofrecen un servicio turístico sin tomar las medidas de seguridad adecuadas, todo con tal de obtener el avistamiento más cercano.

Chiloé es otro de los lugares que presenta una concentración importante de ballenas durante la época de avistamientos. Estas se ubican principalmente al noreste de la isla y en el golfo de Corcovado, lugar que concentra una de las mayores poblaciones de ballena azul del mundo (Buchan, 2010).

Al extremo sur, alrededor de la isla Carlos III se encuentra el Parque Marítimo Francisco Coloane, primer sitio protegido de Chile que es considerado un parque en el mar. Ubicado a la altura de Punta Arenas, este lugar es el centro de alimentación más austral del continente en el que se detienen algunas ballenas jorobadas antes de llegar a la Antártica.

La isla Carlos III, al igual que Chiloé, es un lugar en el que se han llevado a cabo diversos hallazgos en el mundo de la ciencia. La Universidad de Magallanes ha estado vinculada a este sitio de estudio de cetáceos desde hace más de 40 años.

2.3 Ballena Jorobada

De todas las especies de cetáceos que transitan la costa de Chile, hay una en particular que es considerada la más icónica; la ballena jorobada (*megaptera novaeangliae*). Esta especie de la familia Mysticeti (con barbas) mide entre 14 y 17 metros y pesa entre 30 y 40 toneladas. Cuenta con una forma especialmente hidrodinámica y un par de aletas dorsales que le otorgan un manejo excepcional en el mar; el par de aletas más grandes en relación a su cuerpo que tiene cualquier mamífero marino (De ahí su nombre, *Megaptera*, mega-/μεγα- “grande” y ptera/πτερα “aleta”).

De esta forma, la *Megaptera* puede dar grandes saltos que elevan casi por completo su cuerpo fuera del agua. Son seres curiosos y amigables que no demuestran agresividad hacia las personas que se les acercan.

Alcanzan una madurez sexual entre los 3 y 6 años, y su ciclo reproductivo es una cría cada 2 o 3 años.

Son sumamente inteligentes, presentan una serie de comportamientos complejos en sociedad y emiten vocalizaciones que, a diferencia del resto de las ballenas que cantan, van cambiando en cortos períodos de tiempo.

Cada individuo posee un diseño particular de manchas en la cola, lo que permite reconocerlas y censarlas.

Viven en promedio unos 50 años y según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), pasó de ser una especie amenazada a encontrarse en la categoría de “Preocupación menor”.

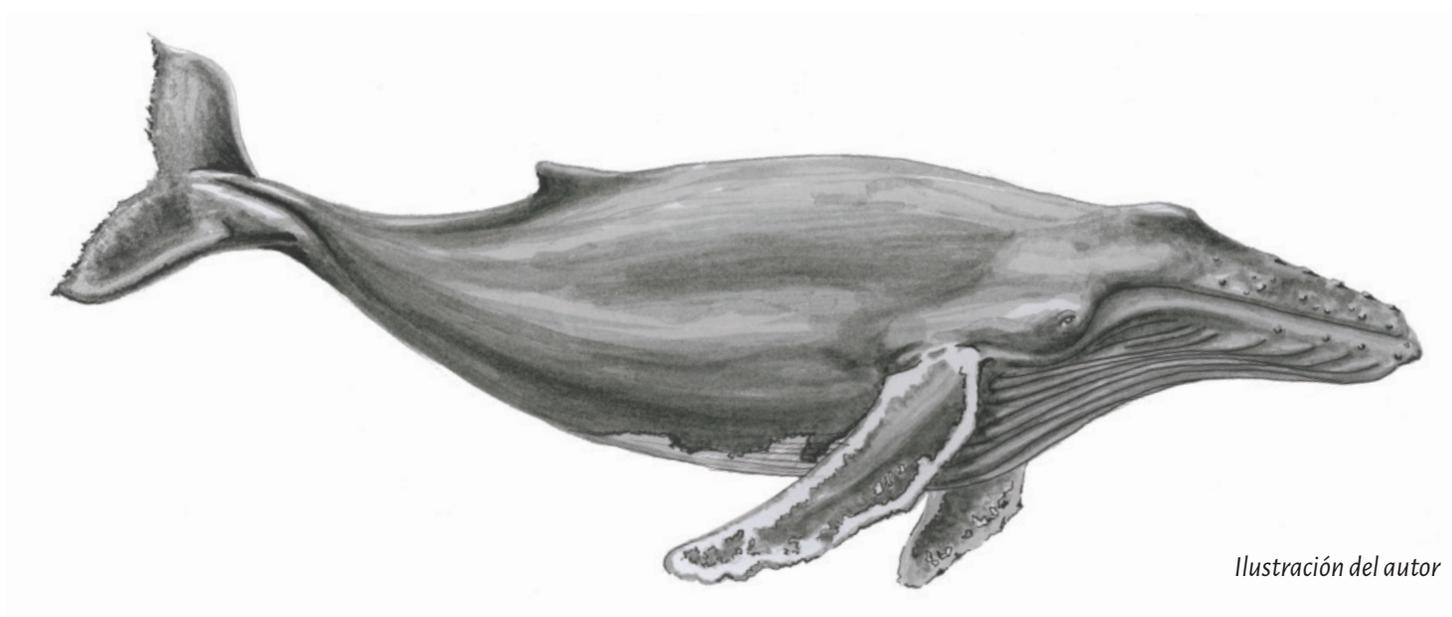


Ilustración del autor

2.4 Comportamiento

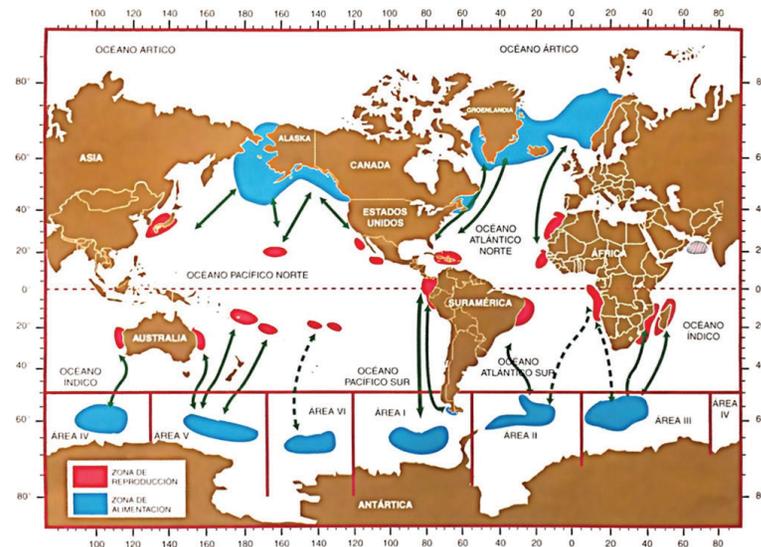
Se les encuentra en grupos menores para las temporadas de alimentación y reproducción, instancia en la que revelan su condición de seres sociales inteligentes. Además de los saltos fuera del agua que frecuentan mostrar en temporadas de apareamiento, y dar aleteos en el agua con sus extremidades, un comportamiento peculiar que poseen es la “caza con burbujas”, una habilidad desarrollada para alimentarse. Puede involucrar a un solo individuo o hasta más de 10 ballenas. Este último caso sucede de la siguiente manera: una vez localizado el alimento las ballenas se sumergen, en el fondo, liberan burbujas de sus espiráculos mientras nadan en espiral creando una barrera de burbujas que agrupa a la presa.

Cuando ya todo el alimento está concentrado en la superficie, el líder del grupo emite un sonido que aturde a los peces o krill y avisa a las demás ballenas del grupo que es momento de ingerir. Así, todas nadan hacia la superficie con la boca abierta captando la mayor cantidad de agua posible para luego filtrarla a través de sus barbas.

Se distribuyen en comunidades llamadas poblaciones que recorren cada una su propio trayecto migratorio y son reconocibles según de dónde vengan, ya que entre los individuos de una misma población, guardan un parentesco especial.

2.5 Migración

La migración de la ballena está determinada principalmente por dos factores; la alimentación y la crianza. La mayoría de las especies de ballenas que se avistan en Chile están de paso por su larga ruta migratoria. En el caso de la jorobada, su ruta abarca más de 8.000 kilómetros de recorrido entre aguas caribeñas y la antártica. Dan a luz en aguas cálidas a la altura de Panamá, centro américa, y viajan a los polos, tanto norte como sur, en búsqueda de aguas frías donde se alimentan y alejan de los depredadores. Esta especie se muestra durante la época de verano en las costas Chilenas y para la entrada del otoño se retira aguas más cálidas (Ávila, C., Capella, J. et al 2007).



Mapa de migración de la ballena jorobada que identifica las áreas del océano donde se encuentran las poblaciones. Se muestra la zona de alimentación en celeste y en rojo la de reproducción (Ávila, C., Capella, J. et al 2007).

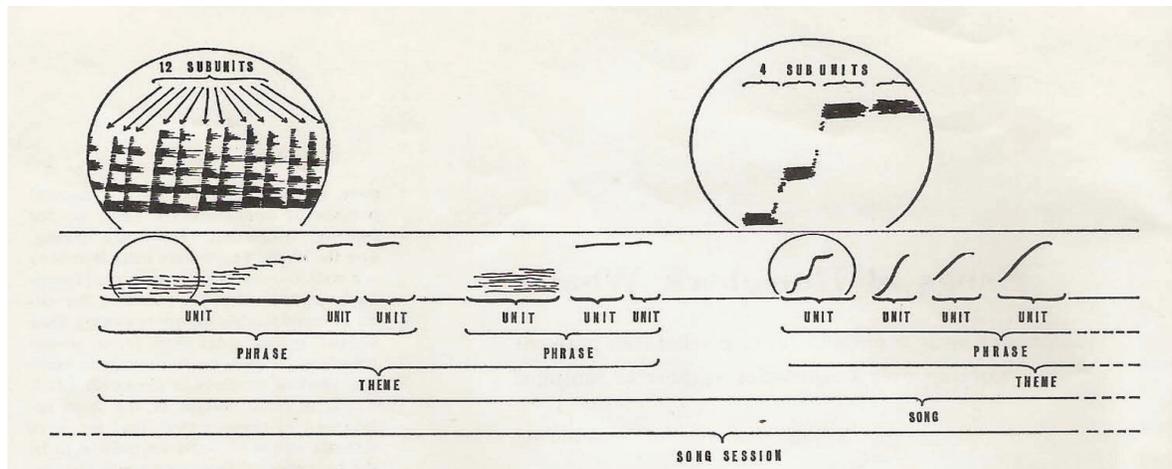
2.6 Cantos

Debido a su fisionomía, los cetáceos tienen la capacidad de vocalizar sonidos. Los odontocetos (cetáceos dentados) practican la ecolocalización, generando sonidos de media y alta frecuencia que se utilizan principalmente para mapear el entorno que los rodea como un sonar. La familia de mysticetos, por otro lado, tiene otro tipo de vocalización de frecuencias más bajas y fuertes. A diferencia de los odontocetos, estos no practican la ecolocalización. En el caso de los mysticetos, a este fenómeno se le llama canto, ya que obedece a patrones propios de una canción, es decir se componen de unidades sonoras que se repiten y forman frases, que a su vez componen unidades mayores llamadas temas, luego canciones y una unidad superior llamada sesión.

Las canciones se repiten durante sesiones que pueden durar desde algunos minutos hasta largas horas, dando forma a patrones que han intentado ser predecidos por más de 40 años.

A finales de los años 60, dos científicos norteamericanos, Roger Payne y Scott McVay comenzaron a tomar conciencia del impacto de los humanos en el océano, registrando los primeros cantos de ballenas. Su trabajo está vigente hasta el día de hoy en materia de investigación para quienes trabajan en el campo de la bioacústica marina.

El año 1970, Payne recopiló un conjunto de cantos de ballena jorobada para publicar un álbum de sonidos ambientales. Al cabo de unos meses, se había convertido en el álbum de música medioambiental más vendido de la historia, con más de 100.000 copias. Así, se logró poner en valor la figura de estos cetáceos y se le dio importancia a este sorprendente fenómeno. El impacto de este álbum fue tal, que se organizó un movimiento mundial llamado "Save the Whales", liderado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano de 1972, también conocida como la Conferencia de Estocolmo.

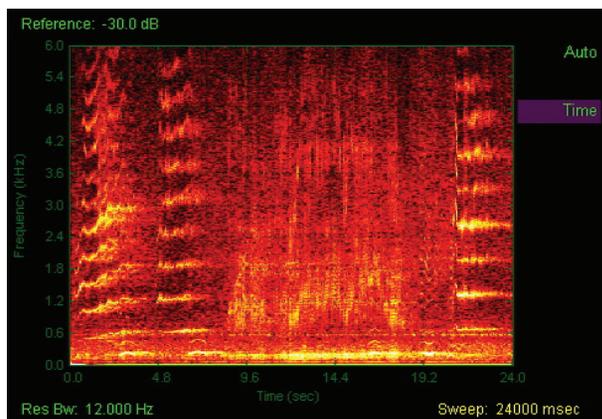


Estudios de la estructura del canto de ballena jorobada por Robert Payne y Scott McVay, 1971.

Se identifican las unidades, que componen frases, temas y una canción dentro de una sesión registrada.

Los cantos abarcan una amplitud de frecuencia que puede ser tan imperceptiblemente bajas como 8Hz y superar los 20.000Hz (el ser humano es capaz de percibir desde los 20 a 20.000hz) y pueden viajar a una distancia de decenas de kilómetros bajo el mar. La densidad del medio acuático permite que las ondas viajen a 1.500 m/s y alcancen largas distancias, a diferencia del medio por el que nos comunicamos los humanos, donde el sonido viaja a 340 m/s.

El método de registro para estudiar los cantos de la ballena se lleva a cabo con un hidrófono, aparato transductor de sonido a ondas electromagnéticas que permite distinguir la frecuencia de sonido (tono) en la que cantan los cetáceos.

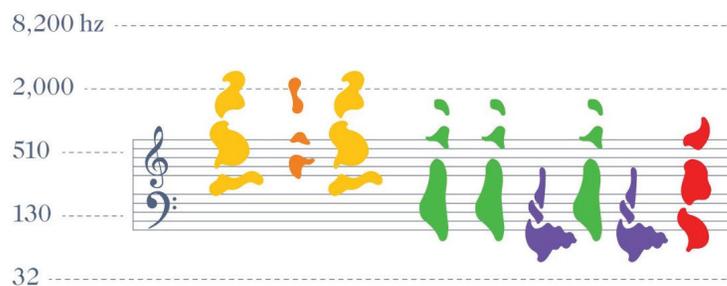


El espectrograma muestra el canto de una jorobada, así se identifican sus patrones sonoros. Gracias a un hidrófono, las señales se traducen en figuras que muestran la frecuencia con figuras. Estas permiten identificar los patrones.

En Chile, se han hecho interesantes descubrimientos acerca de los cantos de ballenas. Tal es el caso de la ballena azul, mucho menos estudiado que la ballena jorobada.

En el mundo existen 10 poblaciones de ballena azul, cada una con un canto propio. En el golfo de Corcovado cada verano se congrega una población de más de 200 individuos de esta especie para alimentarse.

Se descubrió que esos individuos expresan un lenguaje propio de esa zona, un lenguaje “chileno”, ya que no es similar a ni uno de las otras 9 poblaciones de ballena azul que habitan en otras partes del mundo. (Buchan, 2010). Pero a excepción de las jorobadas, el canto de la mayoría de las ballenas con barbas (*mysticeti*) suele ser estable o no presentar mayores cambios en cortos períodos de tiempo.



Representación gráfica del canto de ballena ubicado en un pentagrama. Trabajo de visualización de información realizado por David Rothenberg y Mike Deal (Deal, M., Rothenberg, D.. 2014).

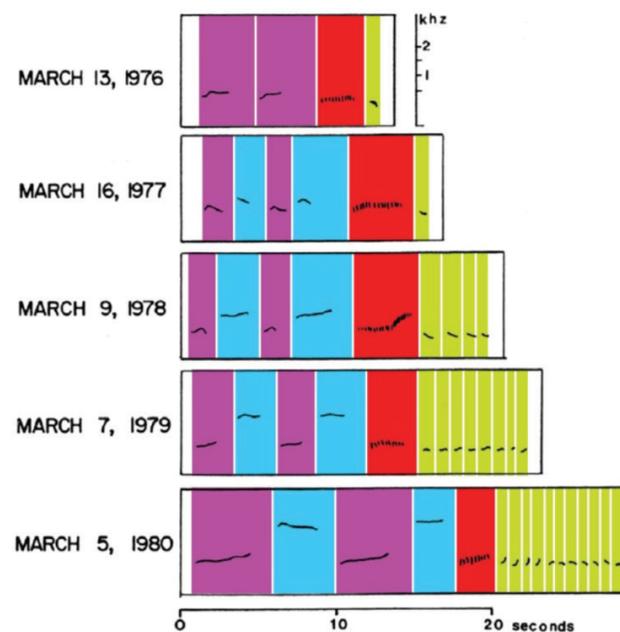
La ballena jorobada en cambio, presenta modificaciones de su canto prácticamente en cada temporada que migra. Durante sus viajes, hay encuentros entre distintas poblaciones, lo que demuestra la manera que tienen de relacionarse entre pares provenientes de distintas partes del mundo. En el encuentro, los individuos se enseñan el canto y de esta manera modifican su actual patrón por uno nuevo. Una vez que retornan a su comunidad, le enseñan el canto nuevo a la población. De esta manera, el canto va mutando en el tiempo.

Esta interacción permite plantear teorías que revelan su inteligencia, por ejemplo sobre sus capacidades cognitivas, hasta qué edad pueden aprender cosas nuevas, sobre su relación con otros individuos o la relación entre distintas poblaciones mayores. Al cabo de un par de temporadas, pueden renovar su canto prácticamente por completo.

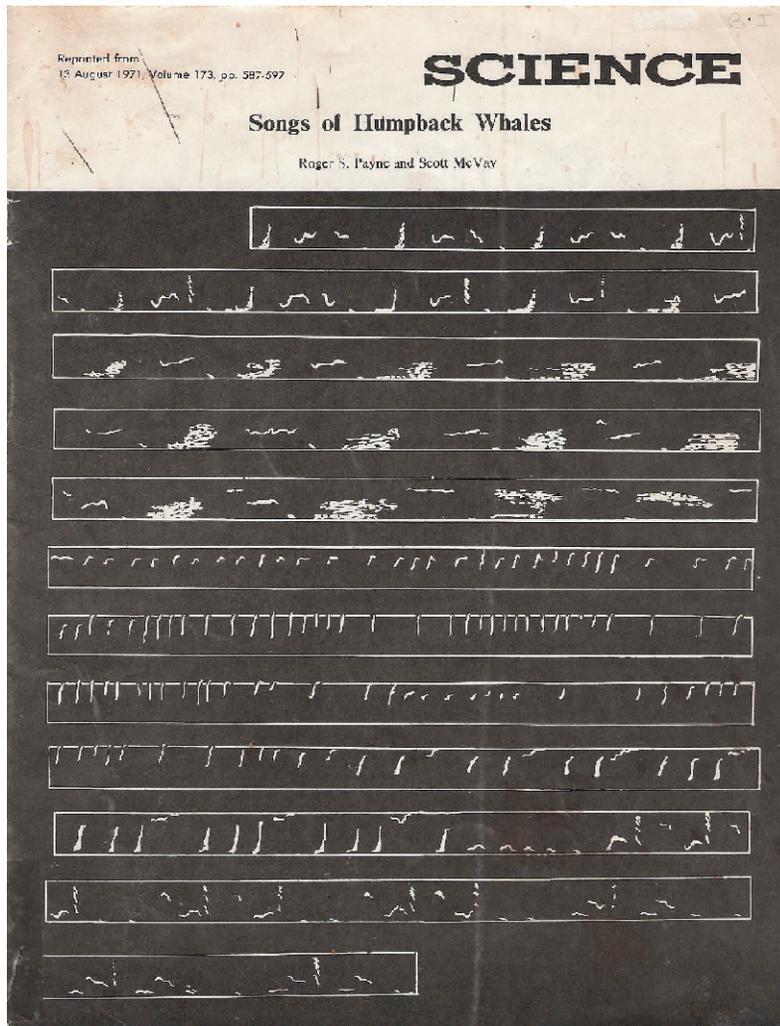
Jorge Gibbons, biólogo del Instituto de la Patagonia de la Universidad de Magallanes, quien lleva más de 30 años siguiendo el canto de las jorobadas dice:

“Cada población de ballenas tiene su canción. Como esta va a cambiando en cortos períodos de tiempo, podemos declarar que [la canción] no está determinada por los genes, sino que se programa de forma impredecible en cada interacción, y por lo tanto significa que se enseñan. La forma en que se enseñan es aún incierta y nos interesa conocerla. De esta manera la nueva estructura se propaga hasta adoptar la nueva melodía”.

(Centro de Investigación Antártica, 2014)



Variaciones del patrón del canto a lo largo de 5 temporadas. (Payne, R., Mcvay, S. 1971).



Estudio de los patrones sonoros producidos por la ballena jorobada. A partir de los registros tomados por un hidrófono, el espectrograma muestra estas figuras que revelan cómo se compone una sesión (Payne, R., McVay, S. 1971).

Con todo lo que el canto ha permitido saber de estos maravillosos animales (sus capacidades cognitivas, estructura social, identificar poblaciones, etc) cabe la siguiente pregunta:

¿Por qué cantan las ballenas? Existen hipótesis que se relacionan con la alimentación y la reproducción, ya que son los machos quienes emiten esta vocalización, pero no hay evidencia de que una ballena hembra se vea atraída por un macho mientras vocaliza. “Aún no se puede decir con certeza por qué lo hacen”. (Yandell, K.. 2017).

I've been hearing this sounds scientificly for fifty years since they were discovered, but is also true that we don't quite know exactly how they're made or why they are made. We know about the anatomy, we know that no air is leaving the whale, but we don't really know how the sounds are made.

David Rothenberg
Músico, filósofo e investigador

“Why do whales sing? The short answer is, we don't know”

Alison Stimpert,
bioacustica de Moss Landing Marine
Laboratories in California.

2.7 Relación del ser humano con los cetáceos

Los seres humanos hemos admirado a estos animales, los hemos cazado, hemos dimensionado su tamaño, escuchado sus cantos y de a poco, hemos establecido una relación con ellos, o al menos los hemos hecho parte de nuestra historia.

Algo que caracteriza a los cetáceos, por diversa que sea la familia, es que todos son animales grandes y voluminosos, ricos en carne, grasa y recursos que el humano hace mucho tiempo aprendió a explotar (Winogard A.. 2012). Dejando de lado toda voluntad de preservar a los animales y la naturaleza, no se puede culpar a los pueblos aborígenes de la patagonia que hayan intentado cazar a estas fábricas de recursos ambulante o al menos sacar provecho de sus varamientos.

Toneladas de carne, cientos de litros de aceite, huesos para trabajar y convertir en herramientas, todo en un solo individuo, no pueden ser más que una excelente oportunidad de sobrevivencia para cualquier ser humano primitivo (y lamentablemente no tan primitivo también).

Hace más de 5.000 años, la caza de ballenas ya era una práctica habitual para los habitantes de comunidades costeras en Asia, Europa y Norteamérica. Llegó a constituir un pilar de la economía en ese entonces. Determinó la organización social, era fuente de mitología e inspiración de arte, entre otras cosas.
(Winogard A.. 2012)

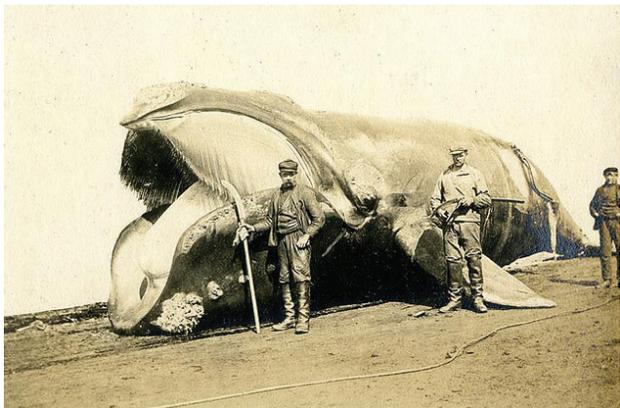
Con el paso del tiempo la caza de ballenas se hizo cada vez más frecuente, y con la industrialización se llegó a niveles de depredación que disminuyeron casi al punto de la extinción a algunas especies. El caso de la ballena azul es un claro ejemplo de hasta dónde puede llegar la acción humana en pos del comercio.

Durante la década de los 60, la Comisión Ballenera Internacional (CBI), en un incansable programa de conservación prohibió la caza de este animal, que alcanzó el 3% de su población total.

Desde entonces que la industria ballenera ha intentado colarse por los límites de lo permitido, argumentando intenciones científicas para seguir cazando. Noruega, Islandia y Japón son hoy los principales responsables.

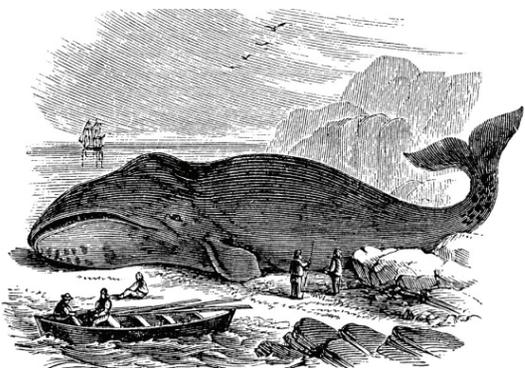
Actualmente en Chile, las ballenas están consideradas monumentos naturales y su caza está prohibida su caza en lo que a zona económica exclusiva o “mar patrimonial” respecta, mediante decreto del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción del 28 de agosto de 2008.

2.8 Cetáceos a lo largo de la historia



Comerciantes balleneros de principio de siglo XX.

El ser humano ha encontrado en los cetáceos una fuente de inspiración para contribuir a su cultura. Es el caso de historias como *Moby Dick* (Herman Melville, 1851), que pone en valor la figura de un gran cetáceo indomable y peligroso que no se deja cazar, cobra innumerables vidas y navíos a la deriva. Un clásico de la literatura del siglo XIX que hace del animal marino una temible, fuente de mitos y leyendas.



En Chile, la creencia mapuche cuenta que cuatro criaturas sobrenaturales con forma de ballenas llamadas **tremplucahue** llevan las almas de los seres queridos hasta el lugar del “ngill chenmaywe” (el sitio para la reunión de la gente). Estos seres serían cuatro mujeres ancianas que son transformadas para realizar esta tarea a la caída del sol de cada día. Nadie vivo puede verlas.

Otro popular término acuñado de las profundidades del mar, es el Leviatán, monstruo marino que inspira miedo y hace referencia a Satanás en las antiguas escrituras. Inspirado en la forma de las ballenas, este ser ha penetrado en el imaginario colectivo gracias a los cetáceos.

También las antiguas escrituras y la cultura popular cuentan que Jonás fue engullido por una ballena y sobrevivió para contarlo. Misma suerte corrió Pinocho en su película.

Así es cómo los cetáceos no han pasado inadvertidos frente a la creatividad del ser humano. Los mitos, la cultura y la literatura han dotado de personalidad a estos gigantes del mar haciéndolos parte de nosotros.

Y creó Dios las grandes ballenas, y toda cosa viva que anda arrastrando, que las aguas produjeron según su género, y toda ave alada según su especie: y vio Dios que era bueno.

Genesis 1:21

Se ha analizado fenómenos y entornos naturales desde su relación con el ser humano. Asimismo, se debe tomar en consideración el aspecto sonoro y musical que presenta este fenómeno para abordar desde otro enfoque esta conjetura. ¿Qué tiene la música para decir al respecto?

MÚSICA

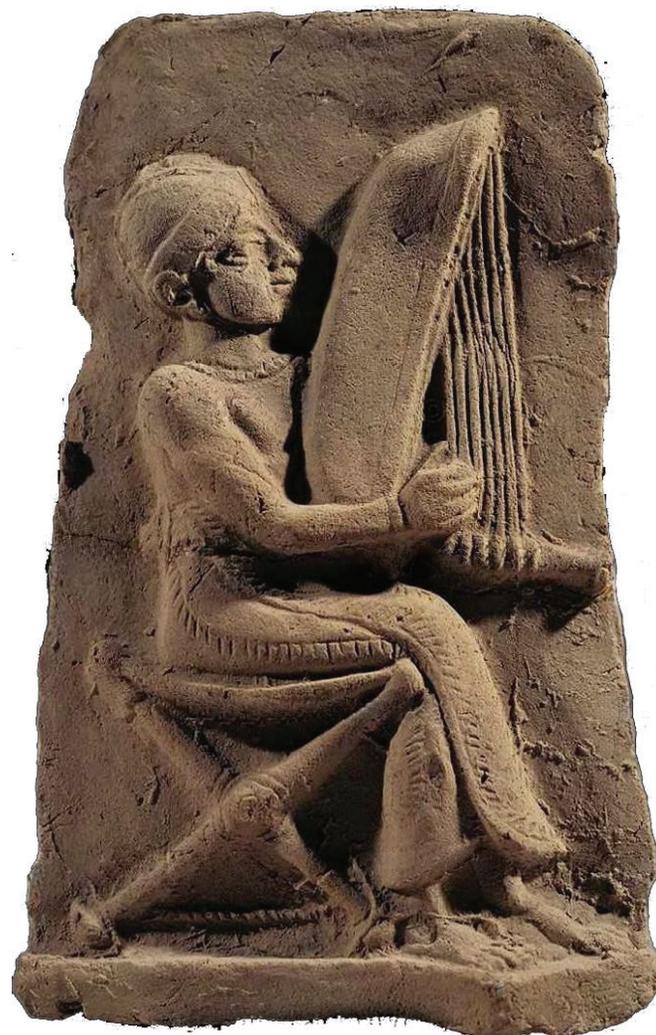
“It is said that every known human culture has music. Music has been defined as patterns of sound varying in pitch and time produced for emotional, social, cultural, and cognitive purposes. Is music-making in humans defined by our genes? Do other species show musical language and expression? If they do, what kinds of behavior invoke music-making in these animals? Is there evidence in the animal kingdom for the ability to create and recreate a musical language with established musical sounds? How are musical sounds used to communicate within and between species? Do musical sounds in nature reveal a profound bond between all living things?”

(Gray, P., Krause, B., et al. 2001)

3. El ser humano y el entorno sonoro

El mundo ha estado rodeado de sonidos y ruidos desde su origen. El viento, los ríos, la lluvia y el mar han dotado de sonoridad nuestro entorno y el ser humano, desde que se constituyó como tal, ha sido parte de ellos. Desde que los podemos percibir, los sonidos de la naturaleza nos han intrigado, inspirado y llevado a crear nuestras propias manifestaciones sonoras, instrumentos musicales y canciones. No podemos separar la música de la comunicación, y al cabo que el ser humano evolucionaba en su forma de comunicarse, lo hacían las manifestaciones musicales. (Gray, P., Krause, B., et al. Enero 2001) Nos apropiamos de la música a hasta convertirla en una manifestación intrínseca de nuestra especie de forma universal (desde la cultura más remota y primitiva, a la más avanzada). La música ocupa un lugar importante en la dimensión cultural, emocional y espiritual del ser humano.

“La música es una de las expresiones creativas más íntimas del ser, ya que forma parte del quehacer cotidiano de cualquier grupo humano tanto por su goce estético como por su carácter funcional y social. La música nos identifica como seres, como grupos y como cultura, tanto por las raíces identitarias como por la locación geográfica y épocas históricas. Es un aspecto de la humanidad innegable e irremplazable que nos determina como tal”
(Angel, Camus y Mansilla, 2008: 18).



Bajorelieve de terracota que representa un intérprete de arpa.
Civilización Babilónica segundo milenio AC. Museo del Louvre, Paris.
(DeAgostini, Hamer, 2014)

“The musician, however, is interested primarily in the art itself; he is absorbed in his activities as a performer or creator of music to think of its reason for being...”
(Fischer, 1929, *What Is Music?*)

Una mirada desde la musicología, por otro lado, pone énfasis en el contexto que rodea la música.

“Understanding a musical theme”. It means that someone had structured sounds making a theme and I, the listener, have to “understand” that construction, appreciate its perfection, recognize the constructive rules and in doing so have a pleasure - the pleasure of aesthetic perception. This is the core of it.
(Rakowski, 2001, *What is Music*)

Algunos animales producen sonidos que contienen los elementos de la música y van aún más allá; ciertas aves inscriben su canto dentro de lo que el ser humano reconoce como escalas pentatónicas o cromática.

Aventurarse a declarar de musicales a ciertos animales puede ser osado, ya que no podemos aseverar que un animal entiende por 'música' lo que nosotros al percibir un llamado, pero el fenómeno sonoro, el sonido propiamente tal sí puede serlo.

Existen razones para creer que la música tiene raíces biológicas. La teoría de que confirió ciertas ventajas evolutivas a quienes la producían, podría haberla hecho parte de una adaptación evolutiva que se insertó en los genes de quienes hoy la producen (tal como lo fue caminar erguidos y luego desarrollar lenguaje)(Crenson, M.. 2000).

These data provide the most rigorous empirical evidence to date of a bird song that makes use of the same mathematical principles that underlie Western and many non-Western musical scales, demonstrating surprising convergence between human and animal “song cultures”.

(Doolittle E, Gingras B, et al. 2014)

En el rito de apareamiento, un ave es capaz de crear lo que a nuestros ojos es bello, en el que hay decisiones estéticas implicadas (ya que el macho decide qué elementos llamativos formarán parte de su instalación), y la hembra, aunque sea por instinto, deberá optar (o no) por aparearse. (Brody, J. 1991). Ellos eligen lo que para nosotros es bello, aunque para ellos no sea belleza propiamente tal, sino algo llamativo definido por su instinto.

“Las decisiones de decoración no son automáticas, implican pruebas y cambio de opinión”, describe el fisiólogo Jared Diamond, uno de los primeros investigadores en estudiar el refugio de las aves.

Hoy la música también cumple funciones más allá de ser una expresión por la que sintamos mero placer estético. ¿Deja de ser música por darle un fin utilitario?, ¿Cuál es la diferencia entonces?

¿Comenzó la música a ser clasificada como tal, solamente cuando traía consigo una intención estética?

¿Qué era antes, si el humano (o quizá otro animal) la creaba? Entonces ¿somos los únicos que, a voluntad, creamos una pieza sonora que sea catalogada de música?



Carátula del álbum “Songs of the Humpback Whale” Capitol Records (1971). Álbum de música ambiental más exitoso de la historia.

3.1 La música en la historia del hombre

Hallazgos arqueológicos datan en más de 40.000 años el instrumento musical más antiguo; una flauta encontrada en Eslovenia al mismo tiempo que Europa y norteamérica estaban cubiertos de hielo y el homo sapiens convivía junto a los neandertales.

¿En qué momento el sonido pasó de ser un fenómeno manipulable con fines prácticos, a ser producido con fines estéticos, y por fin poseer aquella intención musical necesaria para ser catalogada como música? (según la musicología). Si esta flauta hace 40.000 años lo sugiere, la voz como instrumento ya existía y podría doblar o triplicar en el tiempo su condición musical.

“Musicologist like to hang up with what's around the music rather than the music itself. You should analyze music not from what is behind it but the phenomenon in itself”.

David Rothenberg

El músico chileno Ramón Gorigoitia tomó el canto de una ballena, lo tradujo a un pentagrama y lo interpretó en un instrumento de viento, la tuba, para crear “Canto Submerso” y así hacer del canto de la ballena, música.

David Rothenberg, músico, filósofo y escritor norteamericano intentó interactuar con una ballena jorobada a través de un clarinete y un altavoz bajo el agua, logrando a ratos generar lo que él llama un “dueto” debido a los encuentros tonales que ocurrían, como si la ballena tratara de imitar algunas notas de lo que sonaba por el altavoz.

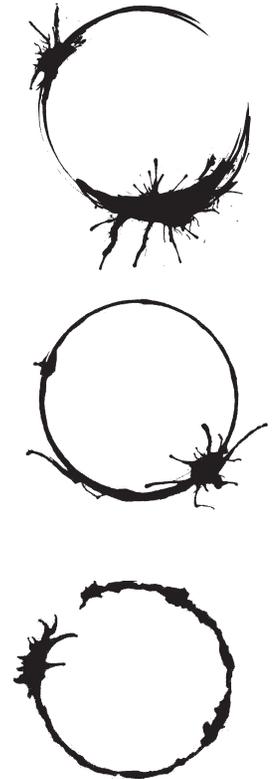
Tomar el canto de la ballena por música e interpretarlo, es traer a nosotros una manifestación sonora que proviene de otra dimensión, como si viniese de algún más allá del que no somos artifices. Algo que no fue creado por el ser humano siendo interpretado por el ser humano permite estrechar nuestro vínculo con aquello.

En el segundo caso, intentar interactuar con un animal difícilmente puede revelar qué quiso decir (como ladrarle a un perro. Por muy similar que sea un ladrido humano al del can, no podemos saber qué entendió el animal por ese ladrido), pero estos hechos revelan las intenciones del ser humano por intentar relacionarse con los animales y tomar aquello que es propio de su naturaleza, para la nuestra. No es tan distinto a que fuésemos visitados por una raza extraterrestre que se manifestara frente a nosotros como si quisiera comunicarse. Aunque realmente no sepamos con certeza lo que “quieren”, ¿No querríamos tomar aquello para entenderlo?. ¿Es acaso tan distinto a tomar estas manifestaciones animales y querer interpretarlas, entenderlas o apropiárselas?

Hemos visto que la música puede venir predefinida dentro de nuestros genes como una herramienta de sobrevivencia, como también obedecer a un fenómeno netamente cultural. En cualquier caso, queda demostrado que esta condición no es única del ser humano, ya que así como nosotros transferimos nuestras historias y cantos a lo largo del tiempo, la ballena también lo hace con su canto. La jorobada entonces adscribe a lo que entendemos como un ser cultural, pues se enseñan y aprenden mensajes entre individuos y poblaciones.

“... We just sort of hear them somehow being like music and if you, as a musician play along with them, you sort of join in with their music without needing to explain what the music is for”.

David Rothenberg



Pelicula Arrival (La Llegada). Los heptapodos son seres extraterrestres que visitan la tierra y se intentan comunicar por medio de estos logogramas. Una famosa lingüista es la encargada de interpretarlos para establecer comunicación.

3.2 Zoomusicología

La zoomusicología es el campo de la zoología y semiótica que estudia los sonidos producidos por animales no humanos, entendiendo los aspectos musicales de su comunicación tanto producida como recibida. El musicólogo Marcello Sorce Keller atribuye cualidades musicales a los sonidos animales, específicamente a los cantos de las ballenas y los pájaros, afirmando que en sus variaciones regionales pueden encontrarse similitudes con rasgos culturales en la música humana.

We think that the humpback whale song is a form of non-human culture. A Humpback whale learns the song of another humpback and passes it on. Some liken it to the human music, others to the songs of birds; it has elements of both. Within the frequencies that we can hear on our hydrophone and over thousands of kilometers of ocean, the culture of the humpback whale dominates the acoustic environments of the ocean. and it has for millions of years.

(Whitehead, H., Rendell, L. 2015).

3.3 Bioacústica

La bioacústica es la multidisciplina que estudia la relación entre biología y acústica, usualmente entendida como el estudio de la producción, dispersión a través del medio y recepción de sonido en animales, incluyendo al ser humano. Se interesa por la evolución que tienen los sistemas acústicos a lo largo de la historia y cómo estos son empleados por animales.

La bioacústica ha contribuido en el estudio de los cantos de las ballenas gracias a dispositivos como el hidrófono, el principal receptor de señales acústicas bajo el agua, capaz de traducir sonido a pulsos eléctricos y así recopilar los cantos de los cetáceos en gráficos de frecuencia. Son utilizados tanto por geólogos para detectar movimientos telúricos, como por servicios militares, que son parte de los sonares en submarinos.

Si el humano fuera capaz de percibir por sus propios medios la cantidad de sonido y vibraciones generadas por la gran mayoría de los insectos y animales que se comunican a través de vibraciones de mediana y baja frecuencia (elefantes y cetáceos que generan vibraciones infrasonido) o aquellas frecuencias ultra sonido (sobre 20.000hz) como los murciélagos, percibiríamos un festival de ruidos que solo la tecnología nos permite conocer.

Los científicos que estudian la bioacústica se interesan especialmente por la anatomía de los órganos involucrados en la producción y recepción de sonido, por lo que se hace indispensable acudir a esta disciplina para entender cómo es que las ballenas producen tales vocalizaciones.

3.4 Inspirados en la naturaleza

Como seres creadores que somos, nos hemos inspirado en la naturaleza para crear. Tal es el caso de compositores que han puesto atención a los sonidos que la naturaleza ofrece para componer piezas musicales, ya sea a modo de experimentar con otros individuos, o por el hecho de evocar a la naturaleza en nuestras mentes.

En el siglo XVIII, poco después de que Vivaldi escribiera “Las Cuatro Estaciones” (primer gran antecedente) existían piezas como las del compositor y clavecinista francés Jean Phillippe Rameau, quien a por medio de su pieza “La Gallina” (La Poule), imita el canto del animal.

Posteriormente, figuras como Oliver Messiaen con su “Catálogo de los Pájaros”, o el “Vuelo de la Alondra” de Ralph Vaughan Williams y tantos otros, suman una larga lista de autores que tomaron sonidos producidos por animales para llevar a cabo exploraciones musicales evocativas y a veces bastante cercanas a lo que podemos oír de un animal.

Existen incluso casos como los del compositor japonés Shinji Kanki, que hace música no para humanos, sino para delfines, basándose en parámetros sonoros que se encuentran en el sonido que emiten estos animales. Tal es la obsesión por querer vincularse con el animal, que el ser humano no puede escuchar esta pieza, puesto que es sólo perceptible por delfines.

Alan Hovhaness, compositor estadounidense quiso tomar el canto de la ballena para crear “Vox Balaena”(1971), una pieza de carácter orquestal post-moderno que evoca la manifestación de los cetáceos a través de instrumentos convencionales de viento y cuerdas.

Casos como estos demuestran de forma irrefutable cómo la humanidad y su faceta tanto científica como artística han tratado de acercarse a la naturaleza y los animales, invocándola por medio de su sonido y musicalidad, experimentando ya sea de forma sugerente o mimética. Porque son bellos, intrigantes, suficientemente cercanos pero nunca completamente comprendidos, esculpidos sabiamente por el paso de la evolución, y a fin de cuentas, son también parte de nosotros y nuestra historia. ¿Cómo no querer acercarnos, entenderlos, comunicarnos o sonar como ellos?

II.FORMULACIÓN



DEFINICIÓN DEL PROYECTO

PROPUESTA

PROCESO DE INVESTIGACIÓN

METODOLOGÍA

PROTOTIPADO

PROYECCIONES

CONCLUSIONES PRELIMINARES / OPORTUNIDAD

- ▶ Los cetáceos son animales complejos de investigar. La única manera de estudiarlos es a partir de registros o de cadáveres, lo que presenta una barrera para adentrarnos en su investigación. Sus dimensiones y el medio subacuático dificultan de forma considerable su estudio en terreno, condición que los mantiene alejados de nosotros.
- ▶ Existe un nicho reducido de personas dedicadas al estudio de los fenómenos sonoros producidos por mamíferos marinos. Estos cantos se han venido registrando durante los últimos cincuenta años -relativamente poco tiempo- y se han hecho seguimientos que intentan comprender los patrones que los modifican. Todo esto permite saber más acerca del animal, su comportamiento y su sofisticado método de comunicación y ordenamiento social, pero quedan aún muchos misterios sin ser resueltos.
- ▶ Es de gran fascinación que estos animales produzcan vocalizaciones. A menudo, estas son asociadas a música relajante o terapéutica, pero se desconoce el verdadero sentido por el que ocurren. La ciencia se esfuerza en desentrañar los misterios de la naturaleza con hipótesis, suposiciones y utilizando herramientas matemáticas y digitales, pero no se ha intentado recrear un instrumento que le dé forma al fenómeno fuera del animal.
- ▶ El acceso a la información relacionada con este fenómeno sonoro está reducido a un pequeño campo de estudio e investigadores, y por ende es poco lo que se difunde al público común de este conocimiento.
- ▶ El sistema acústico de la ballena presenta condiciones muy especiales, puesto que un mecanismo sometido a grandes presiones bajo el agua, debe mantener un flujo de aire continuo dentro de sí y producir un sonido que abarca un amplio rango de frecuencias que viaje largas distancias. Además, el sonido pertenece a un comportamiento de comunicación muy complejo, que es dinámico, evoluciona con el tiempo y demuestra la inteligencia y capacidad de aprendizaje que tienen estos mamíferos.
- ▶ El mecanismo con que canta la ballena presenta posibles aplicaciones que no han sido exploradas fuera del animal. Su investigación no solo contribuye a la ciencia, sino a posibles nuevas configuraciones sonoras, tecnológicas y mecánicas.
- ▶ Estos animales nos atraen. Su tamaño, sus cualidades y su comportamiento hacen de este animal uno del que queremos saber más y entender mejor.

ÁMBITO DEL PROYECTO

Este proyecto tiene por objetivo desarrollar un proceso de exploración que implica necesariamente vincularse con las diversas miradas y disciplinas que están de un modo u otro vinculadas a los cetáceos, bajo la óptica del diseño. Así, potenciar la comprensión de estos fenómenos de la naturaleza y contribuir en la educación e investigación.

La manera que tenemos de relacionarnos con los animales es diversa. Los observamos etológicamente, los admiramos estéticamente, los imitamos mecánicamente y nos inspiramos en ellos artísticamente. Esta diversidad le otorga al proyecto un carácter interdisciplinario, puesto que considera esas miradas para plantear posibles vectores de salida.

Una gran virtud de este proceso ha sido recabar testimonios de expertos en distintos ámbitos, que van de la ciencia pura y exacta, a la mirada filosófica y abstracta que se pueda tener sobre la condición musical de estos animales.

¿Por qué esto es relevante? Las ballenas nos han encantado desde siempre y difícilmente dejan indiferente a alguien, ya sea por su enorme tamaño, por su sofisticado comportamiento e inteligencia, o por sus sugerentes cantos. Este proyecto intenta contribuir a ese gran interés que reúnen las ballenas y su mundo, desde múltiples miradas. Indagar en torno a esta temática es estrechar nuestro vínculo con los animales, y en especial, con un mamífero como nosotros que podemos admirar desde nuestras costas.

“If we understand how whales generate and transmit sound underwater, then we could for example develop or improve communication devices for underwater transmission. This is useful if you are trying to duplicate the system in order to determine how it works. The whale larynx may function in a novel way, having a new mechanism not yet observed or understood”.

Prof. Joy Reidenberg, Center for Anatomy and Functional Morphology, Icahn School of Medicine at Mount Sinai.

PROPUESTA

▶ QUÉ

A partir de una investigación de los principios anatómicos y acústicos de la ballena jorobada, desarrollar un proceso de prototipado que busque instrumentalizar su canto.

▶ POR QUÉ

Los cantos de las ballenas son un fenómeno conocido, pero no se tiene claridad acerca de su funcionamiento ni las implicancias o usos que podría tener. Su mecanismo no se ha intentado reproducir en nuestro medio, lo que significa abrir terreno en un campo desconocido y explorar sus posibilidades.

▶ PARA QUÉ

Este proceso implica profundizar en el estudio de su funcionamiento, hasta el punto en que podamos llegar a aprehender e implementar dicha función. Reducir la complejidad del sistema al intentar comprenderlo (ingeniería inversa) facilita la posibilidad de enseñarlo y contribuye al conocimiento, la investigación y al desarrollo de nuevas posibilidades que no han sido aplicadas desde el diseño.

En últimas, dar a conocer este fenómeno estrecha nuestro vínculo con el animal, lo que colabora en su cuidado y conservación.

▶ OBJETIVO GENERAL

Llevar a cabo un proceso de investigación y prototipado que replique las características del sistema acústico de la ballena jorobada

▶ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1- Comprender las características del sistema acústico de la ballena.
- 2- Explorar su funcionamiento a través de un proceso de prototipado
- 3- Solicitar la contribución de expertos en disciplinas relacionadas al estudio del animal y su canto.
- 4- Indagar posibles aplicaciones y vectores de salida que ofrece este mecanismo y su investigación.

VISIÓN

Instrumento de exploración

Cuando nos referimos a un instrumento de exploración, nos referimos a llevar a cabo procesos de búsqueda. Estos suelen no estar definidos previamente, puesto que no han sido (o muy poco) recorridos antes. Eso hace del proceso un camino difuso, de tanteo, diálogo y constante iteración.

El diseño cumple un rol como articulador o facilitador de información, ya que al estudiar un fenómeno como el canto de las ballenas, estamos trayendo a nosotros un fenómeno que se encuentra lejos, escondido y fuera de nuestro alcance para entenderlo.

La ciencia, por su parte, trabaja con información incompleta -a través de los registros de los cantos o los cadáveres-, por ende no logran responder todas las preguntas.

Traducir fenómenos complejos

El conocimiento que se tiene del fenómeno del canto de las ballenas es limitado y a la vez está determinado por una serie de factores muy particulares que dificultan su replicabilidad. Es por esto que el proceso implica reducir la complejidad del fenómeno hasta llevarlo a sus partes más esenciales. De esta manera, estaremos comprendiendo el sistema de forma simplificada sin que pierda su funcionalidad.

- ▶ “El carácter provisional y frágil del prototipo (su naturaleza consiste en generar conocimiento desde la producción de fallas) surge entonces como una característica fundamental, puesto que de aquí deriva su capacidad para gatillar eventos imprevistos” (Michael, 2012).
- ▶ “Lanzarse en procesos de prototipado es implicarse en formas de conocimiento incompletas e inacabadas, abiertas a lo “que podría llegar a ser” (Imhoff, Quirós, & de Toledo, 2016; Mazé, 2016; Savransky, Wilkie, & Rosen Garten, 2017)”
- ▶ “El prototipado no impone ni pre-configura, sino que su razón de ser es dejar que **surjan realidades a partir de sus sucesivos fracasos y fallas, obligando a reconsiderar otros caminos y preguntas. Se trata de una actividad emergente que permite la exploración de escenarios posibles** (Tironi & Hermansen, 2017; Binder et al., 2015; DiSalvo, 2014), y se yergue como un mecanismo privilegiado para reensamblar y reflexionar sobre lo que podría llegar a ser. El prototipado instaura una comprensión de la política abierta a lo potencial, una relación con el presente basada en lo especulativo: logra hacer presente, performativamente, mundos y posibilidades políticas todavía ausentes”.

Repensando la política desde el diseño (y el diseño desde la política)

Martín Tironi

REFERENTES Y ANTECEDENTES

Referentes

Museo interactivo Mirador:

Espacio que ofrece una experiencia de asombro, curiosidad y acercamiento al mundo de la ciencia, mediante una propuesta educativa lúdica, interactiva y de exploración autónoma. Expone fenómenos de las ciencias, la física, química y biología en un lenguaje que es interactivo y comprensible para los usuarios y de esta manera se genera el aprendizaje.



Biomímesis:

La biomímesis (de bio, “vida”, y mimesis, “imitar”) es la ciencia que estudia a la naturaleza como fuente de inspiración de nuevas tecnologías innovadoras para resolver problemas humanos que la naturaleza ha resuelto, a través de modelos de sistemas (mecánica) o procesos (química), o elementos que imitan o se inspiran en ella.

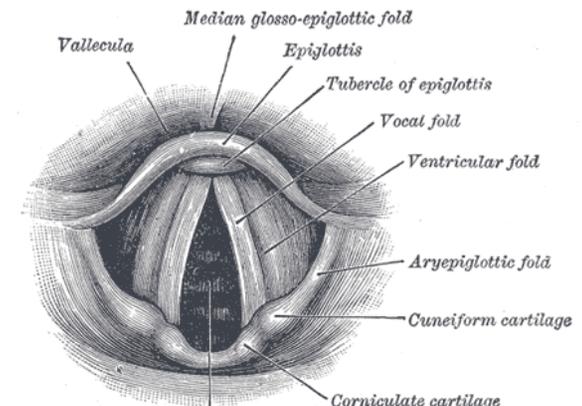
Se describe como la ingeniería que hace referencia al proceso de entender y aplicar a problemas humanos soluciones procedentes de la naturaleza, en forma de principios biológicos.



Voz humana:

Las cuerdas vocales humanas son la parte del aparato fonético directamente responsable de la producción de la voz. Es un referente directo de la mecánica que utilizan las ballenas y otros mamíferos para emitir sus vocalizaciones.

Estas cuerdas son membranas que vibran a alta velocidad según una tensión (tono) determinada. Existe más información sobre la laringe del ser humano que de la ballena, por lo tanto es un referente a considerar para entender mejor el mecanismo.



Antecedentes

Canto Submerso:

El músico chileno Ramón Gorigoitia transcribió el canto de la ballena jorobada a una partitura para llevar a cabo una performance que sería interpretada en tuba. Gracias a las propiedades sonoras del instrumento, le permito alcanzar un sonido muy similar al del animal, pero más importante que eso, hacer del animal una entidad musical.

Arcontínuo

Instrumento desarrollado por académicos de la UC, donde se combinan las disciplinas de la ingeniería, música y el diseño para crear un dispositivo curvo que otorga gran expresividad musical. Este instrumento es un controlador que debe ir conectado a una interfaz MIDI, condición que le ofrece infinitas posibilidades sonoras ya que los sonidos provienen de un banco digital.

La interacción con el dispositivo es su gran virtud., puesto que este nace de la expresión corporal al momento de interpretar un instrumento, tomando la forma que tiene.

Duet with a whale

El músico David Rothenberg ha intentado interactuar con ballenas más de una vez. En este caso lo hizo a través de su clarinete que amplificó bajo el agua. El registro de este estudio dio pie para plantear una serie de hipótesis en torno a la capacidad de “diálogo” que podrían tener las ballenas al escuchar estímulos sonoros similares.

Canto submerso
für mikrophonierte Tuba & Zuspil
Ramón Gorigoitia 1

Position A
S.M. Tuba (Luft einblasen) ca. 40"

Tuba
(mf)

Start: 0"
Tape

Bewegt sich sehr langsam vorwärts zur Position 2

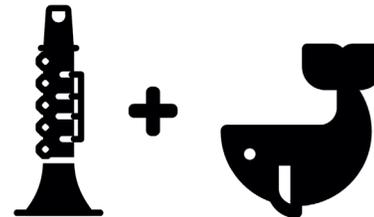
nach oben
Gliss.
mp

1'15"

Laufbahn

A B C D

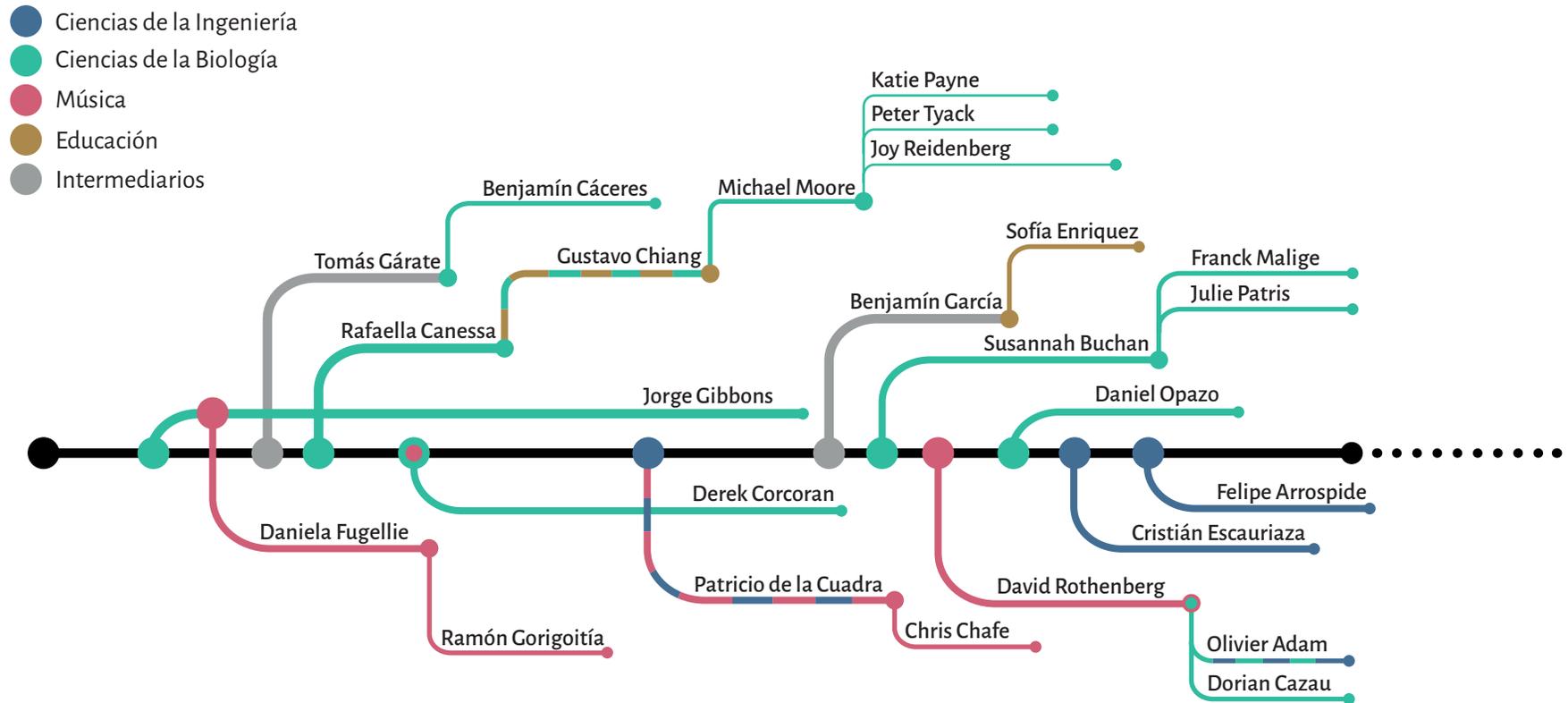
Ablauf: A - B
B - D
D - C



VÍNCULO CON EL MEDIO

El carácter interdisciplinario del proyecto implica abrir un diálogo con aquellos expertos que tienen relación con el fenómeno del canto de la ballena.

Ya sea desde la música, la biología del animal, la ingeniería o la educación, la opinión de los expertos en la materia contribuye tanto a la validación del proyecto como en la toma de decisiones.



Apreciaciones de autoridades en la materia

- ▶ Dear Cristóbal, your questions are all very good ones. Unfortunately, we do not have all of the answers, because we can only study dead whales. In order to know this, we have to study air flow and vibrations in a live whale. However, this is not practical in the foreseeable future. I like your idea of modeling the larynx out of similar materials to observe what is actually vibrating when the correct sounds are achieved. We have also proposed to do something similar, using a 3-D printed model. However, we have not accomplished this yet.

We have reconstructed what we think is vibrating and what is a resonance space based upon the geometry and positions of the tissues...”

En una entrevista a The Virginia Pilot, Science & Technology agrega:

“Studying whales’ adaptations to diving and living in a high-pressure, cold environment could inspire creative treatments for humans”, she said. Reidenberg hopes that her work will help figure out Sudden Infant Death Syndrome and come up with treatment options for speech impairment or gastro-esophageal reflux disease, a disorder in which stomach acid can irritate the throat, nose, mouth and middle ear.

“Studying whales allows me to see the extremes of adaptation. In order to understand how sounds are created, you not only have to understand what generates sounds, but the position of that organ to the spaces around it,” Reidenberg said. “Whales are nature’s bizarre animals. It’s one of the reasons we went to whales...”

*Joy Reidenberg, Center for Anatomy and Functional Morphology, Icahn School of Medicine at Mount Sinai.
Experta en anatomía y canto de ballenas.*

-
- ▶ Los individuos de una población tiene en común el canto, y este se lo enseñan entre individuos de distintas poblaciones. No sabemos cómo ocurre este proceso de enseñanza, pero nos interesa tratar de entenderlo. Es probable que la tecnología sea determinante para el estudio, cada vez más.

Jorge Gibbons, Biólogo de la Universidad de Magallanes y el Instituto Antártico Chileno.

-
- ▶ Este tipo de proyectos nos tiene una salida que nos interesa desde el mundo de la educación y conservación museográfica. Justamente con el museo de Historia Natural estamos preparando una exposición sobre ballenas para el próximo año y este proyecto tiene un lugar posible ahí. Nos gustaría relacionarlo más a la ballena azul dado el interés de MERI.

Entrevista con Gustavo Chiang, Director Fundación MERI

- ▶ “(about the project) Basically it's a very interesting idea which could go in many directions. One interesting way to do it is to really try to help scientist who are trying to figure this out, with something that is based in physical principles we know it's there, that's very interesting.

With this, you sort of suggesting something about how it happens and its really cool and people will like that. The hardest thing its actually to make it real and accurate. [...]you should analyze music not from what is behind it but the phenomenon in itself”.

David Rothenberg, professor of philosophy and music at the New Jersey Institute of Technology. Autor de varios libros relacionados con los sonidos de los animales y la música de la naturaleza.

- ▶ Justamente en este momento, estoy involucrado en el estudio poblacional de ballenas jorobadas de la península Antártica y el museo, es una iniciativa que comenzamos hace cuatro y pretende unificar las Ciencias con el Arte, la Cultura y la Educación, con el gran objetivo de poner en valor nuestro Patrimonio Natural a través de la construcción de un Museo de Historia Natural

Benjamín Cáceres, Biólogo Marino y director del Museo de Historia Natural Río Seco, Magallanes.

- ▶ El gran valor que tiene este proyecto es recuperar este principio con el que la ballena emite sus sonidos. En la música no existen instrumentos que funcionen así de forma aislada. Este proyecto tiene un importante carácter transdisciplinario. Sería bueno dialogar con la ciencia, aunque para generar un aporte ahí, debe haber rigurosidad.

Patricio de la Cuadra, Ingeniero y Músico, master en Ciencias y Artes U. Stanford. Profesor de Instituto de Música UC

- ▶ Como biólogo y aficionado a la música, he investigado en detalle las vocalizaciones de la ballena jorobada. Estas tienen un sistema de vocalizaciones muy interesante pero aún poco descifrado. Me gustaría tocar un instrumento que emulara este animal.

Derek Corcoran, Biólogo PhD Ciencias de la Ecología UC

- ▶ “Sound plays a vital role in the lives of marine mammals; understanding how they use acoustics provides inspiration for man-made systems, whilst monitoring the impact of man-made noise is important for their conservation.”

Paul White, Professor of Statistical Signal Processing within Engineering and the Environment at the University of Southampton.

- ▶ “Primero, con respecto a la idea y las salidas posibles, en una primera lectura, creo que al ser un elemento de diseño el que planteas precisamente su plus es que este pueda ser entendido y manipulado por todo aquel que desee explorarlo. Con respecto a la salida musical me la imagino como el mismo elemento pero presentando otras cosas, en el fondo lo que formé en mi mente al leer la idea es un mismo instrumento pero mostrado de dos maneras distintas, tanto en contenido como en modo de manipulación. Yo estuve conformando el equipo de diseño de la nueva sala de neurociencia (como diseñadora gráfica), tu elemento si lo imagino dentro de lo museográfico.

Si te decides en efectivamente crear este instrumento para espacios de exhibición, tienes que plantearte como base una serie de factores, cual será tu público, si será una instalación de fácil o complejo desplazamiento, si será pensada para exposiciones fijas/espacios pre determinados, si varía en sus dimensiones según contexto/lugar”.

Sofía Enríquez, Diseñadora de Museo Interactivo Mirador.

- ▶ We work on sound generator of humpback whales. Please find our recent papers of it. We also developed a mechanical system in collaboration with Prof Paul White and Dr Dorian Cazau. I don't know but maybe some exchanges could be interesting to think about. My main focus are signal processing and pattern recognition applied to Bioacoustic applications. I'm working on detection and localization of marine mammals using passive acoustics. My research project consists to analyse the sound emitted by cetaceans, especially sperm whales, blue whales and recently humpback whales. These studies are based on the segmentation of recordings and on the extraction of the pertinent information for characterizing the species or the individuals.

Olivier Adam, professor of bioacoustics at the University of Paris VI.

Thanks for your email Cristobal. I am afraid that not that much is known about the details of sound production in baleen whales. I attach one of the few papers that suggests something specific enough for you. Do not be put off by the math and scans in the first part. The crux for you is sections 5 and 6. I hope fig 10.17 gives you enough detail to work from.

*Peter Tyack, Centre for Social Learning & Cognitive Evolution.
Marine Alliance for Science & Technology Scotland
Sea Mammal Research Unit*

- ▶ “Una cosa que sí nos interesa, es entender cómo se propaga el sonido en el ambiente marino. Hay sonidos de baja frecuencia que se comportan distinto a la distancia que uno se encuentre.

Necesitamos entender mejor la propagación de sonido para luego poder decir: “mi hidrófono está escuchando a 10, 50 o 100 kms.” con un hidrófono estamos un poco ciegos, escuchamos pero no sabemos a qué distancia estamos. Entender mejor la producción en un dispositivo de baja frecuencia puede informarnos estos modelos de propagación. Saber cuan fuerte, a qué decibeles, etc.

No se ha podido aún contar animales acústicamente, pero todos nuestros esfuerzos de nuestra comunidad van para allá.[...]

El tema de difusión de esta información es un ámbito importante de este proyecto. El ser humano finalmente se mueve mucho por cantos y por música. Hay una conexión emocional que tenemos con el sonido y la música que a veces no tenemos con lo visual.

Entonces yo creo que meterse en eso es muy potente en términos de conservación. En los cetáceos estamos hablando los corazones y cerebros del mar, y nosotros somos los de la tierra, tal vez. Hay un carácter más poético y de conservación porque, bueno, son mamíferos, están cantando, y el canto es vida, y para nosotros también”.

Susannah Buchan, Oceanógrafa, Universidad de Southampton.

**Para mayor detalle, consultar el material anexo.*

- ▶ “En lo personal no he visto nada de este estilo, creo el paso siguiente es integrar distintas disciplinas. Juntar a ingenieros y biólogos,.. de repente hay gente que tiene ideas pero no tiene manejo de la tecnología o esos conocimientos, o gente que tiene manejo de esa tecnología a veces carece de ideas.

Talvez como instrumentos, es una aplicación más didáctica. Si quieres replicar el mecanismo para producir bajas frecuencias, existen los sonares de los submarinos por ejemplos, pero son impulsos eléctricos u ondas de radio. Lo que se me ocurre es que hay situaciones en las cuales no podrías aplicar un sonar, por lo tanto este dispositivo análogo puede suplir una necesidad de ese estilo.

Nuestra voz es bastante ineficiente para comunicación de larga distancia, por eso se inventó el telégrafo, ondas eléctricas, y luego la radiofrecuencias. Desde ese punto de vista podría haber algún tipo de aplicación de bajo costo, lograr mismos resultados de forma análoga.

Si se transforma una onda de sonido a energía eléctrica, podría manipularse.

creo que falta más diálogo, convocar a músicos o biólogos. Alguien que trabaje con ductos o con turbinas podría ayudarte, ya que tienen más manejo de flujos de aire”.

Felipe Arróspide, Magíster en Ciencias de la Ingeniería, mención Ingeniería Hidráulica.



PROCESO DE INVESTIGACIÓN

Simplificación del modelo

La estructura acústica de la ballena jorobada consiste en un complejo sistema de músculos, membranas y sacos que se expanden y contraen. Simplificar el sistema permite entender mejor su funcionamiento. (Esquema 1)

Para emitir su canto, la ballena debe emerger para tomar aire y llevarlo a sus pulmones. Una vez sumergida ocurre la gran particularidad de este mecanismo:

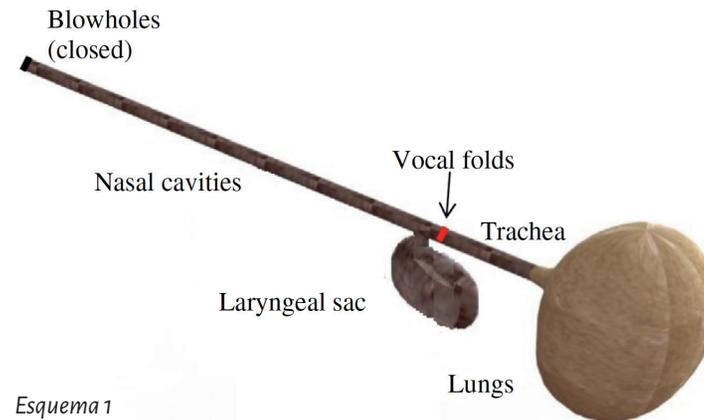
Cuando la ballena canta utiliza aire, pero este aire no sale expulsado del animal, sino que lo reutiliza dentro de sí. Es capaz de generar un flujo que va de ida y vuelta con una cantidad única de aire.

La bióloga norteamericana Joy Reidenberg es autora de uno de las publicaciones más citados en el mundo de la ciencia que investiga estos fenómenos. Este documento ha sido la hoja de ruta para intentar comprender y traducir el modelo acústico de la ballena.

“La presencia de un pliegue vocal homólogo ofrece una nueva visión tanto sobre los mecanismos de producción de sonido que tienen los cetáceos, como en la divergencia evolutiva por la que pasaron los mysticetos y odontocetos”.
(“*The presence of a vocal fold homolog offers a new insight into both the mechanism of sound generation by mysticetes and the divergent evolution of odontocete and mysticete cetaceans.*”)
Joy Reidenberg.

Homólogo: Relación de correspondencia que ofrecen entre sí partes que en diversos organismos tienen el mismo origen aunque su función pueda ser diferente.

Modelamiento del instrumento



Esquema 1
(Reidenberg & Laitman, 2007).

En base a este modelo que se propone este generador de sonido:

- 2 fuentes de aire, (1) los pulmones y (2) el saco laríngeo.
- Estas dos fuentes de permiten dos direcciones opuestas del flujo de aire.
 - (1) Los pulmones son la fuente de aire cuando el aire fluye por la tráquea hacia el saco laríngeo y las cavidades nasales. Este flujo de salida incrementa el volumen del saco laríngeo, que actúa como receptor.
 - (2) El saco laríngeo es la fuente de aire cuando el flujo de aire se pasa por la tráquea hacia los pulmones. Este flujo de ingreso de aire disminuye el volumen del saco laríngeo.
- Existen dos resonadores acústicos: (1) las cavidades nasales, y (2) el saco laríngeo.

Este fenómeno equivale a lo siguiente: Tapa los horificios de tu nariz y boca, sin que entre ni salga aire. Ahora intenta emitir algún tipo de sonido. Verás que incluso hay un cierto parecido en el tipo de sonido y una vibración en la garganta. Así opera el canto de la ballena.

Debido a su estructura más rígida, el principal resonador del canto son las cavidades nasales (el tracto). Para el esquema y la investigación, el conducto nasal emparejado (dos pulmones como nosotros) se asume como una sola vía respiratoria. Este tubo está cerrado a los dos extremos, ya que (1) no escapa el aire desde el tracto respiratorio cuando la ballena está emitiendo los cantos y (2) no hay otro lugar adicional (aparte del saco laríngeo y los pulmones) donde podría almacenarse el aire.

(Reidenberg & Laitman, 2007).

El saco laríngeo es considerado como un artefacto resonador, pero pobre en comparado al tubo, ya que las propiedades del tejido del saco, al ser blandas y expandibles, no potencian la vibración.

Este instrumento no produce un sonido simétrico, es decir, igual cuando el aire va en una u otra dirección.

(Video <https://youtu.be/rysR5SNwrn8>)

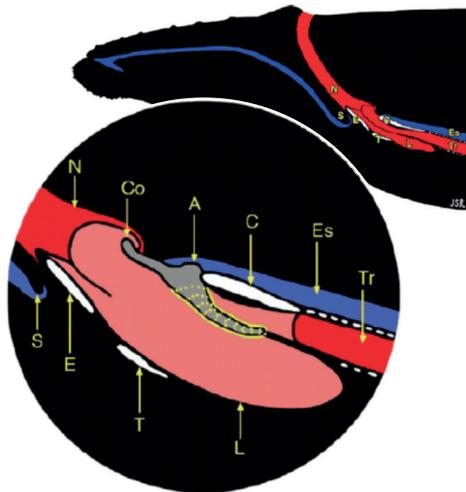


Fig. 2 Laryngeal anatomy for baleen whale A : arytenoid cartilage, C : cricoid cartilage, Co: corniculate cartilage, E : epiglottic cartilage, Es: esophagus, L : laryngeal sac, N : nasal passageway/nasopharynx, S : soft palate, T: thyroid cartilage, Tr: trachea. (Reidenberg and Laitman, 2007)

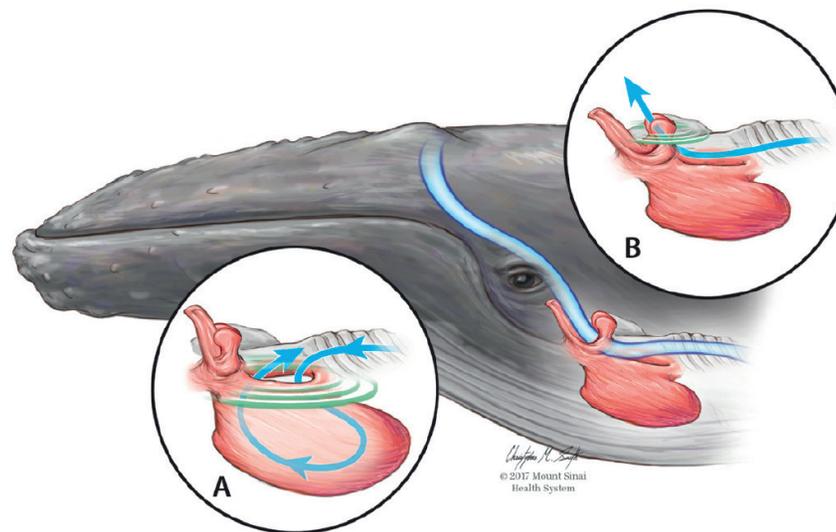


Fig. 3 Dibujo esquemático de la laringe (rojo) y el tracto vocal (azul) de un mysticeto. A: primer plano de la laringe, que indica el par de pliegues vocales en forma de U que protegen la abertura en el saco laríngeo y se orientan en paralelo a la tráquea.

La parte frontal de la laringe está cerrada por la oposición de los cartílagos epiglótico y corniculado, lo que provoca la desviación del flujo de aire (flecha azul) desde la tráquea hacia el saco laríngeo. Este flujo de aire causa vibraciones de plegado, generando sonidos de baja frecuencia (arcos verdes más grandes).

B: pliegues vocales cerrados y flujo de aire que pasa por encima de la epiglottis y entre los colgajos emparejados del cartilago corniculado. Estas aletas pueden aplaudirse para producir sonidos pulsados (arcos verdes más pequeños).

(© 2017 Mount Sinai Health System. Illustration by Christopher M. Smith.)

La voz humana como referente

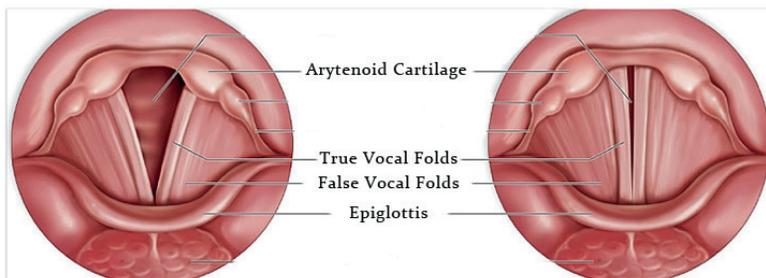
Como mamíferos, los humanos y ballenas evolucionamos de un ancestro en común, y hasta el día de hoy guardamos ciertas similitudes. Una forma de entender cómo se producen los cantos de las ballenas es tomar algunos aspectos en la manera en que nosotros vocalizamos.

Los pliegues vocales de la mayoría de los mamíferos consisten en músculos en v que vibran a una alta frecuencia y producen sonido. Según el tipo de vocalización, la orientación de los pliegues tiene una posición determinada dentro de la laringe.

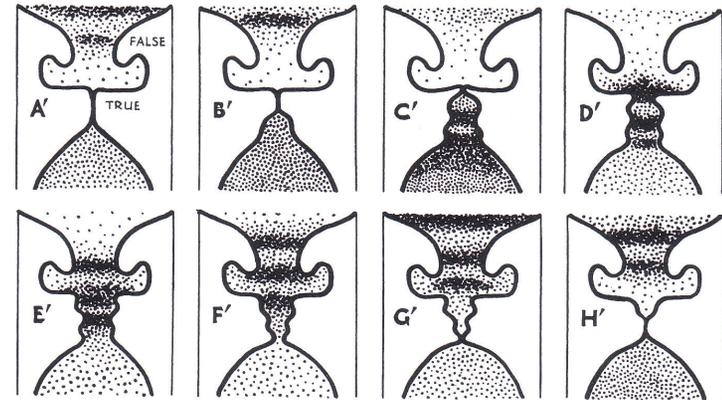
(Video: <https://youtu.be/VqxHMDIfxkk>)

En las ballenas, los pliegues vocales difieren del resto de los mamíferos por la orientación que tienen, puesto que van casi paralelos a la tráquea, a diferencia de otros mamíferos semi-acuáticos que va perpendicular. (fig. 4)

Otra característica propia de los cetáceos es que pueden generar sonido cuando el aire va en ambas direcciones, a diferencia de nosotros que es solo cuando expulsamos el aire por la boca.



- ▶ El tejido de las cuerdas vocales se abre y se cierra a una gran velocidad. Ese proceso genera una vibración y por ende el sonido de nuestra voz.



- ▶ Corte en elevación que muestra el flujo del aire a través de las cuerdas vocales humanas saliendo desde los pulmones. (Vennard, W., *Singing: The Mechanism and the Technic*. New York: Carl Fischer, 1967)

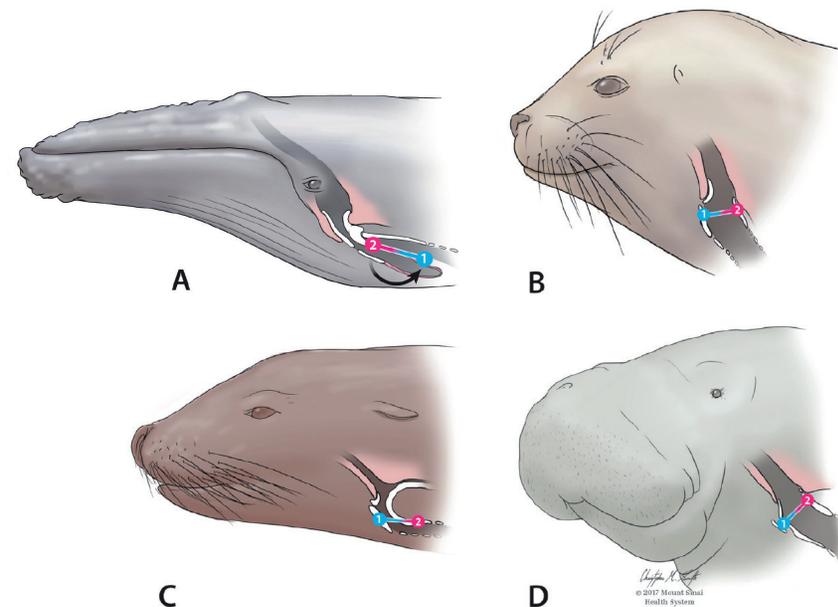
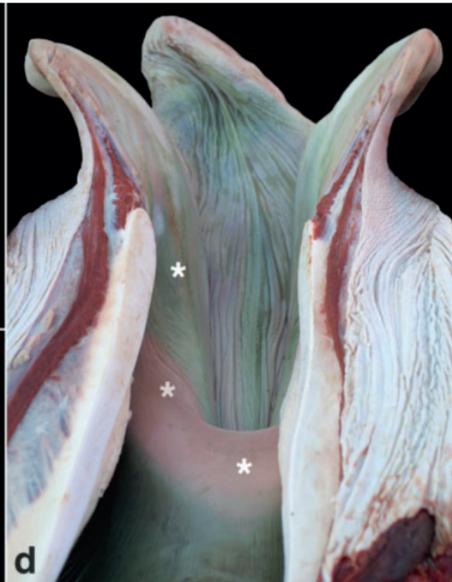
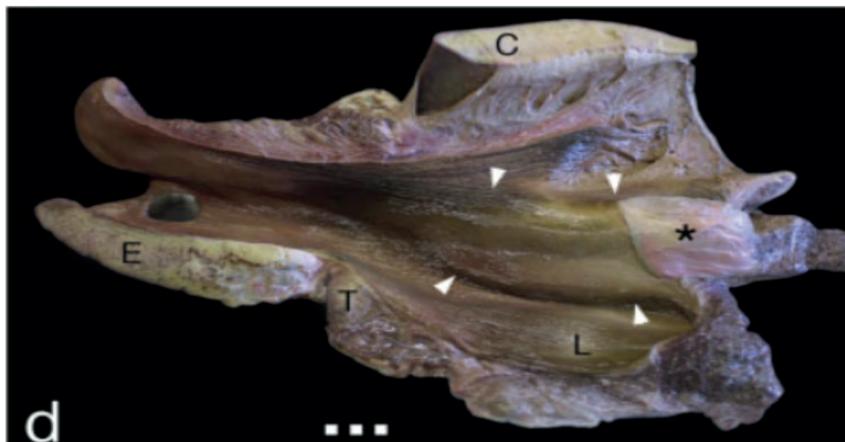


Fig. 4. A: Ballena Jorobada, B: Foca, C: Lobo Marino y D: Manatí.
(© 2017 Mount Sinai Health System. Illustration by Christopher M. Smith.)

Pliegues vocales de la ballena

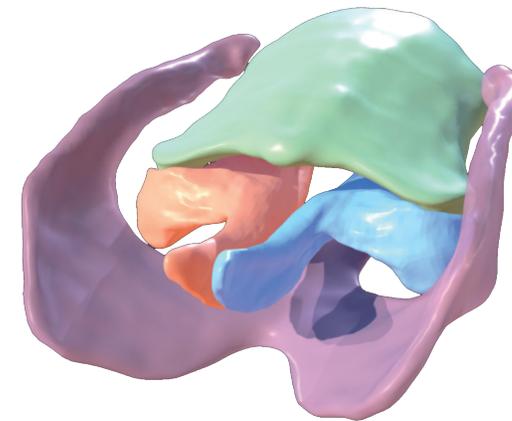


Diseción de los pliegues vocales o u-fold, el elemento que produce el canto. Ballena jorobada. (Reidenberg and Laitman, 2007)



Existen pocas imágenes que muestran cómo es el órgano que produce el canto dentro de la ballena. Estas son algunas de las imágenes tomadas por Joy Reidenberg en sus investigaciones. No se conoce exactamente cómo funciona este músculo, pero se le atribuye una propiedad vibratoria a los tejidos más duros y cartilagosos.

La imagen de abajo a la izquierda (d) muestra el perfil de la válvula, donde se identifica el saco laríngeo (L).



Modelo 3D de la anatomía de la ballena. (Christopher Smith)

Corte lateral de la válvula u-fold, o pliegues vocales. (Reidenberg and Laitman, 2007)

METODOLOGÍA

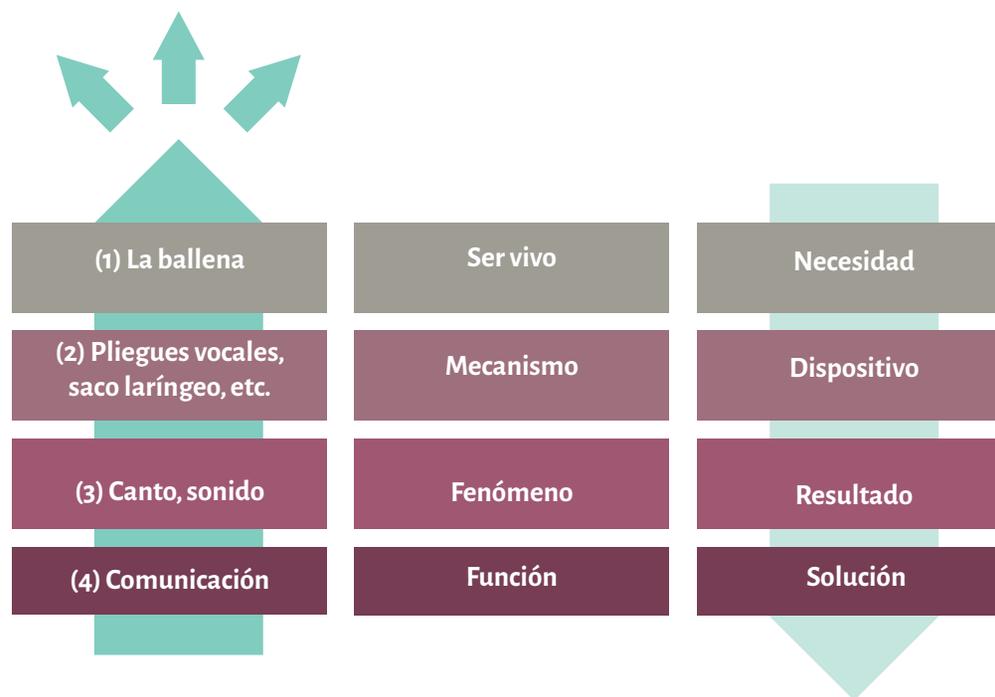
Parte por parte

Los cantos tienen dos maneras de estudiarse: la social, aquella que se centra en el fenómeno sonoro y el rol que tiene en la “sociedad de las ballenas”; y el órgano mismo que produce el sonido, es decir, el sonido y el instrumento. Este proceso comienza con la observación del fenómeno sonoro, que luego nos lleva a su lugar de origen: cómo se producen.

No se sabe aún cómo operan los pliegues vocales en detalle, cómo alcanzan frecuencias tan altas y graves a la vez, ni cómo se comporta cuando el aire va en una dirección u otra dentro del tracto respiratorio.

Lo que se sabe, es que estas vocalizaciones corresponden a una respuesta evolutiva que se produjo gracias a la necesidad de comunicarse entre individuos. En un proceso inverso, podemos decir que la **(4) comunicación** es la consecuencia o resultado de un **(3)canto**. Este funciona gracias a un **(2)mecanismo** y que se encuentra dentro del animal, **(1)la ballena**.

El ejercicio se puede extrapolar más allá, situando a la ballena en un contexto social (la comunidad de ballenas), que vive en un medio (el mar), compuesto de tales características. De esta manera ampliar la investigación hasta generar hallazgos más profundos que nazcan de una mera observación.

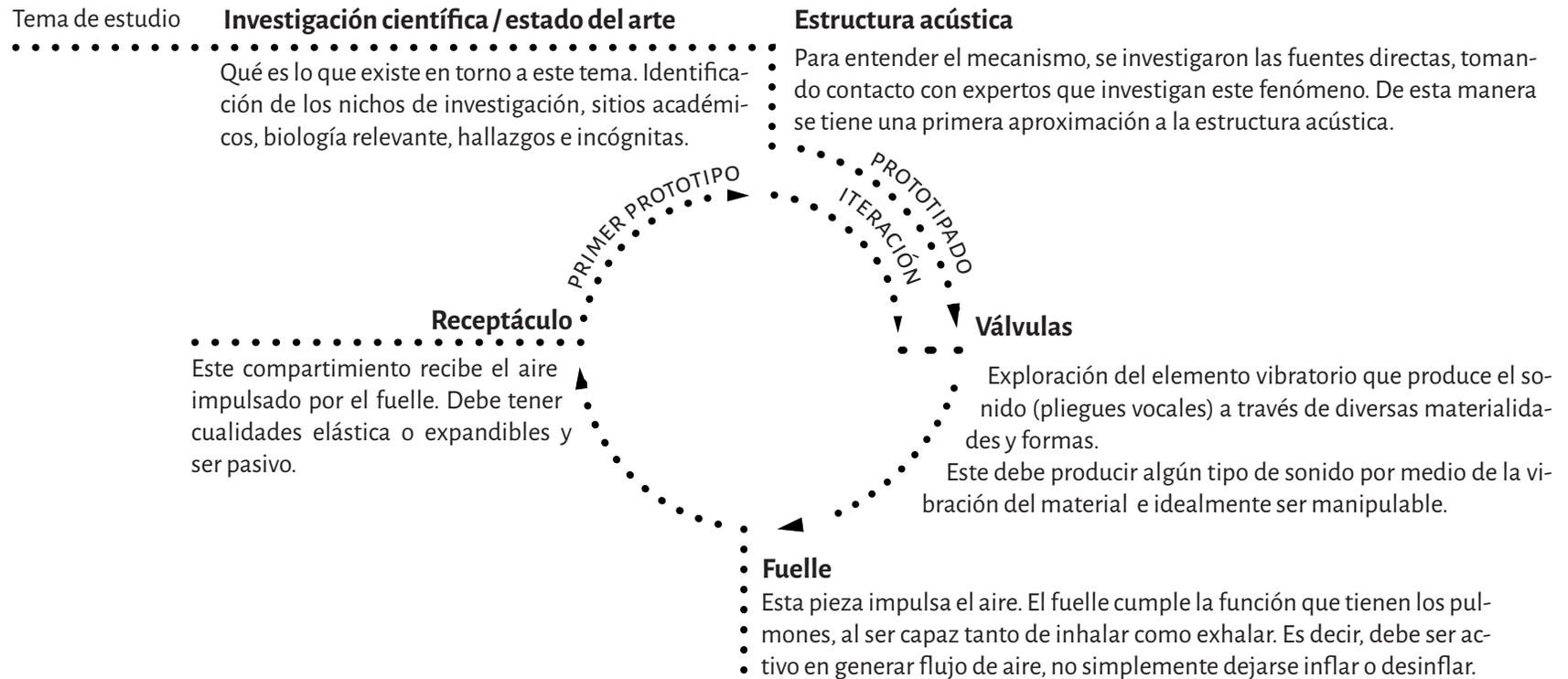


Prototipado

El proceso de prototipado propuso entender por separado las partes del sistema, partiendo por la válvula, ya que es la que genera el sonido. Una vez prototipadas ciertas posibilidades con las que se puede lograr un resultado sonoro a partir un modelo primitivo, es necesario conectara un fuelle tanto que empuje el aire, como que lo reciba. Las vías respiratorias como la tráquea se reproducen con tubos PVC y mangueras.

Por último, el saco laríngeo, que es el receptáculo donde se almacena el aire debe cumplir con ciertos aspectos que lo hagan inflarse y desinflarse con facilidad.

Una vez testeados por separado, el sistema debe funcionar como un todo, generando (1) un flujo bi-direccional de aire,(2) que produzca sonido y (3) sea herméticamente sellado.



PROCESO DE PROTOTIPADO

1. Válvulas

Una válvula es un dispositivo que regula el paso de un fluido a través de un sistema. Este puede transformar la energía que lo activa (aire -> vibración -> sonido). Las cuerdas o pliegues vocales son un sistema mecánico que funciona de esa manera.

Dada las características de escala y materialidad propias de la ballena, para prototipar el mecanismo se debe reducir su complejidad. Esto implica que los resultados sonoros sean distintos, pero mantengan las características mecánicas.

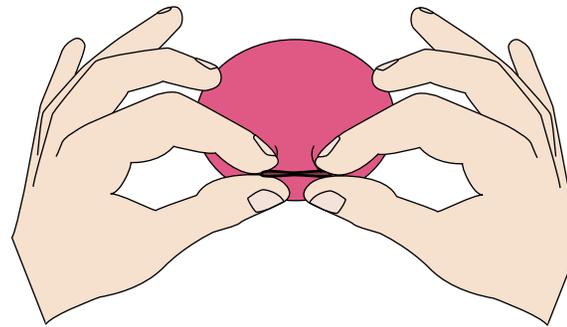
En los instrumentos musicales, (saxofón, clarinete, oboe) la lengüeta (*reeds*) consiste en dos membranas que se juntan y separan de forma constante a gran velocidad, así se genera el sonido. Pueden ser dobles o simples; en la doble implica que son las dos membranas las que se mueven. En la simple, una es estática y la otra se mueve.

Durante el proceso se experimentó con diversos modelos, priorizando materiales blandos como lo sería el tejido del animal. De esta forma, se busca tener una posibilidad de maniobrar el resultado sonoro

Los materiales que más se testearon fueron principalmente gel balístico, un gel que se asemeja al tejido muscular y globos de distintas formas, grosores y tamaños.

La frecuencia con la que la válvula vibre depende principalmente de dos factores. La presión de aire con la que se estimule, y la tensión que tengan las paredes.

Se sabe que a mayor tensión, mayor velocidad de vibración y por lo tanto mayor es la frecuencia que se emite, es decir, más agudo suena. La presión genera este mismo comportamiento en la vibración: A mayor presión, mayor velocidad.



Un ejemplo conocido es dejar desinflar un globo emitiendo un chirrido. Mientras más se estira la boquilla más agudo suena. Lo mismo ocurre apretando el globo para dejar salir más aire.

2. Fuelle

Los pulmones son estructuras perteneciente al aparato respiratorio y cumplen la función de brindar oxígeno a la sangre a través del aire. La forma en que esto ocurre es gracias a la capacidad de expandirse y contraerse que facilitan la inyección y eyección del aire.

(En los cetáceos, la capacidad pulmonar puede ir de los 3000 a 5000 litros de aire)

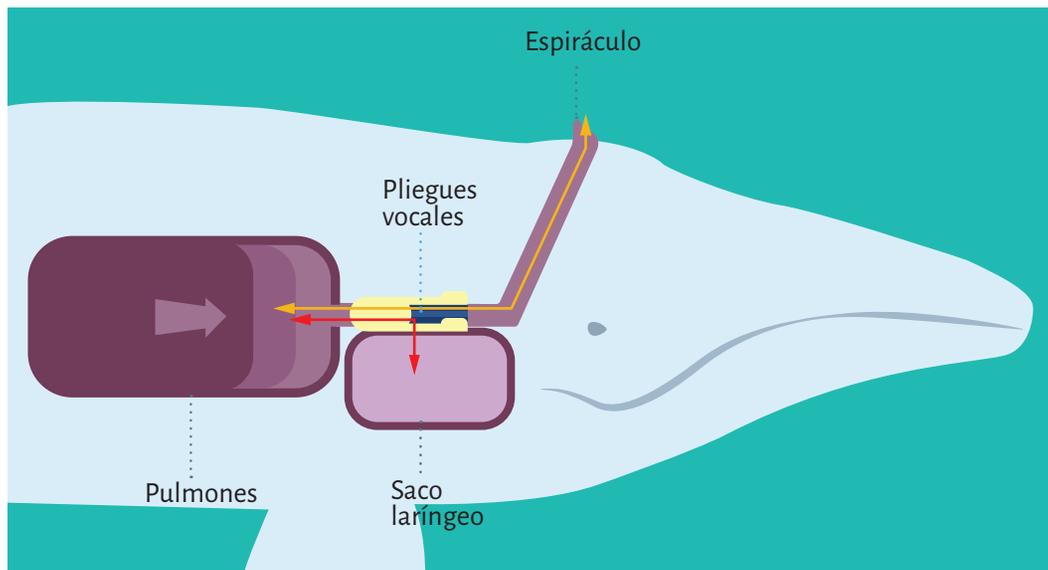
Para prototipar este mecanismo, inicialmente se confeccionó un fuelle. Posteriormente se utilizó un fuelle inflador modificado para que el flujo de aire sea por una sola vía, así “respira y exhala” al ser presionado o soltado.

La gracia de este dispositivo es que opera de forma activa, es decir, impulsa el flujo de aire en ambas direcciones. El fuelle se pisa expulsando el aire y al estar comprimido, puede volver a inflarse con facilidad, dado que cuenta con un mecanismo de resorte que luego absorbe el aire.

3. Receptáculo

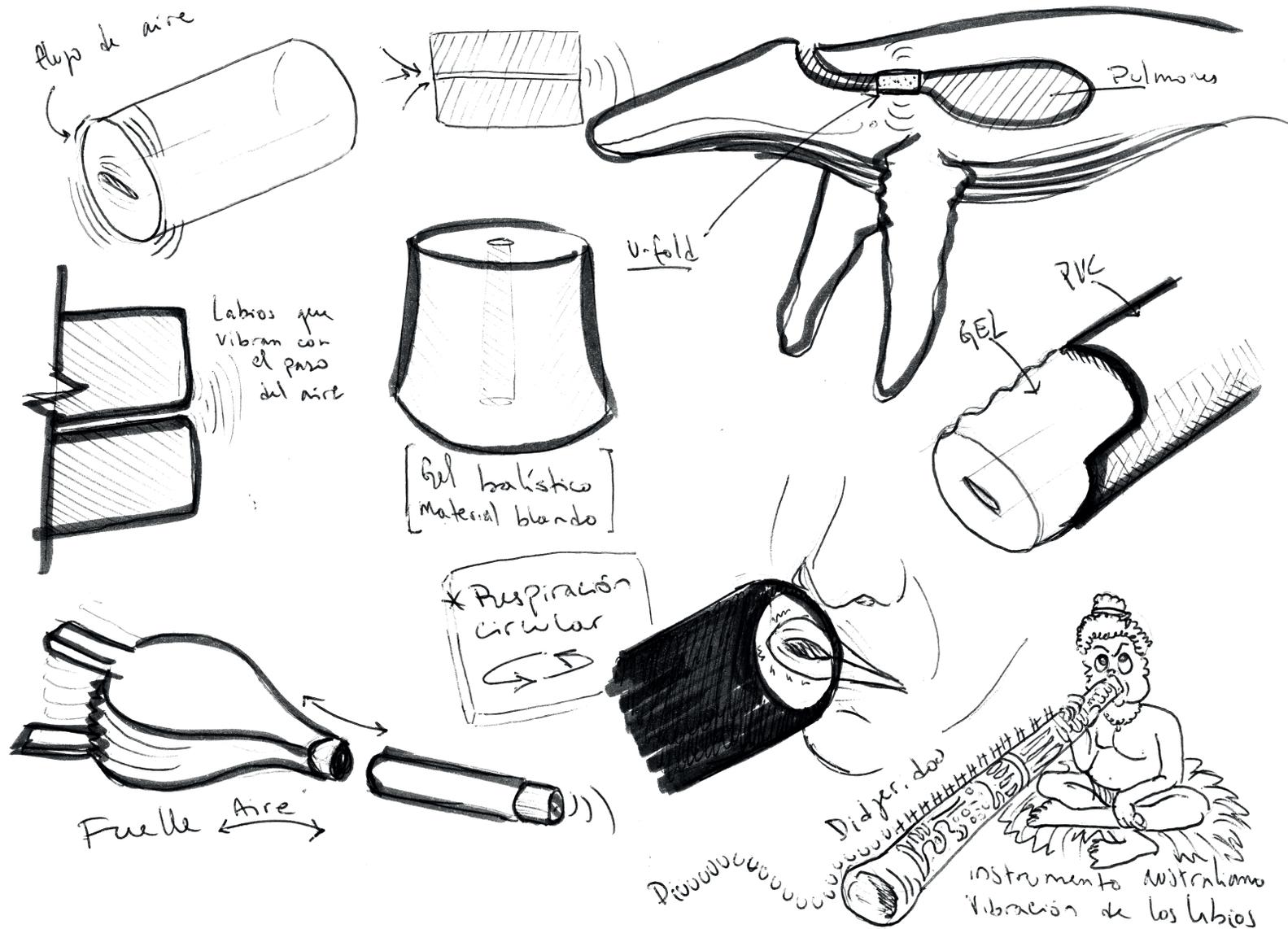
Al vocalizar, cuando el aire sale de los pulmones y pasa por los pliegues vocales, se contiene en una cámara que se expande y contrae. Este receptáculo tiene por nombre saco laríngeo, y funciona también como la fuente que impulsa el aire cuando este va en la otra dirección de vuelta a los pulmones.

Para su prototipado, se decidió utilizar aparatos desde globos, otro fuelle pasivo o una almohada inflable, ya que son materiales que permiten fácil manipulación y testeo, además de reunir las condiciones que puede tener un saco laríngeo simplificado; resonar, ser expandible y contraíble.



PROCESO DE PROTOTIPADO

Sketches de exploración



4.2 Válvulas, vibración y sonido

Modelos en gel balístico. Las ventajas de este material es que permite un modelado en diversas formas y de fácil reutilización por medio de la aplicación de calor. Su principal aplicación es imitar la textura que tiene el tejido humano para realizar ensayos balísticos, lo que favorece la similitud con ciertos órganos del cuerpo.

Observaciones:

El material es dócil y de gran prestación a la hora de modelar. Se puede generar un proceso de iteración relativamente ágil debido a que cuesta poco derretirlo y hacer otro modelo.

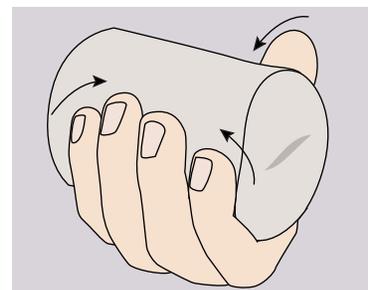
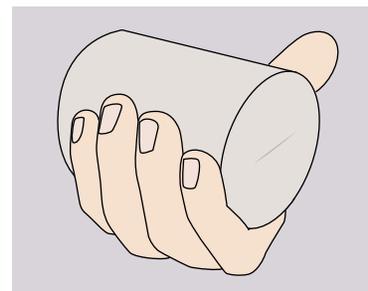
Con la forma correcta, logra producir un ruido particular al soplarse por un extremo. Es manejable con la mano ya que si regulamos ese paso de aire deformamos la cavidad interna y así el sonido.

Las desventajas de este material, es que si se mezcla de forma inadecuada, puede ser muy frágil y se rompe con poca presión.

Con el paso del tiempo el material se deshidrata y endurece, pero sirve para asimilar propiedades hápticas.

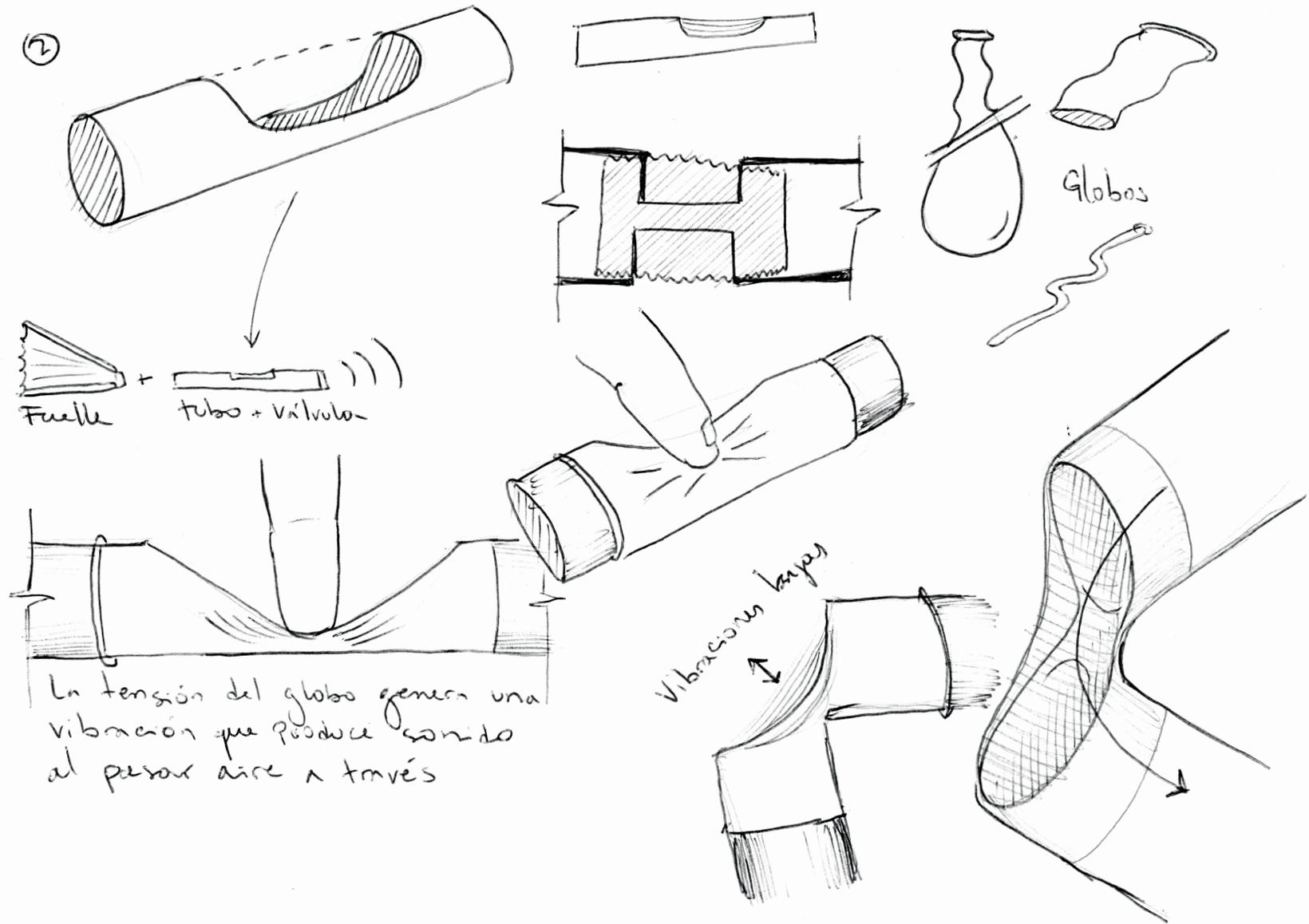


Modelo 1



Cilindro de gel balístico.
Dimensiones: 10x4cm
Material blando y maleable.
Ingredientes: Grenetina en polvo,
glicerina y agua caliente.

Sketches de exploración



- ▶ Los siguientes modelos suponen que si se estira una membrana a una cierta tensión, y esta regula un paso de aire, vibrará y por lo tanto sonará.

Una de las principales características de la membrana elástica, es que su tensión permite generar un sonido en un amplio rango de frecuencias. Dos factores contribuyen en la producción de sonido en membranófonos como estos: la tensión que tengan y la presión de aire que se le aplique.

Observaciones:

El modelo 1 supone una forma que puede ser manipulada con los dedos, regulando el paso de aire y por lo tanto el sonido.

Los resultados son poco controlables y la tensión de la membrana debe ser alta.

El modelo 2, por su parte, ofrece poco control de sonido, pero resultados que van desde frecuencias bajas a altas y de alto volumen. De los más similares al canto de la ballena

El modelo 3 si bien solo tiene la función de expulsar aire y no tomarlo, es de los prototipos que han dado mejores resultados en cuanto al control y manejo del sonido, siendo capaz de alcanzar frecuencias medias y muy agudas en un recorrido continuo.



Modelo 3



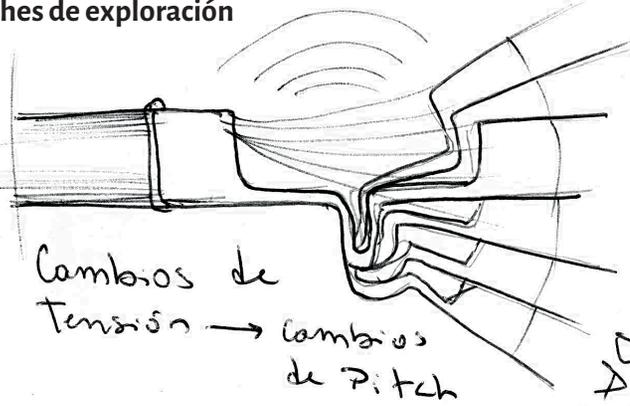
Modelo 2



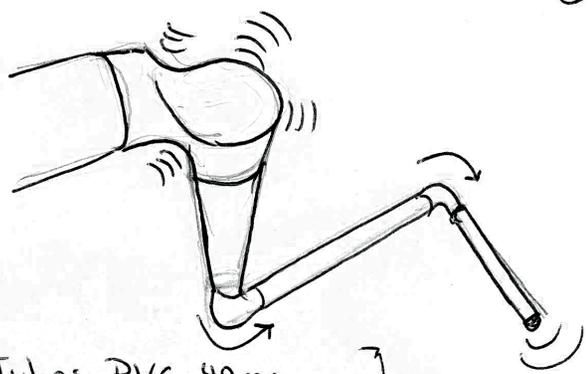
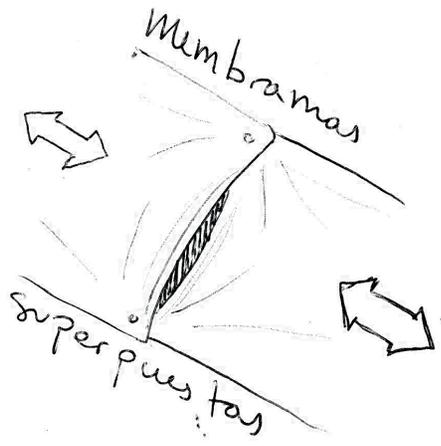
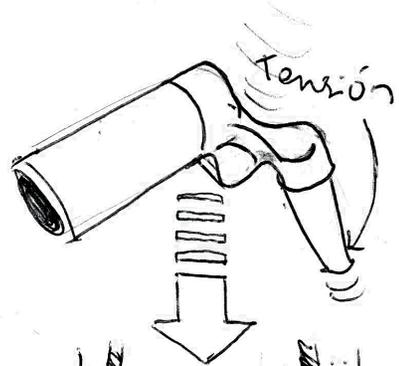
Modelo 4



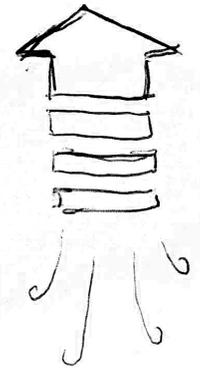
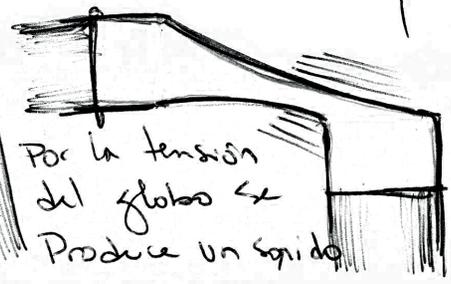
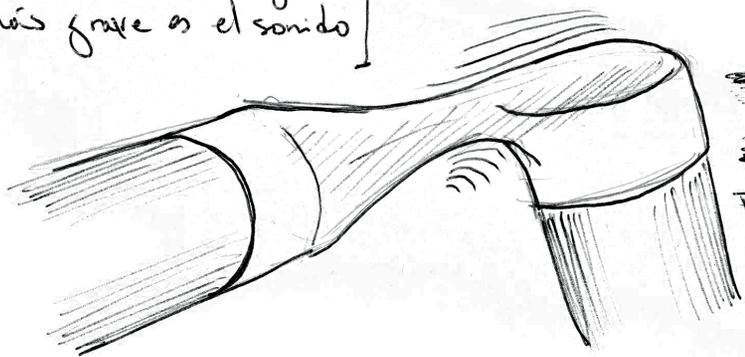
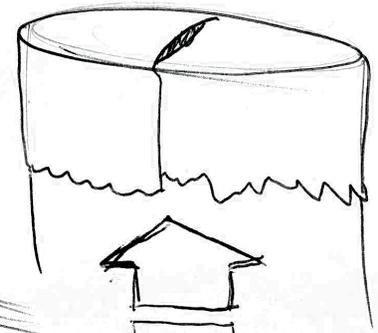
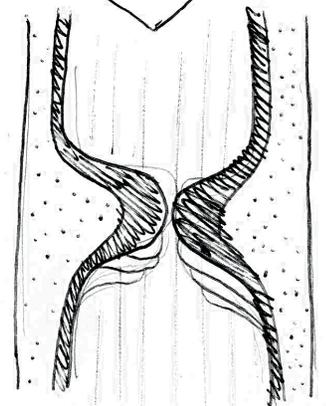
Sketches de exploración



FLEXIBILIDAD



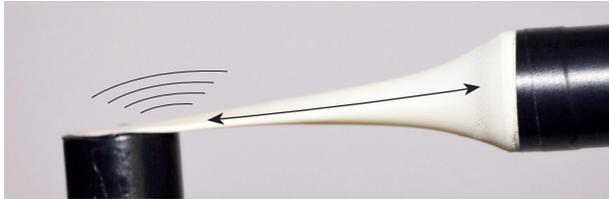
Tubos PVC 40mm
Mientras más largo
más grave es el sonido



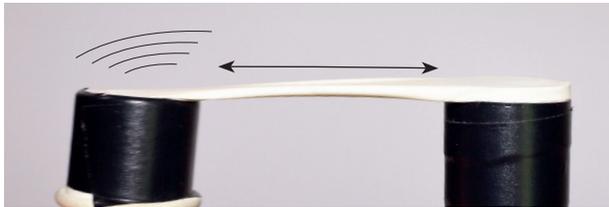
Observaciones:

El modelo 5 propone tensar la membrana entre dos boquillas. La vibración se generará de forma natural al pasar un flujo de aire, donde la tensión que se tenga determinará el tipo de sonido. Este se puede estirar o contraer para variar en el tono.

Modelo 5



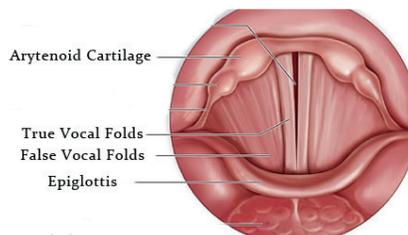
Modelo 5.1



Modelo 5.2



La superposición de membranas o pliegues funciona como nuestras cuerdas vocales, y por ende los pliegues vocales de la ballena.



Modelo 6

Observaciones:

El modelo 3.1, testeado anteriormente, ahora se acopla a un tubo de mayor extensión y los resultados varían según al largo que se tenga. Mientras más distancia, más grave las frecuencias alcanzadas. Este modelo dio de los resultados más interesantes, similares a las vocalizaciones de la ballena.

Modelo 3.2 +2 tubos de extensión (1mt c/u)



Modelo 3.3 +3 tubos de extensión



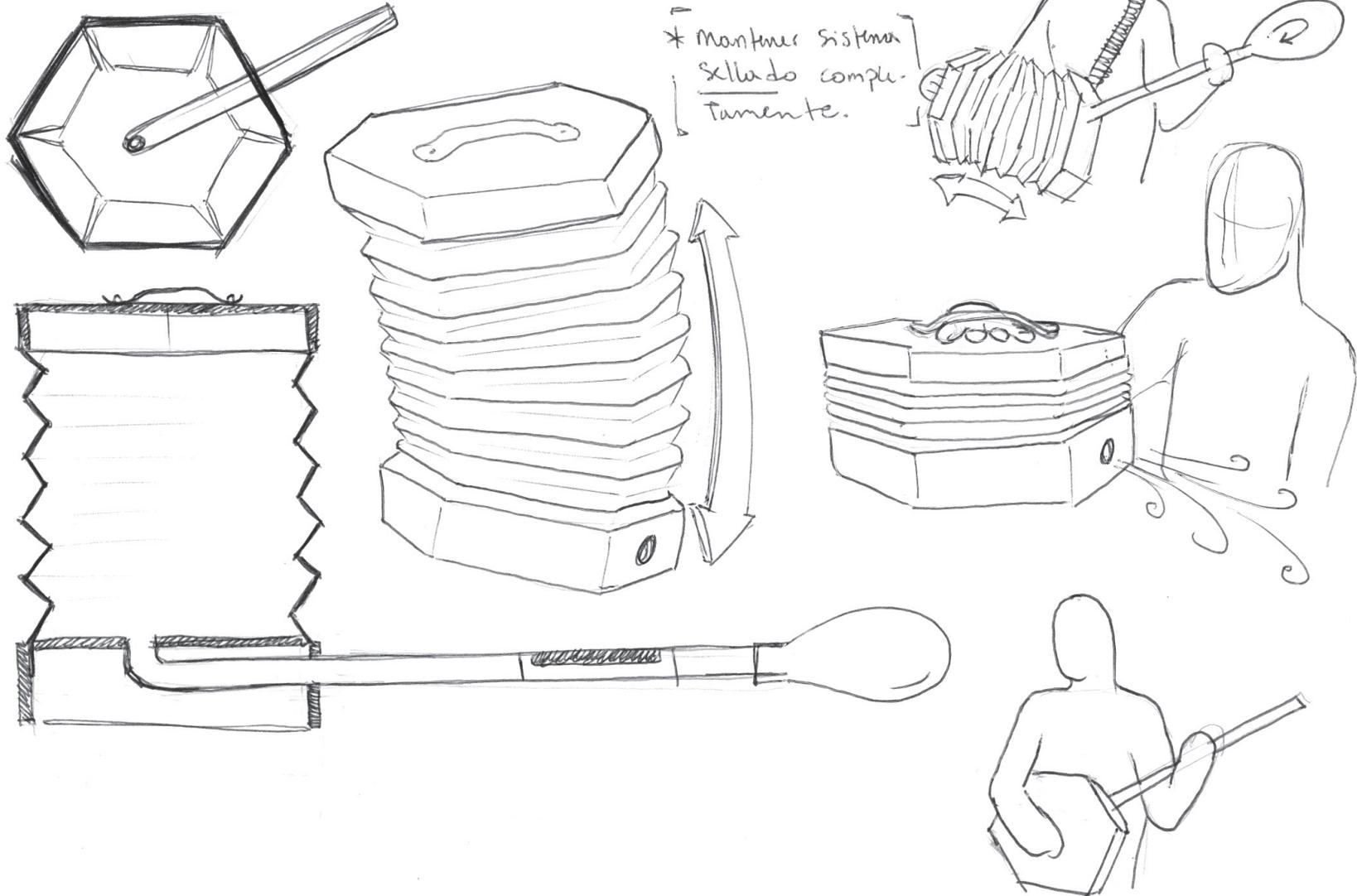
Modelo 6



**Modelo 3.1
+1 tubos de extensión**

Sketches de exploración

Confección de Fuelle
-Inspirado en el bandoneón



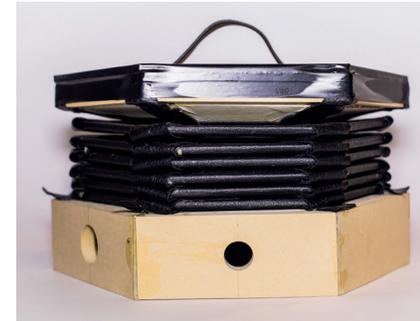
- ▶ Durante el proceso de prototipado, se requirió de un mecanismo de fuelle que pudiera excitar un flujo bi-direccional de aire. Se planteó la idea de confeccionar un fuelle para eventualmente constituir un dispositivo adosable al cuerpo (ver sketches de exploración). Luego de llevar a cabo la construcción del fuelle, se cayó en cuenta de lo importante que el sistema completo fuera lo más hermético posible, sin que tuviese escapes de aire. Esa limitante fue un motivo para optar cambiar de estrategia, recurriendo a un fuelle comercial utilizado como inflador. Una vez adquirido, se modificó para que el flujo de aire sea por un solo canal y se selló herméticamente con silicona. Este fuelle dio muy buenos resultados que permitieron seguir la investigación.



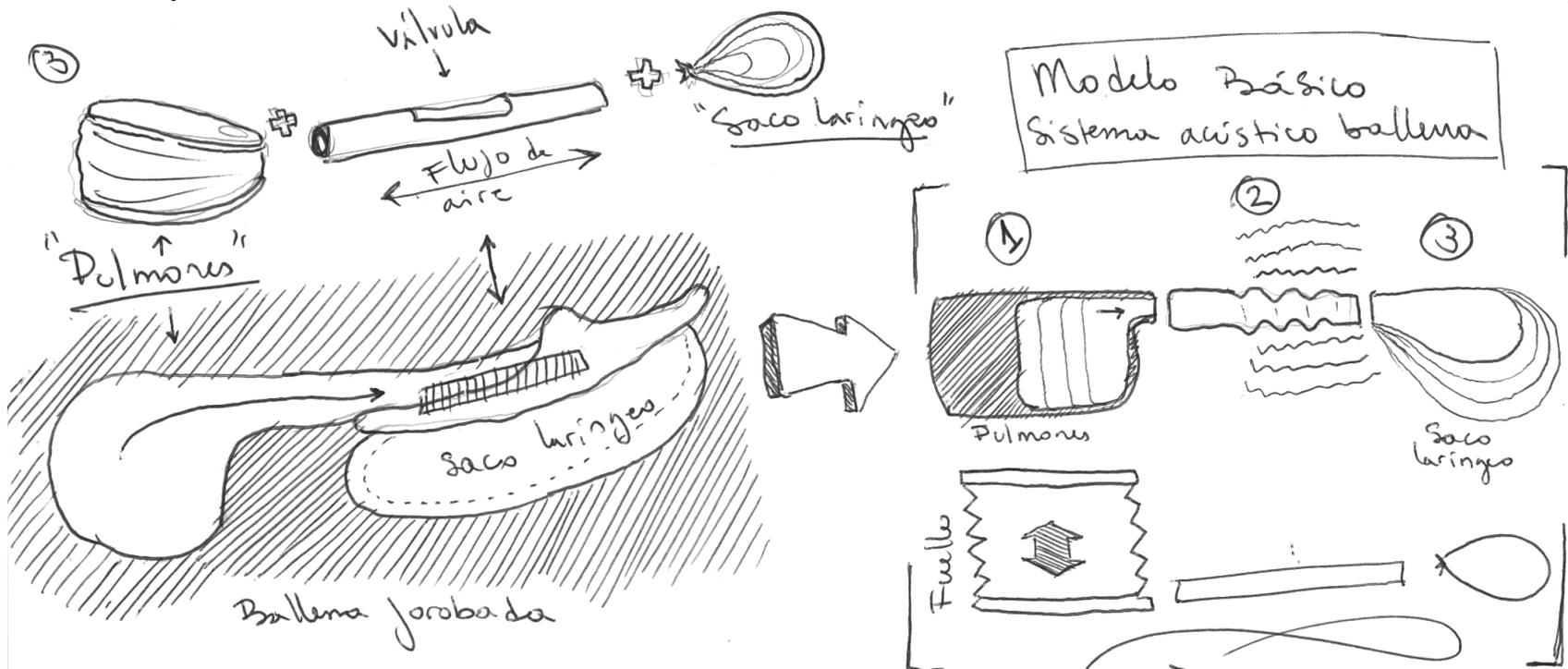
Vista axonométrica modelo 3D



Vista explotada y superior



Sketches de exploración



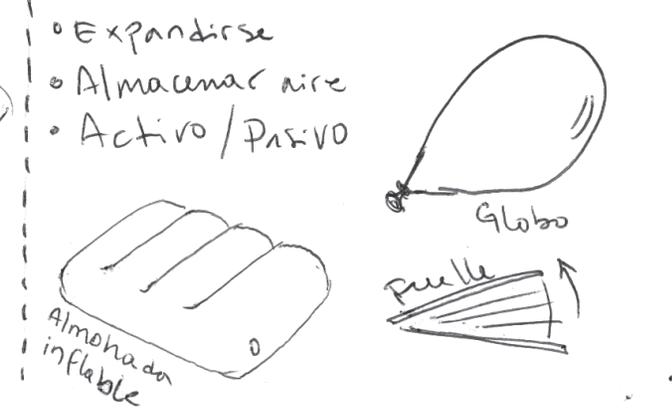
PULMONES



VÁLVULA



SACO LARÍNGEO (Reidemberg, Laitman)



Fuelle / Pulmones

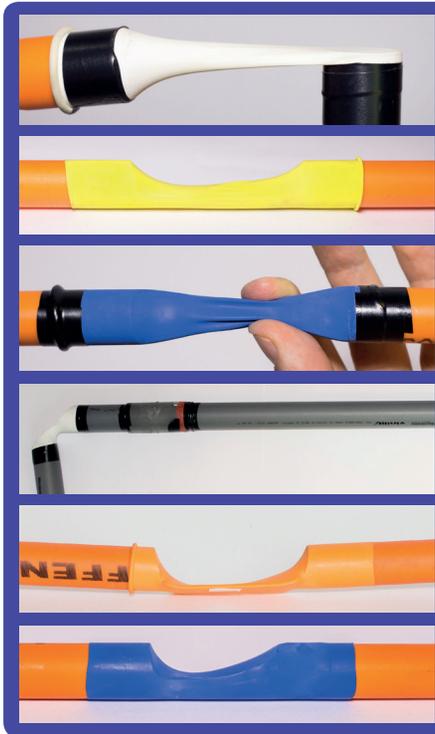
Válvulas / Pliegues vocales

Receptáculo / Saco laríngeo

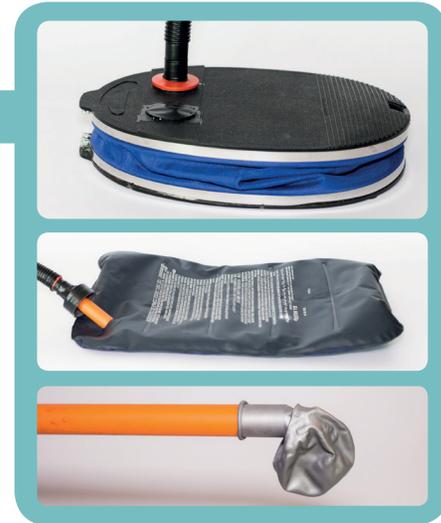
Cuando el flujo de aire va de los pulmones hacia el saco laríngeo,



+



+



+

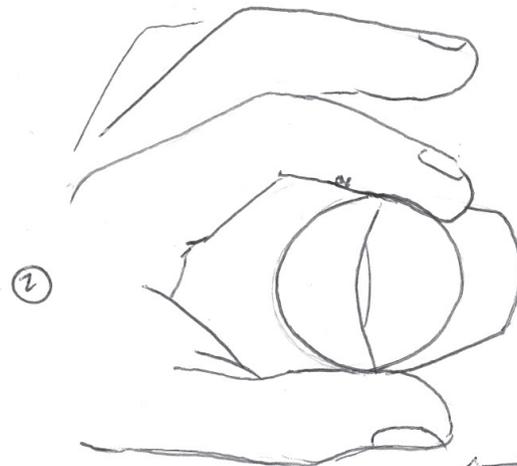
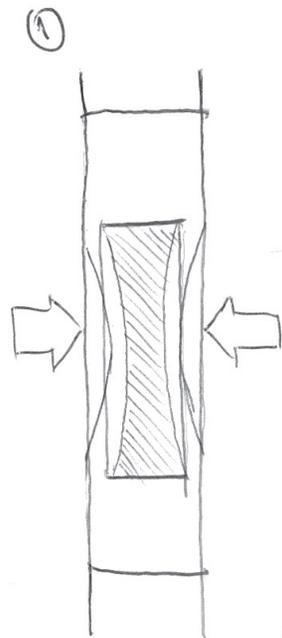
+



Cuando el aire va del saco laríngeo a los pulmones.

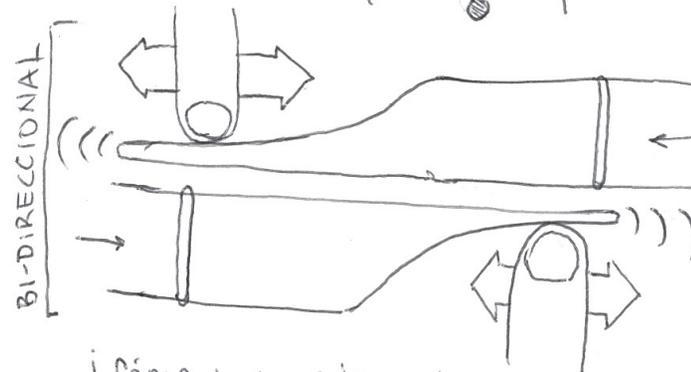
Observaciones: Al ser un proceso de constante cambio, muchos prototipos quedaron en el camino y no fueron registrados. Aquellos que ofrecieron mejores resultados fueron reconstruidos, iterados y testeados con diversas variantes.

Sketches de exploración

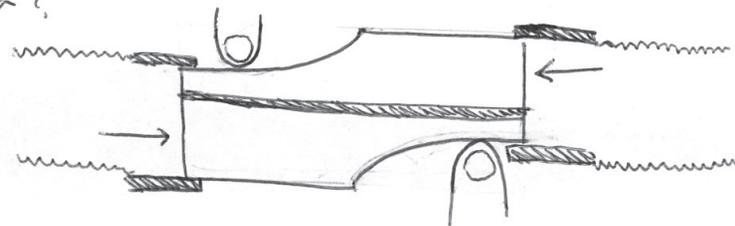
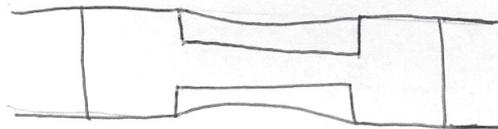


¿Cómo lograr una variación en la frecuencia?

- ↓ Cambiando la tensión
- ↑ Variando la presión



¿Cómo unir este sistema en una sola pieza?



Observaciones:

Modelo 7: Si dos membranas son superpuestas, se producirá sonido al inyectarle un flujo de aire que las haga vibrar. Este modelo supone que al variar la tensión de las membranas se puede variar los resultados sonoros, lo que es cierto, pero de forma



Modelo 7



Modelo 8

Modelo 9



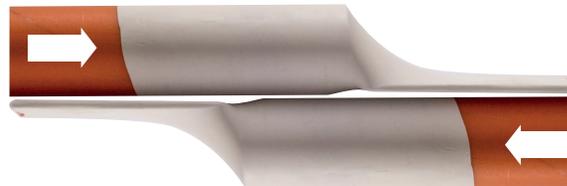
El modelo 9 es una forma de lengüeta doble, puesto que son dos membranas las que vibran, y que gracias a la forma que tienen las barras paralelas, se puede variar la tensión y forma, por ende sonido.

El modelo 8, por otro lado es una válvula simple, ya que solo vibra un lado contra una superficie estática. Este mecanismo en un tubo más ancho (40mm, modelo 8.1) no presentó diferencias notables con respecto a los modelos con tubos más angostos (20mm), puesto que la vibración se comporta de manera similar sobre ambas superficies, independiente del ancho.

El hecho de que este modelo solo permita expulsar el aire, implica necesariamente aplicar otra igual en dirección opuesta para generar el flujo bi-direccional.



Modelo 8.1



Modelo 8.2

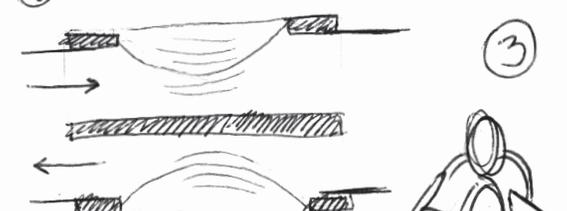
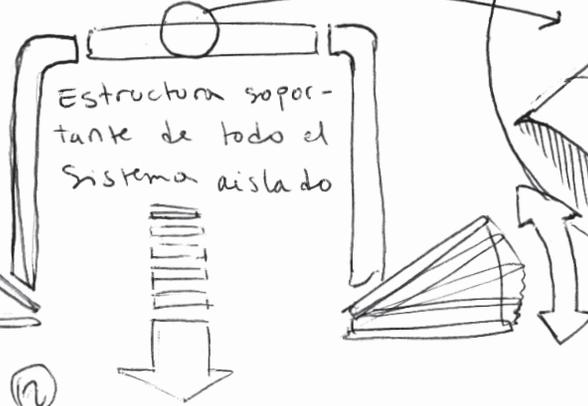
Sketches de exploración

Cuello de globo tenso

Presión
← Tono

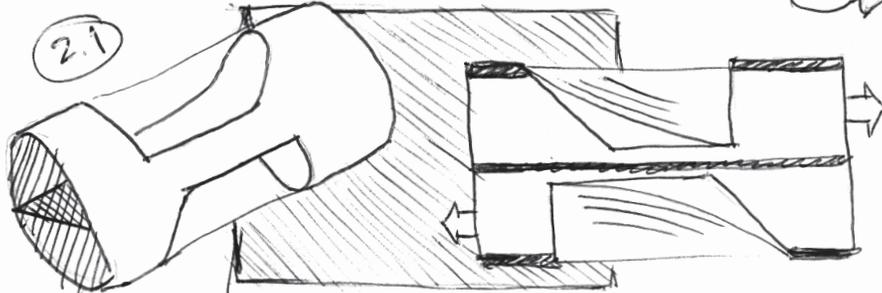


Sistema aislado



El aire va en
ambas direcciones
- por arriba en una
dirección
- por abajo en la
dirección contraria

Membranas
superpuestas
Vocal Folds



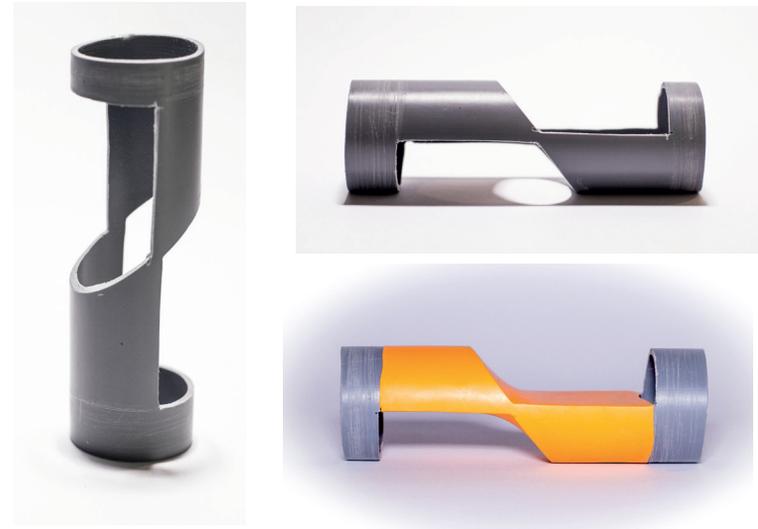
En rigor, los pliegues de la ballena -como los pliegues vocales vistos anteriormente- son tejido que vibra sometidas a presión de aire. Llevado a una forma simple de entender, el modelo 10 logra reproducir de forma esquemática este funcionamiento, generando sonido con esta membrana de goma elástica. Ofrece diversos resultados sonoros según la tensión que se le ejerza, cómo se manipule y la presión del aire que se aplique. Funciona además con el flujo de aire en las dos direcciones, al tomarlo y botarlo.

Modelo 10



El modelo 11 es una iteración del modelo 8, que en una sola pieza propone una válvula simple hacia ambos lados. Este modelo ofreció buenos resultados tanto de funcionamiento como de sonoridad, ya que permite cambios en el tono para ambas direcciones.

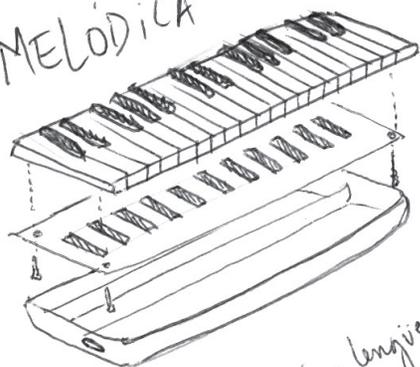
Modelo 11



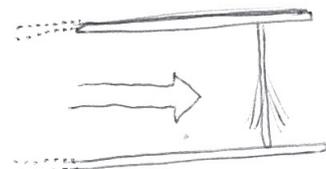
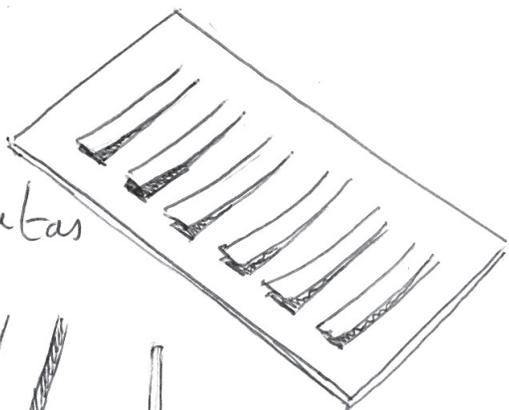
Modelo 6 conectado al sistema

Sketches de exploración

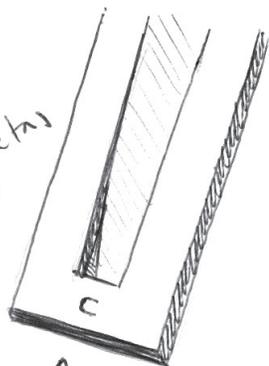
MELODICA



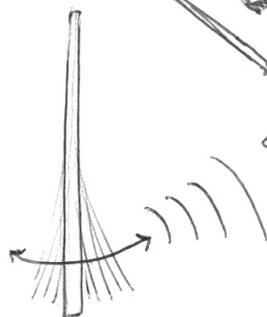
← lengüetas



quitar lengüetas



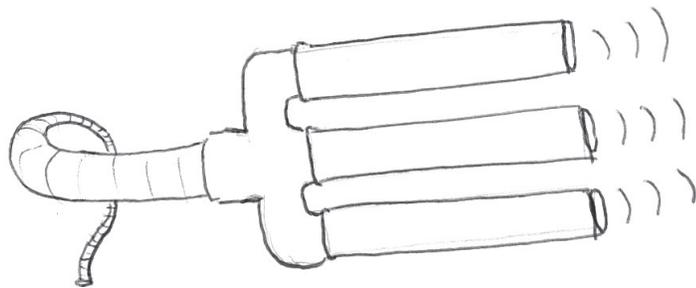
sonido!



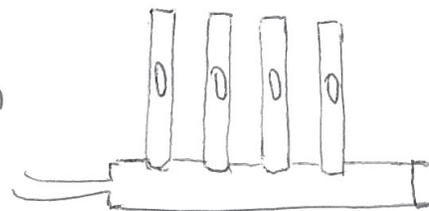
↑ Nota fija



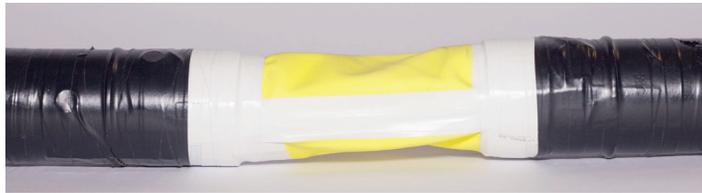
nota



Acorde

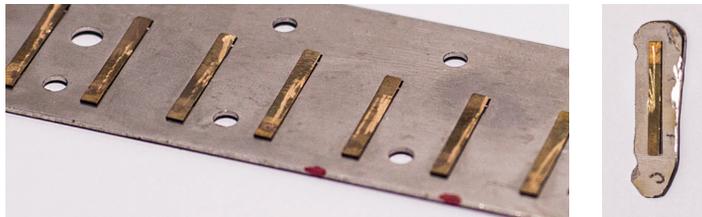
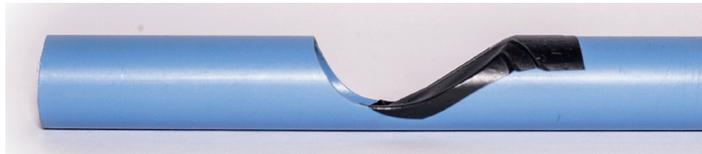


El modelo **11** sellado herméticamente, condición que se ha buscado a lo largo de todo el proceso. Cuando se busca producir un flujo en dos direcciones, estar sellado y ser un sistema aislado, se está siendo fiel a las cualidades del animal; se está refiriendo a la ballena. En ese sentido, el globo de goma ha permitido tanto producir sonido como aislar el dispositivo del exterior.



Modelo **11** en un sistema sellado

Modelo **12**



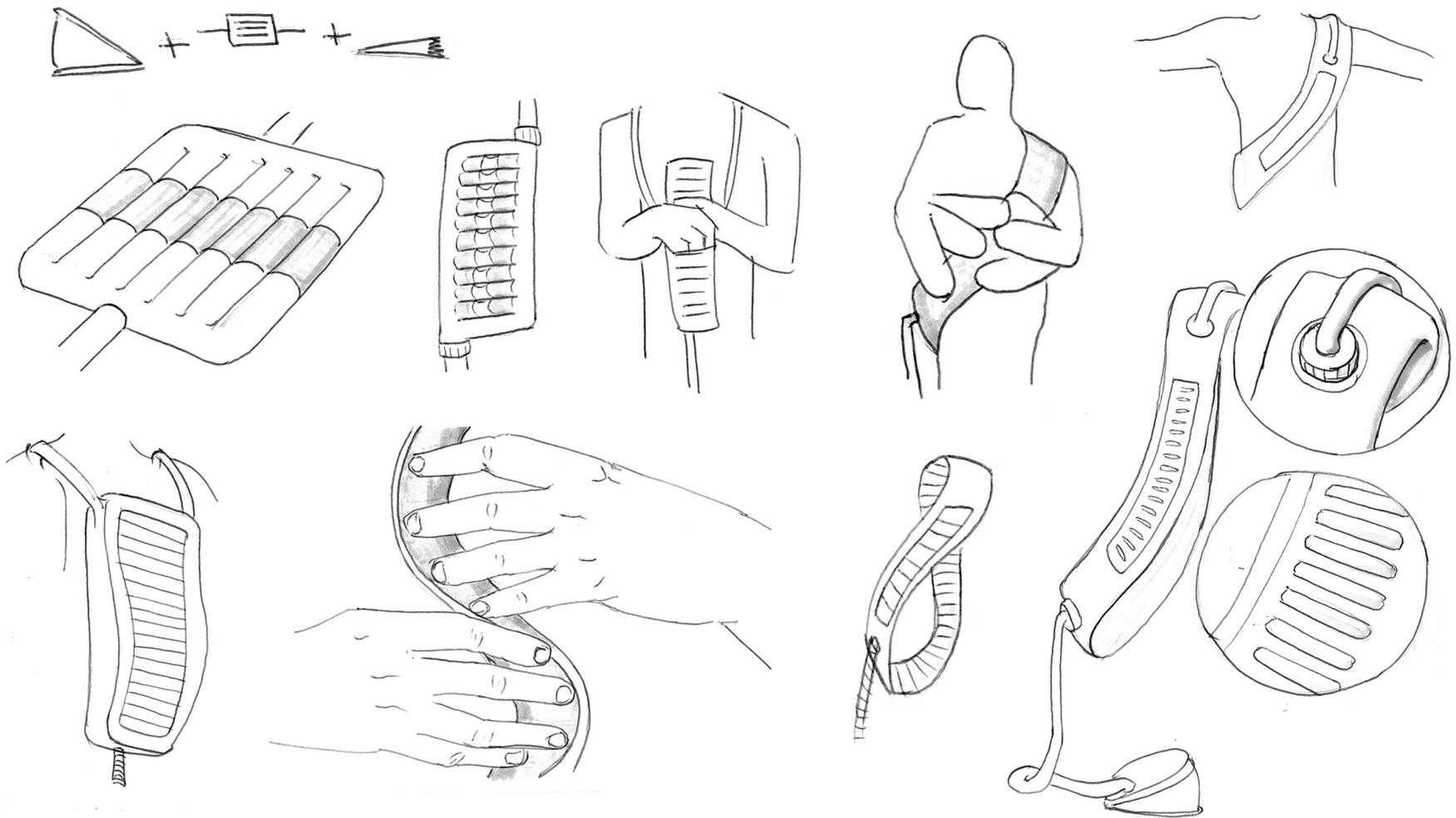
El modelo **12** es un modelo que se acerca más a lo que podría ser un instrumento musical. Se toman las lengüetas de una melódica para producir sonido y se opta por fijar la variable "control del sonido". De esta manera, prima el funcionamiento del sistema y el sonido que se produce es de una sola nota musical.

Si esta variable de sonido está fija, y las posibilidades de sonar se reducen a una nota, ¿qué ocurre si se integran a este sistema más de un posible camino por donde fluya el aire? Exacto! el aire puede fluir por cuantas posibilidades tenga. Si en cada tubo se utiliza una nota musical se puede crear un acorde, o si se regula el paso del aire, aparecen las "teclas" de un posible instrumento (modelo. 12.1).

Modelo **12.1**



Sketches de exploración



El modelo 13 consiste en el primer prototipo de un instrumento musical que funciona con el principio de la ballena jorobada.

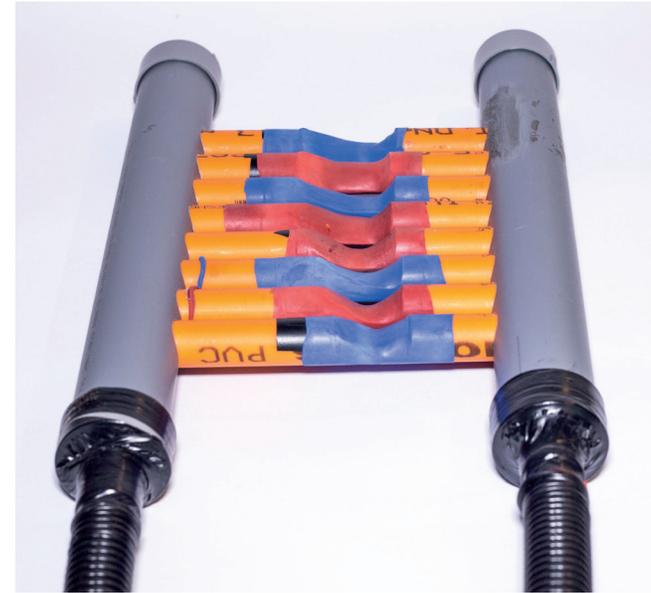
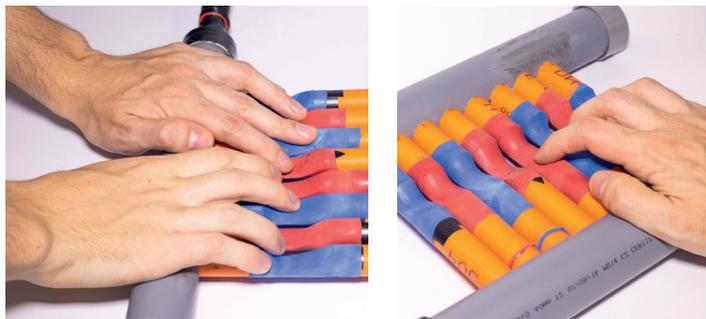
Al presionar el fuelle el aire va de un lado a otro, pasando por las lengüetas, estas producen un sonido que fue previamente determinado, y el fuelle pasivo se infla, cumpliendo la función del saco laríngeo.

El flujo de aire se devuelve y genera un sonido que vuelve a inflar el fuelle activo, de esta manera el sistema es bi-direccional, herméticamente sellado, y manipulable. Este prototipo es el primer paso de un instrumento musical que actualmente no existe, y tiene la potencialidad de ser una nueva configuración sonora que funciona incluso bajo el agua.

Modelo 12



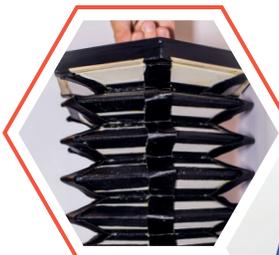
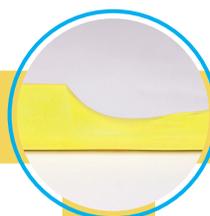
Tiene "teclas" que permiten cerrar o abrir el paso del aire, lo que gatilla la vibración y por ende el sonido. Una siguiente iteración debe tener en cuenta la interacción que se tenga para que sea ergonómico y funcional (ver sketches).



ITERACIONES



Iteración válvulas



Fuelle + válvula



Fuelle + válvula + receptáculo (bi-direccional)



PROYECCIONES

Modelo conceptual

El dispositivo que se encuentra dentro de la ballena es en principio un mecanismo para la comunicación, pero de él se desprenden posibles vectores de salida.

A la comunidad científica

Para la ciencia, el valor de este instrumento está en el aporte que genera para la investigación, ya que muchas preguntas que surgen a partir del estudio de este animal no pueden ser respondidas ya sea por razones logísticas o éticas, por lo que utilizar estas herramientas es pertinente.

*En palabras de expertos:

“El sonido juega un rol vital en la vida de los mamíferos marino: entender cómo emplean la acústica proporciona inspiración para que el ser humano cree nuevos sistemas a partir de estos fenómenos, mientras que controlar los sonidos hechos por el hombre es importante para la conservación.

Paul White, Prof. of Statistical Signal Processing within Engineering and the Environment at the University of Southampton.

Lo que hay dentro del animal es ingeniería que utiliza el aire para mover y hacer vibrar sus partes internas, de esta manera generar un sonido, pero podría reemplazarse el sonido por otro resultado al que se le dé otra finalidad.

“Si entendemos cómo las ballenas generan y transmiten el sonido, luego podríamos desarrollar dispositivos para la comunicación bajo el agua. Esto es útil si estás intentando replicar el sistema en cuanto a su funcionamiento. La laringe del cetáceo funciona de una manera muy particular, ofreciendo un nuevo mecanismo nunca antes observado ni entendido.”

Prof. Joy Reidenberg, Center for Anatomy and Functional Morphology, Icahn School of Medicine at Mount Sinai.

“Nos interesa, es importante entender cómo se propaga el sonido en el ambiente marino, todos los esfuerzos de nuestra comunidad van para allá.[...]

Además el tema de difusión de esta información es un ámbito importante de este proyecto, porque esto se sabe muy poco.

El ser humano finalmente se mueve mucho por cantos y por música. Hay una conexión emocional que tenemos con el sonido y la música que a veces no tenemos con lo visual.

Entonces yo creo que meterse en eso es muy potente en términos de conservación. Hay un carácter más poético y de conservación porque son mamíferos y están cantando.

Susannah Buchan, Oceanógrafa, Universidad de Southampton.

“Es un proyecto muy interesante que podría tomar diversas salidas. Una de esas es contribuir a la ciencia y los investigadores, quienes podrían resolver las interrogantes de esos fenómenos utilizando un instrumento que se basa en la física que sabemos que está ahí, eso es un aporte interesante”

David Rothenberg, músico y filósofo. Profesor de filosofía y músico de la New Jersey Institute of Technology. Autor de varios libros relacionados con los sonidos de los animales y la música de la naturaleza.

Aporte a la música

No existe un instrumento que utilice este principio en la música. El mecanismo de la ballena es un hallazgo desde el punto de vista de su aplicación musical. Además, el dispositivo tiene un carácter sonoro y gestual bastante convincente.

Hace falta tener ciertas mediciones que le otorguen cierta rigurosidad al proceso de definición del prototipo, de esta manera calibrar las variables.

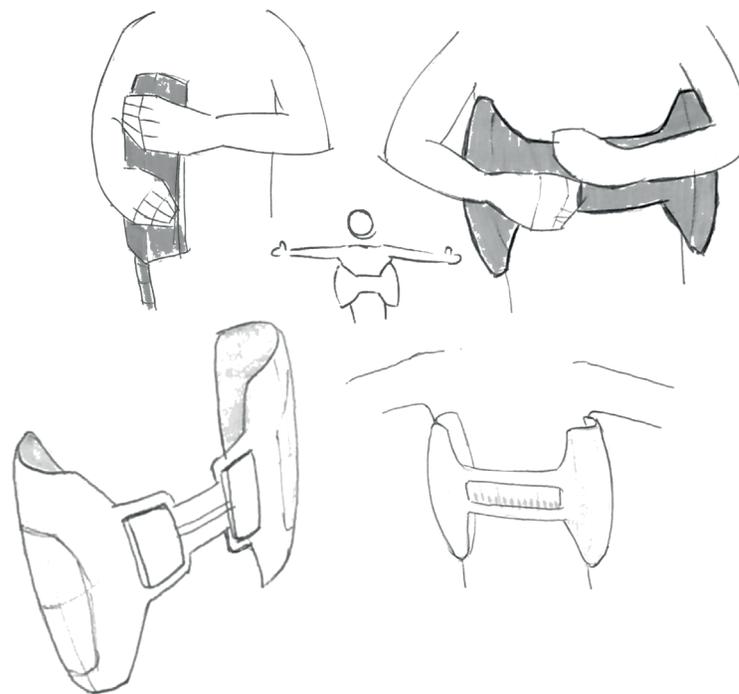
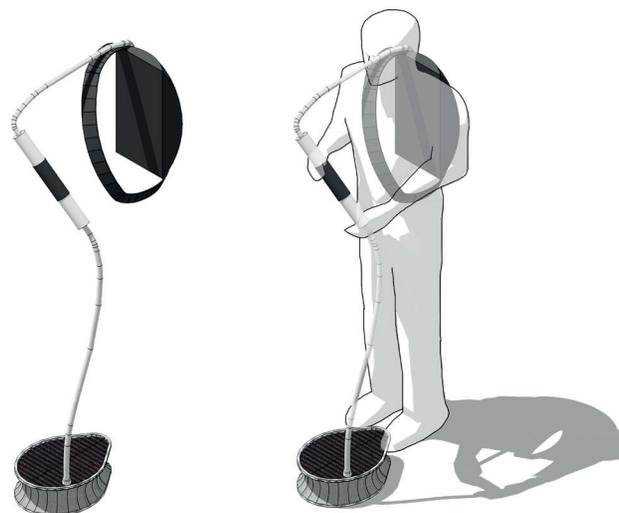
Patricio de la Cuadra, Ingeniero y Músico, magister en Ciencias y Artes U. Stanford. Profesor de Instituto de Música UC

“Este instrumento pone en valor aquella dimensión musical de las ballenas. Hay quienes descartan estos cantos como música, pero debemos analizar la música por lo que es, no por lo que hay detrás del fenómeno.

A mi me interesa lo que implica hacer música con otra criatura musical con la que no te puedes comunicar, y lo que puede salir de eso, que solo saldrá de una interacción única.

Si diseñas un dispositivo que está basado en la ciencia y la ingeniería, donde no entra ni sale aire, sería muy interesante”

David Rothenberg



*Adosado a los anexos.

A la museografía

La comunidad científica coincide en que la información se encuentra aislada y no es de fácil acceso. De la misma manera comparten la idea de que esta debería ser difundida, puesto que mientras más se dé a conocer el mundo de los animales y sus misterios, más los valoraremos.

Existe una barrera de conocimiento que nos tiene alejados de estos escurridizos animales y los museos cumplen un rol fundamental en la transmisión de este contenido.

“Creo que al ser un elemento de diseño el que plantea precisamente su plus es que este pueda ser entendido y manipulado por todo aquel que desee explorarlo.

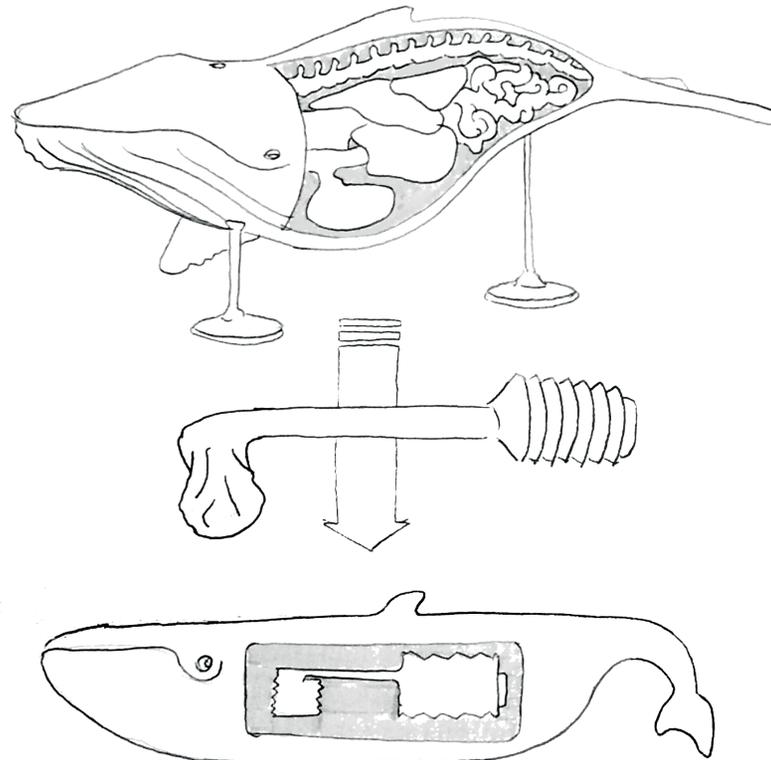
Yo estuve conformando el equipo de diseño de la nueva sala de neurociencia (como diseñadora gráfica), tu elemento si lo imagino dentro de lo museográfico.

Si te decides en efectivamente crear este instrumento para espacios de exhibición, tienes que plantearte como base una serie de factores, cual será tu público, si será una instalación de fácil o complejo desplazamiento, si será pensada para exposiciones fijas/espacios pre determinados, si varía en sus dimensiones según contexto/ lugar”.

Sofía Enríquez, Diseñadora Museo Interactivo Mirador.

“Una iniciativa que comenzamos hace cuatro y pretende unificar las Ciencias con el arte, la cultura y la educación, con el gran objetivo de poner en valor nuestro Patrimonio Natural, es a través de la construcción de un Museo de Historia Natural”

Benjamín Cáceres, Biólogo Marino y director del Museo de Historia Natural Río Seco, Magallanes.



CONCLUSIÓN

Este proyecto propone desde un comienzo descubrir y comprender un fenómeno de la naturaleza que aún presenta una serie de incógnitas para el mundo de la ciencia: el canto de la ballena jorobada.

La investigación y el diseño aplicado buscó tomar aquello que se sabe de él y reproducirlo materialmente fuera del medio acuático con el fin de determinar cuáles son sus componentes y entender cómo estos operan (ingeniería inversa). En este proceso lo que se busca es reducir la complejidad del sistema hasta llegar a una síntesis simplificada del mecanismo. Esto implica reunir sus partes esenciales sin que pierda funcionalidad.

En esta búsqueda van surgiendo interrogantes que son abordadas en un proceso de prototipado que es iterativo. De esta manera se logran comprender las partes que componen el sistema, y simultáneamente, nos permite reflexionar y abrir nuevas preguntas para dilucidar las posibilidades del mecanismo materializado.

Lo anterior se hizo posible al establecer un diálogo con la comunidad experta que se vincula con el objeto de estudio, así el camino de exploración se nutre de una mirada crítica y colaborativa que vincula el proyecto con el medio. En la investigación se ven implicados campos como la biología, la ingeniería, la música y la filosofía, entre otros, lo que le otorgan un carácter interdisciplinario al proyecto. Esto demostró que el diseño, frente a una interrogante como la que plantea este proyecto, es un agente articulador que (1) pone en valor el proceso en sí, como (2) la capacidad de generar redes entre distintos actores que permitan formular nuevas derivadas (biología y música, ingeniería y biología, música y filosofía, etc).

Lo que se sabe de este sistema acústico y sus posibilidades aún es relativamente poco, es por esto que el proyecto intenta contribuir en su estudio. La reproducción mecánica de sus órganos acústicos y su sonido tienen un gran potencial para acercar a las ballenas a personas comunes y que nuestra sensibilidad hacia el animal se intensifique. De esta manera se contribuye en su conservación.

Una línea de trabajo del proyecto propone la importancia de no dejar de lado la reflexión entorno a aquello que nos rodea, ya que de esta manera la brecha animal/humano se reduce.

Este proyecto significó abrir un camino de exploración que no se ha abordado anteriormente desde el diseño. Comprender estos fenómenos, en últimas, ofrece la posibilidad de modificar y apropiarnos de dicho funcionamiento para generar nuevas y posibles aplicaciones para el futuro. Es, a fin de cuentas, un punto de partida.

“Los cetáceos forman parte de nuestro patrimonio cultural y nuestro imaginario colectivo. Aparecen en nuestras tradiciones orales y escritas, en mitos y leyendas, en pinturas rupestres, en las artes, en textos religiosos, en nuestra literatura y en el cine. Compartimos muchas de las características que pensábamos que eran solo humanas. Estamos frente a los corazones y cerebros del mar”

Susannah Buchan, Oceanógrafa.

BIBLIOGRAFÍA

Publicaciones, libros y revistas

Ávila, Isabel Cristina; Capella, Juan; Alzueta, Patricia Falk F., Fernando Félix, Jorge Gibbons, Hector Guzman, Ben Haase, Julio César Herrera, Viviana Peña, Luis Santillán, Isabel Tobón, Koen Warebeek, 2007. Estrategia para la conservación de la ballena jorobada del Pacífico Sudeste. Lineamientos de un plan de acción regional e iniciativas nacionales. fundación yubarta. Cali. Colombia. 106 p.

Buchan, S.J., Rendell, L.E., Hucke-Gaete, R., 2010. Preliminary recordings of blue whale (*Balaenoptera musculus*) vocalization in the Gulf of Corcovado, northern Patagonia, Chile. *Marine Mammal Science*, 26(2):

Crenson, M.. (2000). Is there a Music Gene?. junio 2017, de The Associated Press Sitio web: <http://abcnews.go.com/Technology/story?id=98964&page=1>

Guesalaga, E.. (2008). *El Mar Chileno*. Valdivia: América Ltd..

Gray, P., Krause, B., et al. (Enero 2001). The Music of Nature and the Nature of Music. *Science*, 291, 52-54

Fisher, W. What Is Music?, (Jul., 1929), pp. 360-370

Lagunes, O.. (2007). Platón y Aristóteles. Dos visiones del Hombre. *Philochristus*, Núm. 4, 20-23.

Morell, V. (Noviembre 2014). Birds found using human musical scales for the first time. *Science Mag*,

Rathore, A., Cistelegan, A.. (2011). *Wronging Rights? Philosophical Challenges for Human Rights*. Nueva Dehli: Routledge.

Velayos Castelo, C. (2013). "La Frontera Humano-Animal", *Arbor*, 189 (763): a065. doi:<http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2013.763n5002>

Winogard A.. (2012). *Ballenas y balleneros de la Patagonia*. Buenos Aires: Edhasa.

Whitehead, H., Rendell, L.. (2015). Culture in the ocean. En *The cultural lives of whales and dolphins*(351). Chicago: University of Chicago Press.

Wilson, D. E. & Reeder, D. M. (editores). 2005. *Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference* (3ra ed)

- Adam, O., D. Cazau, N. Gandilhon, B. Fabre, J. T. Laitman and J. S. Reidenberg. 2013. New acoustic model for humpback whale sound production. *Applied Acoustics* 74:1182–1190.
- Aroyan, J. L., M. A. McDonald, S. C. Webb, J. A. Hildebrand, D. Clark, J. T. Laitman and J. S. Reidenberg. 2000. Acoustic models of sound production and propagation. Pages 409–469 in W. W. L. Au, A. N. Popper and R. R. Fay, eds. *Hearing by whales and dolphins*. Springer, New York, NY.
- Alvarado, R.. (2013). La música y su rol en la formación del ser humano.. junio 2017, de Facultad de Ciencias Sociales U. de Chile Sitio web: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/122098/La_musica_y_su_rol_en_la_formacion_del_ser_humano.pdf;sequence=1
- Barras, C.. (Agosto 2015). Chimpanzees and monkeys have entered to the Stone Age. Junio 2017, de BBC Sitio web: <http://www.bbc.com/earth/story/20150818-chimps-living-in-the-stone-age>
- Brody, J.. (1991). Designing Birds Impress Their Mates With Fancy Decor. junio 2017, de The New York times Sitio web: <http://www.nytimes.com/1991/03/05/science/designing-birds-impress-their-mates-with-fancy-decor.html?pagewanted=all>
- Cabezas, M. (2013). “Juicios morales y fronteras biológicas: más allá de la frontera razón/emoción”. *Arbor*, 189 (762) a052. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2013.762n4003>
- Cazau, D. et al. A study of vocal nonlinearities in humpback whalesongs: from production mechanisms to acoustic analysis. *Sci. Rep.* 6, 31660; doi: 10.1038/srep31660 (2016).
- Centro de Investigación Antártica. (2014). El misterio del canto de las ballenas jorobadas fue abordado en Seminario de Conocimientos Antárticos. junio 2017, de U. de Magallanes Sitio web: <http://www.umag.cl/gaiaantartica/?p=2076>
- Deal, M., Rothenberg, D.. (2014). Humpbacks synchronize their music across oceans, and there's sheet music to prove it.. junio 2017, de Medium Sitio web: <https://medium.com/@dealville/whales-synchronize-their-songs-across-oceans-and-theres-sheet-music-to-prove-it-b1667f603844>
- Doolittle E, Gingras B, Endres D, Fitch, W.. (2014). Overtone-based pitch selection in hermit thrush song: unexpected convergence with scale construction in human music.. junio 2017, de National Center for Biotechnological Information NCBI Sitio web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25368163>

Hamer, M.. (2014). Golden Oldies. junio 2017, de slate Sitio web: http://www.slate.com/articles/health_and_science/new_scientist/2014/09/babylonian_music_recreated_instruments_poetry_and_songs_from_ancient_mesopotamia.html

Hogenboom, M. (2015). ¿Qué hace que los humanos seamos únicos y diferentes de los animales?. junio 2017, de BBC Sitio web: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/07/150708_vert_earth_humanos_especie_unica_lp

Barras, C.. (Agosto 2015). Chimpanzees and monkeys have entered to the Stone Age. Junio 2017, de BBC Sitio web: <http://www.bbc.com/earth/story/20150818-chimps-living-in-the-stone-age>

Healy, K., McNally, L., et al. (2013). Metabolic rate and body size are linked with perception of temporal information.. junio 2017, de Department of Zoology, School of Natural Sciences, et al Sitio web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24109147>

McCarthy, M.. (2006). Intelligent, emotional, ingenious: the amazing truth about whales and dolphins. junio 2017, de Independent Sitio web: <http://www.independent.co.uk/environment/intelligent-emotional-ingenious-the-amazing-truth-about-whales-and-dolphins-418761.html>

Reidenberg, J.. (2017). Terrestrial, Semiaquatic, and Fully Aquatic Mammal Sound Production Mechanisms. *Acoustic Today*, 13, 35 - 43.

Ritchie, J.. (2009). Fact or Fiction?: Elephants Never Forget. junio 2017, de Scientific American Sitio web: <https://www.scientificamerican.com/article/elephants-never-forget/>

Roach, J.. (2006). Rare Whales Can Live to Nearly 200, Eye Tissue Reveals. junio 2017, de National Geographic Sitio web: <http://news.nationalgeographic.com/news/2006/07/060713-whale-eyes.html>

Tironi, M. (2017). Repensando la política desde el diseño (y el diseño desde la política). *Diseña*, (11), 36 - 45,

Yandell, K.. (2017). The Mystery of Whale Song. junio 2017, de The Scientist Sitio web: <http://www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/48603/title/The-Mystery-of-Whale-Song/>

Videos asociados

Inside Nature's Giant [Eve Marceline]. (6 dic. 2016). Inside Nature's Giants 10 18 The Sperm Whale Channel 4. [Video]. Recuperado de <https://youtu.be/D-duFncZ65s>

Inside Nature's Giants [Acoustical Society of America]. (17 may. 2017). HIPPO. [Video]. Recuperado de <https://youtu.be/VqxHMDIfxkk>

Inside Nature's Giants [Acoustical Society of America]. (17 may. 2017). FIN WHALE. [Video]. Recuperado de <https://youtu.be/rysR5SNwrn8>

Michael Deal & David Rothenberg [Michael Deal]. (6 oct. 2014). Humpback whale song visualization. [Video]. Recuperado de <https://youtu.be/NXaxWKzTaRc>

Roger Payne & Scott McVay [doctordel]. (2015 Julio 6). Songs Of The Humpback Whale (Full Album HD Vinyl). [Video]. Recuperado de <https://youtu.be/p-7QrQocbpg>

TED [TED-Ed]. (10.4.2014). How whales breathe, communicate ... and fart with their faces - Joy Reidenberg. [Video]. Recuperado de <https://youtu.be/2dnaEcUKeAQ>

TED [TED-Ed]. (10 nov. 2016). Why do whales sing? - Stephanie Sardelis. [Video]. Recuperado de <https://youtu.be/7Xr9BYhlceA>

TED [TED-Ed]. (2013 Junio 13). Attend the Whale Song: Roger Payne at TEDxBeaconStreet. [Video]. Recuperado de https://youtu.be/_6cX2p5cBVg

University of Southampton [Engineering and the Environment, University of Southampton]. (2014 julio 7). Singing Whale - Acoustical Engineering Group Design Project. [Video]. Recuperado de <https://youtu.be/tWRECPagwrs>

ANEXOS

Correos electrónicos

Una selección de los correos electrónicos más relevantes desde el comienzo de la investigación, que incluye a los científicos más destacados de Chile y el mundo en torno a la acústica de las ballenas, como a otros expertos en diversas áreas.



Daniela Fugellie <d.fugellie@udk-berlin.de>

para JUAN ▾

Estimado Juan,
gracias por escribirme. Yo soy musicóloga y fue bien interesante entrar en contacto con biólogos, que trabajan de una manera muy diferente a los que venimos de las artes y humanidades... Aunque el proyecto, tras nuestro seminario en Punta Arenas, lamentablemente no continuó desarrollándose, te podría contar todas mis impresiones al respecto. También te puedo poner en contacto con un compositor que hizo una obra inspirada en las ballenas: se llama Ramón Gorigoitia y vive en Colonia, Alemania, pero es chileno. Puedes encontrar su página en la web.
Desde octubre estoy trabajando como profesora en la Universidad Alberto Hurtado, así que lo mejor sería que nos encontremos y así conversamos al respecto. Para mí son ideales los martes y jueves. Dime cuándo tendrías tiempo y en qué horario y nos ponemos de acuerdo.
Por otra parte, también hace poco volvió a Chile Derek Corcoran, que fue quien me invitó a participar del proyecto, y está haciendo un postdoctorado en la PUC, así que sería ideal que te encontraras con él (aunque creo que ambos tenemos opiniones diferentes sobre el tema de si el canto de las ballenas es música o no, pero de esas opiniones diversas puede quizás salir algo fructífero para tí). Voy a conseguirme su contacto y te aviso.
Muchos saludos,
Daniela

19 abr. ☆



Daniela Fugellie es musicóloga Doctora en musicología por la Universidad de las Artes de Berlín (2016).

Contribuyó en un seminario de investigación junto con otros biólogos (Jorgue Gibbons, Derek Corcoran entre otros) donde expusieron las investigaciones que están llevando a cabo con las ballenas jorobadas ubicadas en los canales australes, en un intento de develar el significado del canto de este cetáceo misticeto



Ramón Gorigoitia <gorigoitia@gmx.de>

21 abr. ★



para mí ▾

Estimado Cristobal,

gracias por tu mail y tu interés en mi trabajo, en el caso específico de mi obra basada en cantos de cetáceos se llama „Canto submerso“

Te adjunto un Link de un video que hicieron en España donde fué estrenada en el Festival Sinkro en 2011.

https://www.youtube.com/watch?v=_0LpzKgKTs0

Si te interesa puedo enviarte los bosquejos de la transcripción que realicé de las diversas especies de ballenas que utilicé en esta obra.

Si deseas saber más sobre mi trabajo como compositor puedes revisar mi web: www.gorigoitia.de

Mucha suerte con tu proyecto y saludos cordiales

.....



Músico y compositor chileno radicado en Alemania. Magister en Musicología y Fonética. Ha experimentado con la musicalidad de los animales, como es el caso de Canto Submerso.



Ramón Gorigoitia <gorigoitia@gmx.de>

📧 27 abr. ☆



para mí ▾

Hola Cristobal,

disculpa por el atraso pero N pega me lo ha impedido.

Te adjunto la partitura y tengo que revisar mi biblioteca para encontrar los bosquejos de las transcripciones que realicé de los cantos basicamente del Humpback Whales y

de ballenas jorobadas. Lo peculiar de estos es que cantan en forma periódica con episodios de vectores repetitivos en general en una curva ascendente 6 a 7 segmentos distintos.

Bueno, espero te sirva de algo. Gracias por tu interés en mi trabajo y mucho éxito en tus investigaciones.

Hasta pronto

Ramón

Benjamin Caceres Murrie <benjamincaceresm@gmail.com>

📧 17 abr. ☆



para mí, Tomás ▾

Hola Cristóbal,

Gusto en saludarte y te agradezco harto por tomarte el tiempo de contarme en lo que estás. También aprovecho de agradecerle a Tomás por darte buenas referencias mías.

Mi padre es Biólogo Marino y tiene la concesión de un Faro al sur de Punta Arenas. Desde chico que nos llevó al lugar y siempre en el camino nos iba enseñando sobre el paisaje, biología de ciertos animales, etc. En una oportunidad, tuvimos el privilegio de ir a la isla Carlos III, hoy en día Parque Marino y Área Marina Costera Protegida debido a que es un área de alimentación de la ballena jorobada. Desde ese momento es que quise estudiar ballenas. Una vez en la Universidad, donde estudié Biología Marina, decidí meterme de lleno en el estudio de mamíferos marinos. Hice mi tesis con una pequeña colonia de focas elefantes de Cordillera Darwin y desde entonces que me he dedicado a estudiar las aves y mamíferos marinos subantárticos. Hoy en día trabajo en la fundación CEQUA, en la línea de ecosistemas acuáticos, en el departamento de ecología de mamíferos marinos. Además, sigo estudiando con don Anelio Aguayo (83 años) todos los días prácticamente, eminencia y pionero de la investigación de mamíferos marinos en Chile. Junto con él y un equipo magallánico de investigadores de la misma línea, hemos estado estudiando las poblaciones de focas elefantes, albatros, orcas, ballenas bobas, lobos marinos, entre otros, acá y en península Antártica.

En este momento, estoy involucrado en el estudio poblacional de ballenas jorobadas de la península Antártica o más bien, la población del Pacífico Este o Stock G. La Comisión Ballenera Internacional (CBI) tiene como propósito realizar una nueva estimación de esta población, por lo que estamos realizando esfuerzos de fotoidentificación en la Antártica. Además, aprovechamos de tomar biopsias de piel de los animales, lo que nos permite estudiar la genética poblacional y hábitos alimenticios de las mismas. Además, estamos postulando a proyectos para estudiar la población de ballenas sei del estrecho de Magallanes. A la fecha no sabemos nada de esta población, por lo que queremos empezar a hacer estudios basales de dieta y comportamiento.

Más del canto, no sé si estás al tanto que depende mucho de lo que te refieres con "canto". Este término se le hace referencia a las ballenas jorobadas macho, quienes compiten cuando están en temporada reproductiva en el Caribe. Sin embargo, la vocalización lo hacen todas las ballenas, pero no en el rango audible del ser humano. Los llamados "clicks" en los delfines (Odontoceti) de alta frecuencia y los "pulsos o cantos" de baja frecuencia de las ballenas barbadas (Mysticeti).

Acerca del Museo, es una iniciativa que comenzamos hace cuatro años atrás con mi hermano artista. Hoy en día somos una pequeña ONG, que pretende unificar las Ciencias con el Arte, la Cultura y la Educación, con el gran objetivo de poner en valor nuestro Patrimonio Natural a través de la construcción de un Museo de Historia Natural. Consecuentemente, hemos aprendido muchísimo de la biología y evolución de los cetáceos (ballenas) al tener que preparar sus esqueletos para su exhibición. Tenemos una página de Facebook que puedes chequear: Museo de Historia Natural Río Seco.

Como tu prefieras. A mí me interesa muchísimo la interacción del ser humano con los animales, al sobrelaparse intereses y territorios. Estamos también estudiando la interacción de la pesquería del bacalao con las orcas, problema económico para los industriales pesqueros y de conservación para los animales.

De antemano, agradezco infinitamente tu tiempo y quedo atento.

Te agradezco a ti también! De nuevo, cualquier cosa que necesites, no dudes en consultar.

Un gran abrazo, suerte con tu proyecto,
Saludos,
Benja

Saludos!
Cristóbal

Benjamín Cáceres, Biólogo Marino especialista en mamíferos marinos y ecosistemas acuáticos. Director del Museo Río Seco, Magallanes.



Jorge Gibbons E. <jorge.gibbons@umag.cl>

para mí ▾

Hola J.

Ya debes estar que me asesinas.

Voy de imprevisto en imprevisto y siempre postergándote.

Como consecuencia de tu interés me había puesto a revisar lo que había realizado en el tema de los cantos años atrás y a reescribir un resumen, que se me transformó en un criatura de mil cabezas.

Como ya veo que solo en unos días podré volver a eso e incluso de que corro el peligro de atrasarme aún mas, te envío esta grabación que he estado corriendo en un espectrograma usando Audacity.

Mi disculpas de nuevo.

...

📧 22 may. ☆



Jorge Gibbons: Investigador, Licenciado en Ciencias, Magíster en Zoología Universidad de Chile. Investigación en zoología de vertebrados.

Más de 30 años de experiencia en investigación de ballenas jorobadas.



Jorge Gibbons E. <jorge.gibbons@umag.cl>

para mí ▾

Hola J.

volviendo de navegar.

Te anexo paper que creo sirve para tu interés.

Yo ya liberado de clases y temas administrativos podré enviarte textos que te debo.

Le he dado mucha vuelta a tu tema. Luego de cumplir con envíos que te debo me gustaría que conversáramos.

Saludos. Jorge

...

📧 5 jun. ☆





Jorge Gibbons E. <jorge.gibbons@umag.cl>

para mí ▾

7 jun. ☆



Hola J.

le he da dado vueltas.

- a. - Por un lado le doy vuelta al menú de accesorios que creo los biólogos(y después los turistas) van a usar cada vez mas. Un ejemplo de eso es una pequeña proposal que debo presentar en un par de días ´para \$\$\$. Apenas la tenga (espero mañana) te la envío para que te hagas una idea.
- b. - Ese paper es relevante porque da una idea de como generar sonidos de alta calidad (de acuerdo a la lógica de las ballenas) que debieran o atraer a las hembras o tal vez ser mas copiadas por otros machos.
- c. - Lo que estoy redactando yo son ejemplos que muestran que es posible reconocer gramáticas que generan sintaxis o secuencias de sonidos, y grandes extinciones y radiaciones culturales entre años. Esto importa pues creo puede ayudar a identificar que variaciones serán aceptables (y por tanto adoptadas por las ballenas) en un año particular (si dispones de grabaciones de años anteriores). Digo con eso que con un enfoque linguistico se podría pensar en hacer play backs que funcionen (interesen a las ballenas).

Eso para mi puede ser de interés pero...

¡está en extremo alejado del mundo normal de intereses de los biólogos, turistas, etc!

Por eso creo que vale la pena conversar aún un poco alternativas de (a).

Cuéntame horarios disponibles para conversar por fono.

Saludos. Jorge



Jorge Gibbons E. <jorge.gibbons@umag.cl>

para mí ▾

7 jun. ☆



Hola J.

estoy metido redactando. Aun me tomaré el dia.

Mientras, pienso te puede servir como complemento mirar una pequeña entrevista en que hablo de cantos.

lo encontrarás dentro de un conjunto de videos Magallanes Lab:

<https://vimeo.com/album/4606275>

Hay otros que creo también te pueden interesar.

Saludos. Jorge



Jorge Gibbons E. <jorge.gibbons@umag.cl>

para mí ▾

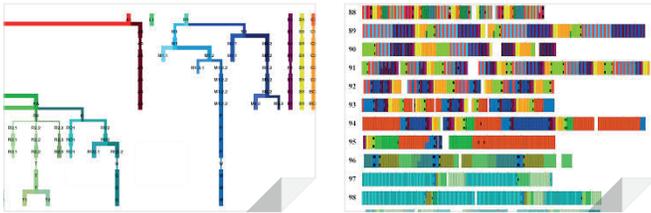
aquí van las imágenes

las barras de color dan una idea de frases distintas. se mantiene el color cuando el grado de diferencia de año en año es baja...

📧 7 jun. ☆



2 archivos adjuntos



Jorge Gibbons E. <jorge.gibbons@umag.cl>

para mí ▾

Hola J.

aquí te adjunto un ejercicio que dispara a la estructura del canto (sin atender a sus aspectos acústicos, solo de organización de secuencias).

Lo que he estado haciendo estas semanas es simplificar ésto al máximo, sacando todo tipo de discusiones y ramificaciones.

Aun tiene un par de debilidades gigantes (es un trabajo cualitativo y no he logrado establecer una estrategia de análisis estadístico decente) y la gramática es muy básica e incompleta.

Y sin embargo...

Te lo envió pues tanto la mirada a la dinamica cultural como esta a la estructura sugieren que las ballenas discriminan y siguen patrones . No solo memorizan secuencias aleatorias.

Ergo por ahí se puede anticipar endencias o modas (fads) y participar en su mundo.

Pero claro, sin el contenido musical que genera en nuestra experiencia musical una preferencia o disgustos, mi sospecha es que no se interesarán.

Pero no tengo idea, y probar es siempre entretenido.

Eso por ahora. Saludos.

📧 8 jun. ☆



 **Derek Corcoran** <derek.corcoran.barrios@gmail.com>

15 jun. ☆



para mí ▾

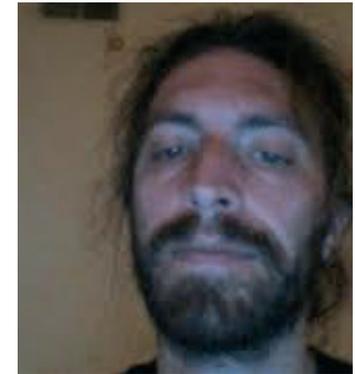
Hola Cristobal:

Esta interesante, te mando comentarios mañana. Te cuento que yo toque gaita por mucho tiempo, creo que quizás las bolsas modernas de Gaitas podrian ser útiles para ti.

<http://www.scotshighland.com/gannaway-zippered-pipe-bag-a-112-m.html>

Hablemos pronto, me gustaría mucho tocar el ballenofono cuando se pueda.

Saludos



Derek Corcoran, Biólogo PhD Ciencias de la Ecología UC. Ha participado de investigaciones en conjunto con Jorge Gibbons sobre los cantos de ballenas.

 **Derek Corcoran** <derek.corcoran.barrios@gmail.com>

16 jun. ☆



para mí ▾

Hola Cristóbal:

Lei lo que me enviaste y me parece bien, si quieres que tu trabajo ademas sea un aporte a la ciencia, creo que lo ideal seria realizar los siguientes pasos:

1. generar un catalogo de sonidos de Ballena, Esto es tomar al menos un canto de ballena entero, y cortarlo en unidades.
2. Después de eso clasificarlo en tipos de sonido.
3. Finalmente si construyes un Ballenofono con la misma estructura del de la ballena, lo que tendríamos que hacer sería intentar imitar cada uno de los tipos de sonido del catalogo
4. Grabar los sonidos generados
5. A través de programas para manejo acústico como es Sonic Visualizer comparar los sonidos generados con los de las ballenas hasta hacerlos lo mas parecidos posibles
6. Para cada uno de los sonidos se debiera hacer una descripción de que acciones se debe hacer para generarlos, tanto en términos del instrumento como en términos de los órganos asociados de la ballena.

Espero que estos comentarios te sirvan

Saludos



Gustavo Chiang Rojas <gustavochiang@gmail.com>

18 ago. ☆



para mí ▾

Hola Cristobal,

Recien tuve tiempo de ver tu presentacion. Te voy a poner en contacto con Michael Moore, el habla soo ingles y supongo que tu escribes y entiendes?

Saludos,

Gustavo



Gustavo Chiang, Director de fundación MERI. Biólogo marino y doctor en Ciencias Ambientales (Universidad de Concepción) con 15 años de experiencia trabajando en ecosistemas acuáticos, en especial en ecología, biología reproductiva de peces y efectos de estresores múltiples sobre biota acuática.



Gustavo Chiang <gchiang@fundacionmeri.cl>

18 ago. ☆



para Michael, mí ▾



inglés ▾



español ▾

[Traducir mensaje](#)

[Desactivar para: inglés](#) x

Hi Michael,

How´s the summer still going up there? wet? Well, Cristobal here on the email, is a student with a very interesting project for his undergrad. He s trying to emulate in an instrument the vocalizations of whales, specifically humpback whales. He approached MERI, looking for some help and guidance. And I immediately thought of you and maybe you could give him some comments and advice on his project. I am attaching a short presentation he sent me (in Spanish), but he could explain more in details to you if you have time.

Cheers,

Gustavo



GUSTAVO CHIANG, PhD

Director Científico

gchiang@fundacionmeri.cl

(+562) 2 953 5192 (+569)52148013

Av. Presidente Kennedy Lateral 5682

Vitacura, Santiago - Chile

www.fundacionmeri.cl

 **Michael Moore** <mmoore@whoi.edu> 18 ago. ☆  
📧 para Gustavo, mí ▾

 inglés ▾ > español ▾ [Traducir mensaje](#) [Desactivar para: inglés](#) ✕

Dear Gustavo and Cristobal,
I think this is really interesting. But I'm not a musician or acoustician or engineer. But happy to chat. I can also introduce to Tyack, Reidenberg and Payne if that would help. Michael

⋮

<Resumen presentación seminario.pdf>

 **Michael Moore** <mmoore@whoi.edu> 18 ago. ☆  
📧 para mí ▾

 inglés ▾ > español ▾ [Traducir mensaje](#) [Desactivar para: inglés](#) ✕

I think actually, better than Roger will be his ex wife Katie - she has worked on sound in Elephants also and is a musician and very thoughtful - will connect you to her

⋮

 **Michael Moore** <mmoore@whoi.edu> 18 ago. ☆  
📧 para Katharine, mí ▾

 inglés ▾ > español ▾ [Traducir mensaje](#) [Desactivar para: inglés](#) ✕

Dear Katie - I don't know if you remember me, but I used to work with Hal Whitehead, and my wife Hannah (then Hannah Clark) went to sea with him when Holly was working with him. I got an intriguing email today that made me think of you. A colleague in Chile forwarded an idea that an undergraduate student, Cristobal Croxatto is thinking about, namely engineering a musical instrument that would replicate humpback whale song. I've been working on anthropogenic trauma in marine mammals, so am not the acoustician he needs. He is asking questions about the biophysics of the laryngeal sacs that are beyond me, but thought you might be really helpful. I have cc'd Cristobal to this in case you can help him. Michael Moore

 **Michael Moore** <mmoore@whoi.edu> 18 ago. ☆  
📧 para Peter, mí ▾

 inglés ▾ > español ▾ [Traducir mensaje](#) [Desactivar para: inglés](#) ✕

Peter - I am thinking that you could help with some insight on the question this student from Chile is posing. I will leave it to him to send you a powerpoint he has, showing what he has conceived. Michael



Dr. Michael Moore is a Senior Scientist at the Woods Hole Oceanographic Institution (Woods Hole, MA). Works with many species of whales.

 **Michael Moore** <mmoore@whoi.edu>
para Joy, mí

18 ago. ☆



inglés > español Traducir mensaje

Desactivar para: inglés x

Hi Joy - I think this student from Chile is on to something. I'll let him explain. Michael

 **Peter Tyack** <plt@st-andrews.ac.uk>
para Michael, mí

19 ago. ☆

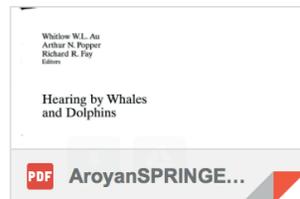


inglés > español Traducir mensaje

Desactivar para: inglés x

Thanks for your email Cristobal. I am afraid that not that much is known about the details of sound production in baleen whales. I attach one of the few papers that suggests something specific enough for you. Do not be put off by the math and scans in the first part. The crux for you is sections 5 and 6. I hope fig 10.17 gives you enough detail to work from.

best Peter Tyack



Peter Tyack studies the social behavior and acoustic communication in whales and dolphins, learning how these animals use sound to perform critical activities, such as mating and locating food.

https://www.ted.com/talks/peter_tyack_the_intriguing_sound_of_marine_mammals

 **Reidenberg, Joy** <joy.reidenberg@mssm.edu>
para mí ▾

📧 18 ago. ☆  

 inglés ▾ > español ▾ Traducir mensaje

Desactivar para: inglés ×

Dear Cristobal:

Thank you for your e-mail regarding the whale's larynx. Your questions are all very good ones. Unfortunately, we do not have all of the answers, because we can only study dead whales. In order to know this, we have to study air flow and vibrations in a live whale. However, this is not practical in the foreseeable future.

We have reconstructed what we think is vibrating and what is a resonance space based upon the geometry and positions of the tissues. Please note that this is largely hypothesis and not provable at this point.

I like your idea of modeling the larynx out of similar materials to observe what is actually vibrating when the correct sounds are achieved. We have also proposed to do something similar, using a 3-D printed model. However, we have not accomplished this yet.

Our more recent work (in press, but not yet published) looks at the U-shaped vocal fold in more detail. This tissue has different properties along its length, and probably corresponds to some regions generating sounds while other regions simply regulating in-flow or out-flow of air during breathing. The vibrating region appears to correspond to the curved area that is the juncture between the two cartilages that support the tissue: arytenoid and corniculate. At this juncture, the tissue is curved and has a lip-like ridge along the free border that may vibrate. The two lips are opposed, and likely function as a valve when tightly opposed. Otherwise, air flowing between the two lips may cause them to pulse, thereby generating the fundamental frequencies (initial sounds) that are then modified by other structures in the vocal tract.

It is difficult to describe the texture and stretch properties of the tissue in an e-mail. However, it may help to understand that this is supported by cartilage for most of the cylindrical volume of the fold. The free edges are softer and point ventro-rostrally (towards the base of the epiglottis). These tissues appear oriented to allow air to flow between them in an egressive manner, but not an ingressive manner. The ingressive flow would likely suck the free folds into the gap between the cartilages and obstruct airflow.

I hope this information helps. Please do keep me posted on your progress. Your project sounds most interesting!

Sincerely,
Dr. Joy Reidenberg

=====
Joy S. Reidenberg, Ph.D., Professor,
=====



*Joy S. Reidenberg is an American comparative anatomist specializing in the vocal and breathing apparatus of mammals, particularly cetaceans (whales, including dolphins and porpoises). She is best known as the Comparative Anatomist in the TV science documentary series *Inside Nature's Giants*. In this series, she performed dissections of the animals to demonstrate anatomy, and explained how these adaptations function in live animals.
<https://ed.ted.com/lessons/how-whales-breathe-communicate-and-fart-with-their-faces-joy-reidenberg>*



Reidenberg, Joy <joy.reidenberg@mssm.edu>

para mí ▾

📧 11 oct. ☆



inglés ▾



español ▾

[Traducir mensaje](#)

[Desactivar para: inglés](#) ✕

Hi Cristobal.
I have inserted my comments below into the e-mail.
Sincerely,
Joy Reidenberg

I do not understand what you are asking here. Are you asking if there is any usefulness to knowing this information? For example, can we take this knowledge and apply it to the human condition? The answer is yes. If we understand how whales generate and transmit sound underwater, then we could develop/improve communication devices for underwater transmission. Of course, we also need to work on appropriate underwater sound reception to match.

This is useful if you are trying to duplicate the system in order to determine how it works. The whale larynx may function in a novel way, having a new mechanism not yet observed or understood.

There are certainly some parameters related to the produced sounds that would be interesting to model. For example, small toothed whale make ugh frequency sounds used for echolocation. Larger baleen whales also may rhythmic pulsed sounds, but it is unclear whether they can be used for echolocation. The information low frequencies can give is limited compared to the finer waves of the faster oscillating tissues that produce high frequencies. It may be more like the coarse information received by a blind person from tapping the cane. On the other hand, low frequencies attenuate more slowly, and therefore can give information from much farther away without much degradation of signal. Think about how you can hear the bass beat from the radio of a car stopped next to you at a traffic light, but you cannot hear the treble notes when the windows are rolled up because these have already attenuated and not reached your ear.

Interesting idea. Playback experiments have already been tried, so you'd have to demonstrate that what you are proposing to do is not going to cause a major negative change in the whales' behaviors. If it is perceived as something that will "harass" them (i.e., change their behavior, particularly to avoidance), then it may be prohibited. Attracting them also causes problems, as there is a legal set-back limit in the US regarding how close you can be to a whale. This may not apply where you are working.

Are you accounting for muscular regulation of the valve? Muscles may hold the valve in variable tension or degrees of occlusion. Also, the anatomy indicates the air most likely is flowing aggressively towards the laryngeal sac during sound production, as the projecting tissues of the vocal folds would likely get sucked inwards during ingressive flow and therefore not be able to properly vibrate. What about the second valve located between the flaps of the corniculate cartilages? What role will the resonant spaces surround the larynx play (e.g., trachea, sac, nasal cavities, etc.)?

 **Rothenberg, David B.** <david.b.rothenberg@njit.edu> 31 oct. ☆  
para olivier.adam, mí 

 inglés ▾ > español ▾ Traducir mensaje Desactivar para: inglés x

Hi Cristobal, I'm happy to talk to you about this, name a time.

Have you read THOUSAND MILE SONG, would you like a pdf copy?

Also there is this project visualizing the STRUCTURE of the song. If you do this you shouldn't forget the complex structure.

<https://medium.com/@dealville/whales-synchronize-their-songs-across-oceans-and-theres-sheet-music-to-prove-it-b1667f603844>

As to emulating the WAY sound in a humpback whale is made, Olivier Adam is your man, contact him, I'm copying this message as well.

DR



David Rothenberg (born 1962) is a professor of philosophy and music at the New Jersey Institute of Technology, with a special interest in animal sounds as music. He is also a jazz musician whose books and recordings reflect a longtime interest in understanding other species such as singing insects by making music with them.

Why Birds Sing, Thousand Mile Song, Survival of the Beautiful among other titles.

Also, he had made experiments playing along with whales while singing. <http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/lmj.2008.18.47>

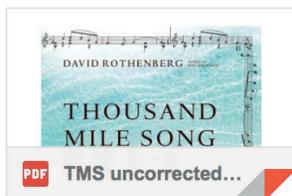
 **Rothenberg, David** <rothenbe@njit.edu> 31 oct. ☆  
para mí 

 inglés ▾ > español ▾ Traducir mensaje Desactivar para: inglés x

Sure, we can talk on Thursday or Friday, here's a copy of the book, and the music that goes with it is on Spotify and everywhere else online:

<https://open.spotify.com/album/7cU6sT0VyUJ71bLT8xDzV64>

DR



 **Olivier Adam** <olivier.adam@u-psud.fr> 2 nov. ☆
para Dorian, mí

inglés > español Traducir mensaje Desactivar para: inglés x

Dear Cristobal,

We work on sound generator of humpback whales. Please find our recent papers of it.
We also developed a mechanical system in collaboration with Prof Paul White and Dr Dorian Cazau (in cc). I don't know but maybe some exchanges could be interesting to think about.

Best, Olivier ADAM

 **Dorian Cazau** 19 nov. ☆
para mí

inglés > español Traducir mensaje Desactivar para: inglés x

Hi Cristobal,

for sure I find your initiative very valuable, both for academic researchers and broad audience

after that i do not see more specifically how i could help you in your project, except giving you some contact (e.g. with Chris Smith <https://sketchfab.com/models/ba1567efedb84007b70fce42f4bdcc09>) and reviewing quickly your models , which I could indeed

Best of all
Dorian

Dorian CAZAU
Post-doctoral researcher
Lab-STICC (UMR 6285)
ENSTA Bretagne - Pôle STIC/AP
[2 rue François Verny](#)
29806 Brest Cedex 9
[+33 \(0\)6 72 55 34 94](#)
[cazaudorian.com](#)



Olivier Adam, Engineer dedicated to signal processing and pattern recognition applied to Bioacoustic applications. Works on detection and localization of marine mammals using passive acoustics. My research project consists to analyse the sound emitted by cetaceans, especially sperm whales, blue whales and recently humpback whales



Dorian Cazau, post doctoral researcher specialized in Acoustic Data Analysis, currently working in the Passive Acoustic Team Lab-STICC at ENSTA Bretagne in Brest (French Brittany).



Sofia Enriquez <sofia.enriquez.g@gmail.com>

para mí, Benjamín ▾

10 oct. ☆



Sofía Enriquez es diseñadora gráfica de la UDP, trabajó en el Museo Interactivo Mirador MIM.

Hola Cristoball!

Iré desglosando por etapas tu mail.

Primero, con respecto a la idea y las salidas posibles, en una primera lectura, relacioné como una sola la primera y la tercera, es decir la contribución científica con el permitir explicar fenómenos complejos a través de elementos simples. Creo que al ser un elemento de diseño el que planteas precisamente su plus es que este pueda ser entendido y manipulado por todo aquel que desee explorarlo. Con respecto a la salida musical (la cual quizás también podría ser unificada con la tercera pero al leerlo lo entendí como un proceso más complejo, no lo se) me la imagino como el mismo elemento pero presentando otras cosas, en el fondo lo que forme en mi mente al leer la idea es un mismo instrumento pero mostrado de dos maneras distintas, tanto en contenido como en modo de manipulación.

Segundo, el MIM. Yo estuve conformando el equipo de diseño de la nueva sala de neurociencia (como diseñadora gráfica), tu elemento si lo imagino dentro de lo museográfico (totalmente) pero por ahora no creo que en el MIM. Esto porque aún no existe ninguna sala en la cual este instrumento pueda estar, y como el museo funciona con esa estructura temática (y ahora están por inaugurar la sala de astronomía) no lo veo en concordancia. Entiendo que al concebir la idea de "elemento interactivo" se piense en el MIM, pero por lo mismo, creo que si eso no existe en otros museos/ fundaciones con extensiones educativas fuertes en Chile sería aún más valioso presentárselo, por ejemplo, al museo nacional de historia natural, el cual ahora mismo tiene una expo temporal de los cetáceos, la cual (por lo que recuerdo) está unida con la fundación MERI, y esta creo que tiene un programa fuerte en educación que también podrías ver.

Y por otro lado, ahora en octubre (se supone) se inaugura el Museo regional de Aysen en Coyhaique (esa es zona de ballenas jorobadas? o azules? si estoy mal en geografía olvida este punto jaja) el cual pretende levantar todo el patrimonio regional y entiendo que ellos están trabajando con el CIEP (el centro de investigación de ecosistemas en la patagonia) (lo relaciono porque quizás ellos tengan investigaciones que puedan concordar con tu proyecto, no lo se). Pero si ese fuera el caso, tengo el contacto de uno de los arqueólogos que está trabajando ahí.

Tercero, y ya como reflexiones personales, si te decides en efectivamente crear este instrumento para espacios de exhibición, tienes que plantearte como base una serie de factores, cual será tu público, si será una instalación de fácil o complejo desplazamiento, si será pensada para exposiciones fijas/espacios pre determinados, si varía en sus dimensiones según contexto/lugar. Es bueno siempre definir esas áreas del proyecto para que al presentarlo ante otros sea más simple ir imaginándolo y la conversación y aportes van siendo más enriquecedores.

Ojalá haberte ayudado! Obvio que si tienes más dudas o contactos que pudiese conseguirme me escribes no más. Me encantó el proyecto, viéndolo desde mi área creo que sería genial poder ver y manipular algo así, que además hace mucha falta en las propuestas museográficas chilenas.

un abrazo!



Susannah Buchan <sjbuchan@gmail.com>

para mí ▾

Hola Cristobal
Gracias por tu correo. Interesante proyecto.

Tal vez sea mejor si me llamas por cel, ojala hoy despues de las 18:30, para contestar tus preguntas.

Quedo atenta, saludos
Susannah

Susannah Buchan, PhD Oceanography
COPAS Sur-Austral Center
CEAZA Centre
Woods Hole Oceanographic Institution
Sent from [+56 9 6646 8466](tel:+56966468466)

3 oct. ☆



Susannah Buchan, inglesa, oceanógrafa de profesión, con estudios en Inglaterra y Francia. Doctorada en la Universidad de Concepción, especializándose en ecología y acústica de ballenas azules. Es parte del equipo de Wild Chile, documentales de naturaleza en Chile.

Susannah se atribuye el descubrimiento del 10º lenguaje de las ballenas azules, el lenguaje chileno.

30 nov. (hace 4 días) ☆



Susannah Buchan

para mí ▾

Hola Cristobal
Es muy chico el mundo! Y has estado mirando en los lugares correctos.

Conozco a Olivier, Dorian y a Paul White, todos muy buenos en lo que hacen. De hecho los voy a ver en Paris el proximo anho de nuevo en workshop. Y justo te iba a decir de buscar los trabajos de Dorian, vi su trabajo el mismo workshop hace un par de anhos y es en quien pense cuando me mencionaste tu trabajo. A Paul, no lo conoci a Southamtpon ya que iba en el pregrado y aun no me metia en el mundo de la acustica. Pero nos conocimos en un workshop y estamos explorando trabajo en conjunto a traves de una alumna de el.

Por otro lado, te recomiendo contactar a Julie Patris y Franck Malige PATRIS Julie <julie.patris@univ-amu.fr> y MALIGE Franck <franck.malige@etu.univ-amu.fr> sobre sus trabajos. Saben mucho y son muy abiertos con sus conocimientos. Su numero de telefono es 99857262.

Cualquier cosa, me avisas. Mucho exito con tu proyecto y gracias por insistir en hablar conmigo.

Muchos saludos,
s



MALIGE Franck <franck.malige@etu.univ-amu.fr>

para PATRIS, mí

13:33 (hace 1 minuto)



Buenas tardes!

Yo soy Franck y trabajo junto con Julie.

Me parece interesante tu tema de investigación.

La producción de los sonidos por parte de los mysticetos es un campo de investigación que se ha desarrollado en los últimos años (después de varias décadas de estudio de la recepción de estos sonidos).

Te añado a este mail tres artículos sobre el tema que tu tal vez ya conoces. El más relevante me parece "New acoustic model for humpback whale sound production" de Adam. Creo que este equipo creó una máquina para simular algunos cantos de ballena jobobada.

Si quieres, nos podemos ver uno de estos días para conversar. Lo único es que estaremos muy ocupados y fuera de Santiago en diciembre así que sería más fácil para nosotros en enero.

Saludos,
Franck.

De : PATRIS Julie

Envoyé : lundi 4 décembre 2017 17:07

À : MALIGE Franck

Objet : TR : Acerca de la estructura acústica de las ballenas, proyecto de título en diseño

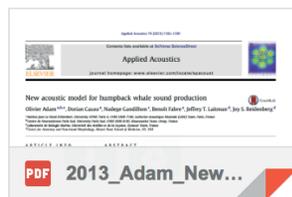
De : Cristobal Croxatto [cristobal.croxatto@gmail.com]

Envoyé : jeudi 30 novembre 2017 19:00

À : PATRIS Julie

Objet : Acerca de la estructura acústica de las ballenas, proyecto de título en diseño

3 archivos adjuntos



Transcripción de conversación telefónica con Susannah Buchan.

“Hay una limitante en trabajar con ballenas. A diferencia de quienes estudian ranas por ejemplo, nosotros no podemos criar una ballena. No podemos manipular desde el punto de vista logístico y ético. Eso limita mucho lo que podemos hacer con ellas.

Nadie está muy metido en esto (de la acústica), ya que es muy difícil de resolver. Lo más que podemos hacer es registrar sus cantos y poner algunos sensores. Hay un tema práctico que limita mucho la investigación. Mucho de lo que se sabe de la fisiología de la ballena es gracias a la caza, que ya no se hace. Como comunidad estamos más enfocados en conservación. Estamos viendo cómo estas poblaciones se recuperan, cómo se distribuyen.. claro, hay colegas que se centran más en el comportamiento del animal, pero la verdad es que yo no conozco mucho sobre esta área. Mis preguntas son más ecológicas, me interesa cómo el animal se relaciona con el ambiente oceanográfico, en ambientes muy productivos, como la patagonia, o la zona norte de Chile. Cuando entiendes esa relación se puede trabajar para conservarlas. Conviene mucho que están cantando constantemente por lo tanto se puede hacer seguimiento.

Mis intereses no se centran tanto en el comportamiento acústico, sino en cómo ocupamos la acústica para saber dónde y cuándo están, y así contestar preguntas ecológicas, y de esta manera enfrentar problemáticas de conservación.

En Chile inicialmente había que establecer un conocimiento base, caracterizar los cantos, definir la huella digital con la que las ballenas cantan, y de esta manera empezar a construir el conocimiento.

En los misticetos, se cree que la manera de producir el canto es bastante parecida. Son vocalizaciones de baja frecuencia. La gracia de la baja frecuencia es que viajan largas distancias y permite que se comuniquen.

La ballena jorobada presenta comportamiento mucho más complejo que el resto de las otras ballenas.

Una cosa que sí nos interesa, es entender cómo se propaga el sonido en el ambiente marino. Hay sonidos de baja frecuencia que se comportan distinto a la distancia que uno se encuentre. Cómo rebota el sonido, qué rol cumple la profundidad del mar.. etc.

Necesitamos entender mejor la propagación de sonido para luego poder decir: “mi hidrófono está escuchando a 10, 50 o 100 kms..” con un hidrófono estamos un poco ciegos. Escuchamos pero no sabemos a qué distancia estamos. El rango de escucha es muy distinto en un hidrófono que está a 150 mts, o a 2km de profundidad.

Entender mejor la producción en un dispositivo de baja frecuencia puede informarnos estos modelos de propagación. Saber cuán fuerte, a qué decibeles... y lo otro es que nosotros hemos visto que si grabas ballenas azules muy cerca, el sonido se siente más pulsado y si es que te alejas más se sienten más las tonalidades.

Cerca del animal, el sonido se ve modulado por pulsos, por amplitud, y cuando estás más lejos se ven tonos.. y eso sin duda tiene que ver con el mecanismo de producción de sonido.. yo creo que hay cosas que son simplemente incógnitas. Cómo puede hacer las dos cosas?.

Un científico de la U. de Chile que trabaja con voz humana, le interesa saber cuántos cantos puede emitir en un período de tiempo una ballena. Si sabes la tasa de producción de cantos de una ballena, puedes especular más precisamente cuántos animales están vocalizando en un determinado periodo de tiempo. No se ha podido aún contar animales acústicamente, pero todos nuestros esfuerzos de nuestra comunidad van para allá. Debe haber un tope fisiológico.. hay un tope de que no podemos hablar más rápido, así mismo debe ocurrir en las ballenas. Tiene que haber un tope de cuán rápido o cuán grave pueden llegar, ya que han bajado mucho y no pueden ir hasta 5 o 2 Hz. Entender mejor

nos ayudaría resolver mejor este tipo de dudas.

El tema de difusión de esta información es un ámbito importante de este proyecto. El ser humano finalmente se mueve mucho por cantos y por música. Hay una conexión emocional que tenemos con el sonido y la música que a veces no tenemos con lo visual.

Se ha visto que en el cerebro de las orcas, por ejemplo, la parte que regula las emociones es más grande (proporcionalmente) que la del ser humano, y que está muy asociada al lenguaje y al uso del sonido. Entonces yo creo que meterse en eso es muy potente en términos de conservación. En los cetáceos estamos hablando los corazones y cerebros del mar, y nosotros somos los de la tierra, tal vez. Hay un carácter más poético y de conservación porque, bueno, son mamíferos, están cantando, y el canto es vida, y para nosotros también. Lo primero que hizo el ser humano fue música antes de lenguaje y hay un tema muy bonito y social.

Tenemos algo con la música y los sonidos, que nos produce emociones que no nos puede producir lo visual.. y los cetáceo se mueven en un medio no visual, sino por sonidos, ya que es oscuro, y además en un medio denso que transmite muy bien el sonido.

Creo que hay una inteligencia emocional ligada a ese desarrollo de los cantos que nosotros no tenemos.

Estamos hablando de que los cetáceos tienen una cultura, o sea, en cachalote se dice que tienen capacidad de conceptos muy abstractos como de mitología y otros conceptos ancestrales. Tienen comportamientos tan complejos.

Personalmente tengo conflictos con los experimentos que intentan incidir en el comportamiento de un animal como la ballena a través del sonido, ya que pueden ser un poco invasivos, pero por otro lado los biólogos tienden a tener miedo a antropogenizar a los animales, otorgarle condiciones muy humanas, que a veces no están viendo lo obvio. Claramente hay casos en los que se les pone música a los cetáceos y que responden, y tienen respuestas de curiosidad y atracción

y no tenemos que sacar tantos números ni muestras para interpretar algo que estamos viendo, que somos mamíferos también, y entonces los científicos tenemos tendencias a bajarle el perfil a estas observaciones que no son con miles de horas de estudio, pero claro, me pasan dos cosas, que yo nunca he trabajado con ese tipo de proyecto. Hay un tema artístico, y temas más científicos. Un profesor mío trabajó con emitir vocalizaciones de machos de cachalote y ver cómo responden. Yo no lo he hecho personalmente.

Yo creo que la ciencia busca el conocimiento por el conocimiento. Somos animales super curiosos y eso tiene un mérito. Conocer por conocer. Finalmente estos conocimientos nos conectan más con otros seres. Estamos viviendo un mal momento en la humanidad, no? creo que estamos un poco desconectados, y buscar esos paralelos, esa magia en los animales nos ayuda a reconectarnos. La dimensión simbólica parece haberse perdido, y creo que una parte muy bonita de la humanidad es esa curiosidad incansable que nos permita vincularnos con otros animales.

Transcripción de conversación via skype con David Rothenberg.

“..The humpback whale is the one whale that sings alone complex song. none of the others make such complex songs that are really interesting in music and surprising. And you are right, we, i've been hearing this sounds scientific for fifty years since they were discovered, but is also true that we don't quite know exactly how they're made. We know about the anatomy, we know that no air is leaving the whale, but we don't really know how the sounds are made. There's a small number of scientist studying them now. Most notably this guy ... Olivier Adam.. He's doing the exact research on what your talking about. Trying to study the mechanism by different means, looking at pieces of the whales anatomically looking a collections of their parts and also to model the process on a computer.

Imagine you have this air sacs, imagine this to sort of playing around with what might be happening, because we can't really watch the whales singing in close up, so he's the one person i would say talk to. He and I we've done some projects together, and every time we gives a talk its exactly this of what we talk about.

It's true, its quite fascinating how it works, that being said, there's also a tradition of people who makes instrument to play along with whales underwater, because it's such a cool idea, like let's go and play this different things, can we make something underwater that somehow makes this sounds, it's pretty hard to actually do that. and that's why people like me play instruments and broadcast the sound underwater, and that's why scientist plays recordings of whale songs back to the whales to see what they are gonna do, which is something actually more easy than creates something that makes the sound.

But you know there are people who talk about this, also studying whales and also birds, like, can we make sounds the way they do and learning the hole process?, which is kind of a fun thing to try out. The thing about the Humpback Whale its in adition in to the sound production, and how mysterious that is, the hole structure of the song is what's rea-

lly interesting, that it has all this patterns and that is kind of unique in the world of whales. There really should be more people studying that, the hole structure of the song and how it changes from year to year and that kind of stuff, cause they have a hole series of patterns, they sing one after another, they change them all together from year to year, no other animal does anything quite like that. So a fair amount has been written about this but we are not really sure what it all means.

For you, having this cool instrument, you know, lots of people do things like this as a metaphor. Making a sound like a whale, this interesting process they play along and its kind of cool, but hardly anyone does is seriously trying in delve it to the topic and sort of musically respond to all the science that has been written about this to really go into it, and that's what i think its more really worth doing. Read what all the scientist say and then what does the musicians say in relation to this.

What about the fact that actually nobody know how the whales make the sounds. The idea of course is worth pursuing, but the question is exactly what you want to achieve. The easiest thing to do is you make this cool contraction that makes interesting sounds that in kind of looks what's inside a whale and you sort of suggesting something about how it happens and its really cool and people will like that. The hardest thing its actually to make it real and accurate. Half of the time people are talking about whale songs and just saying stuff thats not true and no one seems to notices. Just yesterday i heard a talk by Pal Winter whos like the first american musician who played along with whales and he is the guy i got be first interested when i was a teenager. As i actually listened to what he said almost everything what he sayed was a little bit wrong but nobody notices it.....If you want an instrument that sounds beautiful and its also interesting to play, but then you also want to teach people something about whales, its something else, you have to balance this things.

The main thing is that you're interested in the fact that no air gets in or out or also the actual mechanism of the hole process

I think for me, I was interested in what does it mean to make music with another species, with another musical creature that you can't really communicate with, so when you start doing with birds are kind of obviously musical to many people because they sing songs, people have always said that in different languages even we don't know what the songs are about. We just sort of hear them somehow being like music and if you as a musician play along with them you sort of join in with their music without needing to explain what the music is for. Science wants to explain what it's all for, the musician wants to join in with the music. When you expand from that into whales, you have this hole strange world that's so alien to ours, so far away.

If you see that (the book *Thousand Mile Song*), it describes the hole journey with this different species of whales and what it means to play along and in the end what I was interested in was actually making some music between human and whale. What I consider to be music is different of what others do. [...] I like the strangeness, the rhythm.. what counts as music? for me I wanted my own music to be expanded and changed, I want to play something very different as if the whale wasn't there, but other people want to demonstrate that this animal are musical in the human sense, and show that if you if you just add chords to them look they harmonize so beautifully. that interesting comparisons, so for me I want to be changed by the encounter, I want to make a music that no one species could make alone, it can only be made by humans and whales, humans and birds. I'm interested in the musical result and how the process of playing alone leads you to understand the structure of the humpback whale song differently. The scientist don't really emphasise the musical structure or the musicality cause it's not something that can be measured, they analyze in an

statistical way. That's kind of what's most interesting to me to change human music from the encounter with the whales

About the intentionality of the music as music itself. Do whales have the intention?

Well, it's not a surprising idea, but does human music have any intention of being music? I would say the call to prayer in Islam is musical when it goes to laaaalalaaaaa, you know, and you have to pray, that's musical, it's not put forth as music, but we don't actually know, I think you should analyze music not from what is behind it but the phenomenon in itself. Musicologists like to hang up with what's around the music rather than the music itself, you know? where was this sound produced, why, what were the people talking about.. That's cheating, you have to take the sound in itself and analyze it, and what are the qualities of music.. You know, the classic definition it is just sound organized... that's too easy, it's like a series of patterns of sound with a meaning comes across in the performance.. If I'm talking to you, my words stand for a message, and if I start saying it over and over again you're gonna get bored. If I start saying 'every word I say mean something, every word I say mean something, every word I say mean something...' pretty soon I'm repeating the same sentences, you'll say, ok get it, -can we move on now? But in music we repeat the same things and we love it "tan tarararan tan tan tarararan tan tan tarararan tan tan .." the sound has to go over and over again and their meaning comes in the performance.

Whale song works like that, they do the same patterns over and over again and they do not get bored, they need to hear the stuff, so much touch them in terms of emotion and rhythm and presence, all the stuff that music has. Of course I don't know what it means to them, I'm just hypothesising that, but I think if you compare the structure of a humpback whale song with the structure of the nightingale song

you'll have similarities there, and so, one of the reasons is because it is a musical form of communication. I'm trying to find music in terms of how use this in sound rather than what intentions is behind it. We don't actually know the intention of a lot of things.. i mean, why does Donald Trump want to be president, nobody has any idea, yet there he is, somehow he got elected, so in music, why is somebody playing this note than any other, you don't know, what are they thinking, is this song happy or sad? you don't know. You just have the music just right there and you have to deal with the structure qualities in music, any kind of human music you can find this similar structures in the humpback whale song. Sense of repetition, order, slight variations and i think this particular emotional inflection in the sound which is one of those things that leave people to cry when they hear the songs, you know, why do people get so emotional about it, its not by accident, something with the sound itself, if that makes any sense.

I've had this conversations with musicologist a lot, and say 'we have nothing to say cause we can't ask the whale what they're doing', that's why i say they're cheating,..musicologist have nothing to do with music, its all about context, politics. You only have the sound in itself, so you have to work with that and i certainly play songs with people knowing what they are and they say 'hmm who's the composer of this, what culture does it comes from.. they have a lot different views .. I think its a real challenge to work with..

- What could offer to drive this knowledge from academy

People love whale songs, they love this idea,.. whatever you tell people about whale songs excites people. This is one of those things in nature that really people get and they hear the songs and spend more than two seconds listening to it and they hear

that's is really interesting. So if you make a device that's sort of based on the science and the engineer experiments that someone like Olivier is doing that makes sound and no air leaves, that would be impressive i think.. i mean it seems to me that the modeling of the technology is exactly what Olivier is working on, i don't know how much progress they're making. Somehow they do it digitally, they imagine this sac, this shape that pushes the air through, cause you can invent something on the screen and test it out theoretically, then when you build it, you deal with the physical world and you want to make something that's kind of cool and then you can play with. If you want it for the general public like in a museum or something it should be like a whale shape inside a whale, like a whale you squeeze or something sort of big, like teddy bear whale or something to squeeze it and see what's happening and how the sound it's made to just show the anatomical parts. General public may say what the hell this is grose ...

The question about the mechanics of the system in the whale. You can make, there's all kind of cool instruments you can make out of different technologies, but the question is to make good musical instrument its not just a cool sound but something that's worth learning to play. Musical instrument has to be beautiful see sounding and kind of easy and difficult at the same time, like you have to spend time, it has to immediately sound interesting but also has to be worth a lot of time learning to play. If it's too easy to play then it's not a serious instrument, if that makes me sense.

I've played a lot of electronic instruments with electronic sounds and they always get frustrated because it's too easy to make the sounds so you play around with the ... and then you get bored cause the sound came out too easily so ends up being more useful as just sound rather than a playing experience. Pretty much anyone i know plays keyboards and electronics and they're worry about the same thing, they wonder

what to do with the ease. You could make cool sounds but when you're actually performing them it's less convincing. I have few friends that have made whale instruments and a lot of them are more conceptual than practical.

About instruments with given sound.

You can make an instrument inspired by the ways whale make sound and becomes interesting to play.. then you have to learn to play it. That's an interesting model. You could definitely create a cool instrument which is inspired by the way humpback whales make sound. That would be enough to make something really cool. Doesn't need to sound like a whale. Does it need to be whale-like? how much is that matter. Lots of people can take whatever instrument they play and sound like whales, you know, you may not need a new instrument to be like a whale, but you might end up creating something thats really interesting to play. You know, bagpipes are sort of made by animals, right? that's an important part of them, it doesn't sound like the animals but they have something animalistic about them cause this is animal skin or something.

Basically it's a very interesting idea which could go in many directions. If it comes out of design i would say want to design something that looks and its experienced as being super cool, like you try it out and it's like wow! i want to play with this, you know?, that's one interesting way to do it. The other is to really try to help scientist who are trying to figure this out, with something that is based in physical principles we know it's there, that's also interesting. Im very excited to hear what you come up with. If you need any more examples of what i done about this im happy to send them to you.

**Transcripción de conversación con Felipe Arróspide
Ingeniero Civil de Industrias, mención Ingeniería Hidráulica.
Magíster en Ciencias de la Ingeniería, mención Ingeniería Hidráulica.**

“En lo personal no he visto nada de este estilo, creo el paso siguiente es integrar distintas disciplinas. Juntar a ingenieros y biólogos,.. de repente hay gente que tiene ideas pero no tiene manejo de la tecnología o esos conocimientos, o gente que tiene manejo de esa tecnología a veces carece de ideas.

Quizás como instrumentos, es una aplicación más didáctica. Si quieres replicar el mecanismo para producir bajas frecuencias, existen los sonares de los submarinos por ejemplos, pero son impulsos eléctricos u ondas de radio. Lo que se me ocurre es que hay situaciones en las cuales no podrías aplicar un sonar, por lo tanto este dispositivo análogo puede suplir una necesidad de ese estilo. Así como se pueden hacer detectores de imanes con pocos recursos, podrías hacer con pocos recursos este instrumento para darle un fin práctico.

Estas son ondas de sonido, ecos mecánicos y se transmiten muy bien en el agua. La mayor transmisión de sonido se da en sólidos y luego en líquidos. Nuestra voz es bastante ineficiente para comunicación de larga distancia, por eso se inventó el telégrafo, ondas eléctricas, y luego la radiofrecuencias. Desde ese punto de vista podría haber algún tipo de aplicación de bajo costo, lograr mismos resultados de forma análoga.

Por lo general agua y aire no se llevan bien. En los sistemas de tuberías se intenta evitar que estos dos agentes funcionen juntos.

El sonido se disipa muy rápido en el aire, es fácil generar ruido. Tener en cuenta la resonancia.

La resonancia se utiliza para bien o para mal. Este sistema podría utilizarse para eso.

Así como existen los instrumentos que buscan resonar, existen dispositivos que buscan anular las ondas. Cuando se emite una onda de igual magnitud y frecuencia que una existente, se anulan.

Si se transforma una onda de sonido a energía eléctrica, podría manipularse.

Sigamos hablando de esto durante estos días, creo que falta más diálogo, convocar a músicos o biólogos. Alguien que trabaje con ductos o con turbinas podría ayudarte, ya que tienen más manejo de herramientas de aire.

