

**Opinión técnica:**

# **Impactos ambientales de evaluaciones sísmicas.**

Versión: Mayo 2010



**Stefan Austermühle**



# Contenido

## Introducción

- 1.) **Que es una evaluación sísmica?**
- 2.) **¿Como se produce el sonido emitido?**
- 3.) **Impactos causados por ruido: un asunto complicado!**

3.1.) Frecuencia del sonido

3.2.) Fuerza del sonido, distancia hacia el emisor y dirección de la emisión del sonido en relación a la posición de organismo receptor.

3.3.) Tiempo de exposición

## 4.) Impactos físicos del sonido

4.1.) Plancton y larvas de peces

4.2.) Moluscos

4.3.) Crustáceos

4.4.) Peces

4.5.) Cetáceos

## 5.) Cambios de comportamiento:

5.1.) Calamares

5.2.) Tortugas marinas

5.3.) Peces

5.4.) Cetáceos

## 6.) Métodos de mitigación y propuestas

## Bibliografía

# Introducción

En los últimos años aumentó el esfuerzo de buscar reservas petroleras en el lecho marino de la placa continental del Perú y con esto aumentó también el número de evaluaciones sísmicas ejecutadas. En el pasado se registraron cada vez más conflictos sociales entre los actores tradicionales del área (pescadores, comunidades costeras) y las empresas petroleras. Estos conflictos se causaron por un lado por una gran falta de información por parte de la población sobre los posibles impactos de esta actividad y por el otro lado debido a malas prácticas de algunas empresas petroleras.

Como organización sin fines de lucro para la conservación del medio ambiente creemos que es de interés público obtener información neutral, completa y científicamente válida para poder llevar la discusión del tema a niveles adecuados. Creemos que informar de manera detallada es la mejor manera de evitar conflictos sociales y llevar el proceso de consulta pública a discusiones informadas y adecuadas. Esto será la base para la toma de decisiones adecuadas por parte de las instituciones gubernamentales a nivel local, regional y nacional.

Consecuentemente esto es la mejor manera de asegurar la mitigación de impactos y de llegar a un consenso nacional sobre la explotación de recursos de hidrocarburos sin dañar económicamente a los otros sectores productivos en el área como son la pesca y el turismo.

El siguiente artículo tiene como intención resumir el conocimiento existente sobre los posibles y probables impactos ambientales para fomentar la meta descrita arriba.

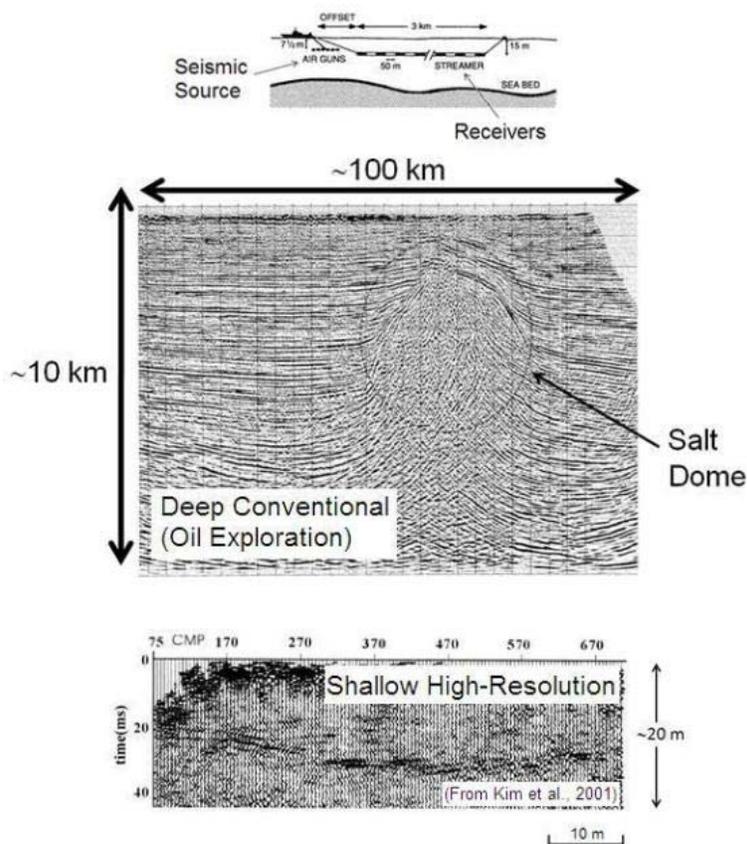
Al final del artículo se encuentran algunas recomendaciones para mejorar las buenas prácticas comúnmente propuestas por parte de las empresas petroleras y lograr una mayor protección de los recursos así la compensación de los otros actores económicamente dañados.

# 1.) ¿Que es una evaluación sísmica?

Una evaluación sísmica se usa en la industria petrolera para mapear la estructura del subsuelo con el fin de encontrar reservas de hidrocarburos. En términos simples se generan y emiten ondas sonoras que penetran el subsuelo.

Cuando una onda sísmica se encuentra con un límite entre dos materiales con diferentes impedancias, sea la superficie del mar (= cambio abrupto de densidad entre aire y agua), el fondo marino (= cambio de densidad entre agua y suelo) o diferencias en el subsuelo (=cambios de densidad entre diferentes minerales u horizontes geológicos), parte de la energía de la onda se refleja en el límite, mientras que parte de la energía seguirá a través de la frontera.

En el mar se usan hidrófonos para capturar la energía reflejada. Estos convierten a los sonidos capturados en señales eléctricas, los cuales se analizarán mediante computadoras de alta capacidad.

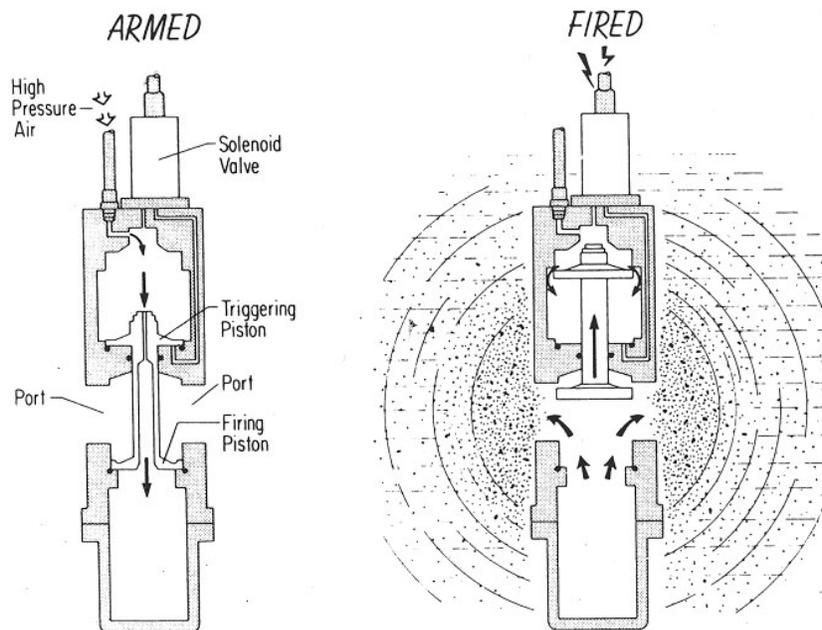


Seismic reflection profiles obtained from a deep, conventional, oil-exploration survey and a shallow high-resolution survey for geotechnical engineering purpose.

## 2.) ¿Como se produce el sonido emitido?

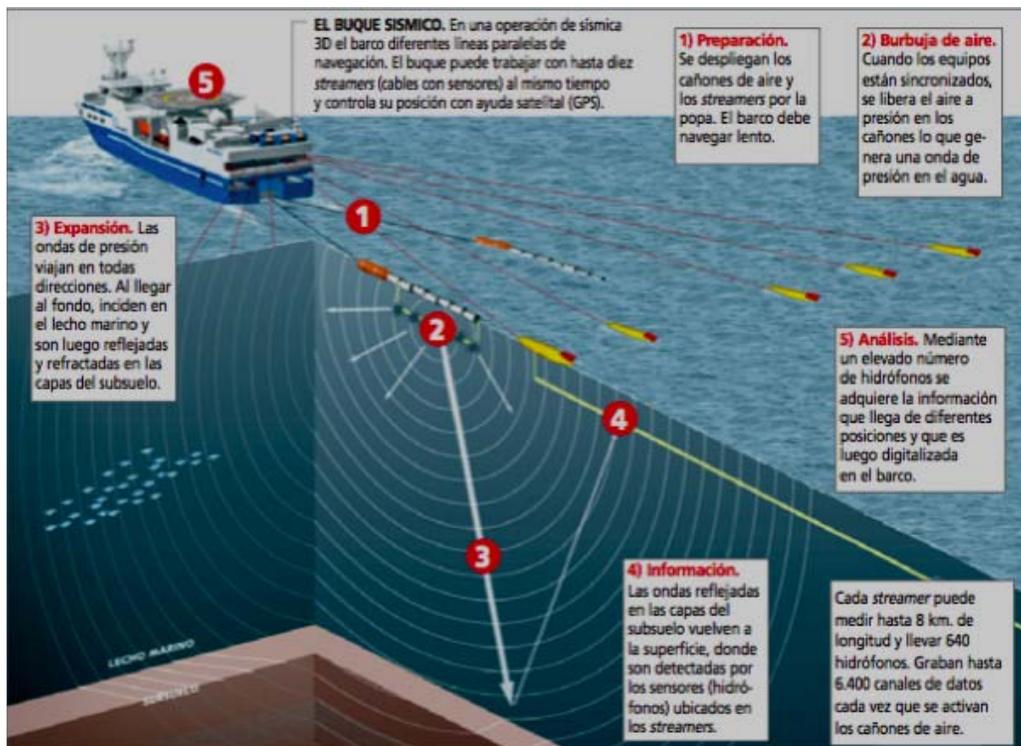


En el mar se usan los así llamados “cañones de aire” para producir el sonido requerido para la evaluación sísmica. Estos cañones consisten de cámaras neumáticas llenados con aire o nitrógeno comprimido a 2,000 a 3,000 libras por inch cuadrado (14 a 21 MPa). En algunos casos un conjunto de hasta 48 cañones de aire se sumergen debajo el agua y se hallan detrás de la embarcación. Cuando los equipos estén sincronizados se libera el aire comprimida de forma abrupta al agua.



El gas forma inicialmente una burbuja que se expande rápidamente, de esta forma creando un sonido fuerte (= pulso primario) y después oscila con una amplitud que disminuye, creando un sonido oscilando (= pulso de burbuja).

Los cañones de aire producen niveles altos de ruido con una frecuencia de pulso de burbuja alrededor de los 20 Hz y sus frecuencias armónicas hasta mínimo 500 Hz<sup>1</sup>. Cañones de aire se dejan descargar en repeticiones rápidas (normalmente una descarga cada 10 segundos).



<sup>1</sup> N H Verbeek and T M McGee, 1995

## 3.) Impactos causados por ruido: un asunto complicado!

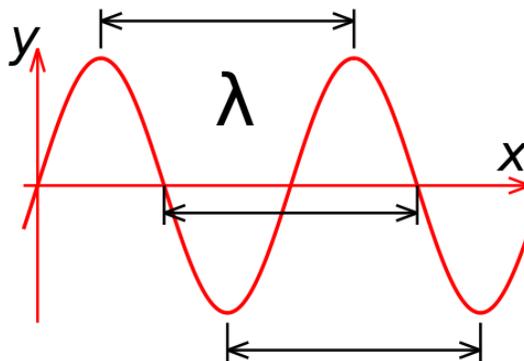
La severidad de un impacto sonoro sobre un organismo depende de una serie de variables complicadas. Para poder entender los efectos de evaluaciones sísmicas es importante conocer estas variables y comprender las relaciones entre ellos. Estas variables son:

- Frecuencia del sonido
- Fuerza del sonido (= presión relativa, medida en dB)
- Distancia hacia el emisor
- Dirección de la emisión del sonido en relación a la posición de organismo receptor.
- Tiempo de exposición del organismo receptor al sonido.

### 3.1.) Frecuencia del sonido:

Frecuencia es una medida que se utiliza generalmente para indicar el número de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en la unidad de tiempo. La frecuencia de ondas sonoras se mide en pulsos por segundo con la unidad de Hertzios (Hz).

La frecuencia de una onda es inversa a su longitud. La longitud de una onda es, como su propio nombre indica una distancia. La longitud de una onda es la distancia que recorre la onda en el intervalo de tiempo transcurrido entre dos máximos consecutivos de una de sus propiedades. En el grafico se ve la longitud de la onda medida de un extremo de la onda al otro.



A más corta es la longitud de una onda sonora, a más alta es su frecuencia, quiere decir la cantidad de veces que se repite la onda durante un tiempo determinado.

La mayoría de sonidos no consisten de una sola frecuencia, sino de un conjunto de frecuencias.

No todas las ondas sonoras son audibles. Cada ser vivo que tiene capacidad auditiva, la tiene solo para un cierto rango de las ondas auditivas existentes. El rango de ondas sonoras auditivas para el hombre es de 20 Hz a 20,000 Hz (llamado las ondas sónicas). Frecuencias mas altas son llamadas ultrasónicas y frecuencias mas bajas son llamadas infrasónicas. Murciélagos emiten sonidos ultrasónicos para poder orientarse. Nosotros no podemos oír estos sonidos. Perros por el otro lado sí pueden escuchar sonidos ultrasónicos. Por esto se usan pipas ultrasónicas en el entrenamiento de perros. Si nosotros usamos estas pipas no escuchamos ningún sonido, pero el perro sí lo escucha.

Generalmente sonidos pueden causar impactos negativos cuando son audibles<sup>2</sup>. Estos pueden ser daños físicos a la capacidad auditiva o impactos negativos sobre el comportamiento.

La siguiente pregunta entonces es, si las frecuencias de sonido emitidos por cañones de aire son audibles para peces y mamíferos marinos?

La mayor parte de la energía de sonido emitido por cañones de aire se encuentra en el rango entre 10 y 1000 Hz. Este rango coincide con el rango de frecuencias usadas por muchas especies de cetáceos para su comunicación y el rango en el cual las ballenas de barbas (Mysticeti) y los peces tiene su mayor sensibilidad auditiva.

### **3.2.) Fuerza del sonido, distancia hacia el emisor y dirección de la emisión del sonido en relación a la posición de organismo receptor.**

Estos tres variables son tan interdependientes, que vale tratarlos en conjunto. En principio el sonido es un fenómeno físico: una fuerza pasa en forma de una onda por el medio acuático o el aire mediante compactación y movimiento de de moléculas en su camino. La intensidad de esta onda se mide en decibeles (dB). El decibel es una unidad logarítmica. La escala de decibeles no es entonces lineal, sino exponencial – quiere decir que un aumento de 100 a 110 decibeles equivale a un aumento de ruido en diez veces. De 100 a 120 decibeles el ruido

---

<sup>2</sup> Mas adelante veremos que tambien sonidos no audibles pueden causar impactos fisicos negativos.

aumenta 100 veces y de 100 a 130 decibeles el ruido aumenta 1000 veces y así continua.

Por ejemplo la diferencia acústica entre un "pinger" (siendo un equipo que se coloca en redes pesqueras para espantar o avisar a cetáceos de la red mediante la emisión de sonidos con el fin de evitar su captura incidental) y la fuerza de sonido emitido por el sonar activo de baja frecuencia de la Marina de Guerra de los EE.UU. es de 100 decibeles. Significa que las transmisiones de sonido de la Marina de Guerra son 10 billones veces más intensivos que un pinger. Para complicar el asunto aun mas esto sin embargo NO significa que un humano siendo expuesto a ambos sonidos percibe el sonar de la Marina de Guerra 10 billones veces más fuerte, porque también el oído humano percibe sonidos de acuerdo a una escala logarítmica. Quiere decir un aumento de 100 dB a 150 dB se percibe como 1.5 veces mas fuerte. Esto no quita que un aumento de sonido en 100 decibeles es un aumento de ruido muy grande para cualquier ser con sentido auditivo.

Hay otro problema más, cuando tratamos de comparar niveles de ruido: El estándar científico aplicado para la medición de sonido en agua es diferente del estándar aplicado para sonido en aire. El estándar en el aire se orienta en el más bajo nivel de presión de sonido que es audible para el oído humano, lo cual es de 20 micro-Pascales (20  $\mu$ Pa). En agua el oído humano es ineficiente. Aquí – por convención – se aplica un estándar de referencia arbitrario de 1 micro-Pascal (1  $\mu$ Pa). Esto significa que la cifra de un ruido en aire se tiene que aumentar en 26 decibeles para obtener el valor que equivale a este nivel de ruido debajo el agua.

Mientras que el anterior ajuste es meramente un ajuste matemático que no refleja una diferencia en la percepción del sonido, el segundo ajuste sí representa un cambio de percepción. Agua es más densa que aire, por lo cual el mismo sonido debajo el agua realmente es percibida más fuerte. Por esto se aumenta el valor de nuevo en 36 dB.

Para dar entonces un ejemplo: Un sonido de una intensidad de 140 decibeles - siendo esto el nivel de ruido que causa la perdida total de la capacidad auditiva en el hombre – corresponde a un sonido de 202 dB debajo el agua.

En lo siguiente se presentan algunas comparaciones de sonidos en aire y sus valores en dB correspondientes debajo el agua. Es importante sin embargo hacer recordar que estos valores solo son validos para el oído humano porque nadie sabe como diferentes especies perciben sonidos en el agua.

Fuente de sonido	dB re 20 $\mu$ Pa a 1 metro de distancia en aire	1 $\mu$ Pa <sup>2</sup> .s en agua	dB re 1 $\mu$ Pa en agua
Conversación	60	109	122
Maquina sopladora de aire	90	139	132
Sierra de cadena	100	149	162
OSHA techo	115	165	177
Avion despegando	130	179	192
Limite de dolor	140	189	202

Tabla tomado de Cummings, J. y Brandon, N. (2004)

Una maquina sopladora de aire usado para limpiar las calles emite entonces en el aire un ruido de 90 dB, lo que corresponde a un ruido medido en 122 dB debajo el agua (percibido por un humano). Esto es el limite permisible para ruidos en el trabajo de acuerdo a la entidad gubernamental para trabajo y seguridad de los EE.UU. (= Occupational Safety & Health Administration = OSHA). Una exposición prolongada a este nivel de ruido puede causar perdida permanente de la capacidad auditiva. Se requiere entonces el uso de protección auditiva.

Una sierra de cadena emite un sonido de 100 dB (correspondiente para el oído humano a 162 dB debajo el agua) y puede causar perdida de la capacidad auditiva después de cortos tiempos de exposición. El techo laboral de exposición de la OSHA es de 115 dB en el aire (=177 dB debajo el agua). Ningún empleado debe ser expuesto a este nivel sin protección auditiva.

140 dB en aire (= 202 dB debajo el agua) representa el limite de dolor para exposición a pulsos de sonido para el oído humano.

El nivel de presión y su intensidad a un metro de distancia de la fuente emisor (canon de aire) es de 215-230dB re 1 $\mu$ Pa y - si se trata de un conjunto de cañones – de 230-255 dB re 1 $\mu$ PA con las energías mas intensas en el rango de 10 a 300 Hz<sup>3</sup>.

En la manera sin embargo en la que el sonido emitido se aleja de la fuente emisor su fuerza disminuye. Para entender de qué forma se disminuye hay que tomar en cuenta la distancia del organismo que percibe el sonido hacia su fuente y la dirección en la cual se emite el sonido. Es obvio que a mas lejos nos encontramos desde una fuente de sonido menos fuerte escuchamos el sonido y si por ejemplo un parlante esta direccionado hacia nosotros escuchamos el sonido mas fuerte que en el caso que el parlante se dirige hacia otra dirección. La pregunta entonces es: como se propaga el sonido de un cañón de aire debajo el agua?

<sup>3</sup> McCauley (1994)

Los cañones de aire apuntan la emisión de sus sonidos principalmente hacia abajo<sup>4</sup>. Pero sin embargo hay un nivel de sonido considerable que se emite hacia cualquier otra dirección<sup>5</sup>. Así se reportaron niveles de hasta 90 dB re 1  $\mu$ PA con una frecuencia de 20,000 Hz a una distancia de 1 km desde la fuente sísmica<sup>6</sup>. Otros científicos reportaron niveles de 180 dB dentro de 50-1000 m de distancia.

La propagación del sonido hacia distancias mas largas depende de tipo de fondo marino (fondos suaves de barro absorben el sonido, mientras que fondos rocosos reflejan el sonido) y de la profundidad de agua. En aguas poco profundas la distancia entre el fondo el mar y la superficie del agua es demasiado pequeña para las ondas sonoras. La refracción en ambos límites rompe la onda y la hace reducirse relativamente rápido. Se reportó que dependiendo de las características de propagación del sonido, la intensidad decrece solamente de 180 db a 1 km hasta 150 db a 10 km de la fuente emisora<sup>7</sup>. En otro caso se midieron sonidos de evaluaciones sísmicas en profundidades de 25 a 50 metros de profundidad en una distancia de 50-75 km<sup>8</sup>.

Distancia	dB re 1 $\mu$ Pa <sup>2</sup> .s, (incremento de 13dB para RMS, 28dB para pico a pico)
1 Km	160 dP
2 Km	150 dB
3 Km	145 dB
4 Km	140 dB
5 Km	137 dB
10 Km	125 dB
20 Km	116 dB
30 Km	110 dB
40 Km	106 dB
50 Km	103 dB

Tabla tomado de Cummings, J. y Brandon, N. (2004)

En aguas profundas (En combinación con el hecho que sonido se desplaza debajo del agua 6 veces mas rápido que en el aire) el sonido puede desplazarse sin barreras por lo cual la lenta disminución se debe básicamente a la distancia. El sonido de evaluaciones sísmicas se deja percibir y medir a gran distancia.

<sup>4</sup> Caldwell and Dragoset (2000)

<sup>5</sup> McCauley (1994)

<sup>6</sup> Goold and Fish (1998)

<sup>7</sup> McCauley (1994)

<sup>8</sup> Greene and Richardson (1987)

Actividad sísmica frente Nueva Escocia se deja medir frente la costa de las Islas Bahamas y a lo largo del Mid-Atlantic Ridge, siendo esto una distancia de varias miles de kilómetros<sup>9</sup>.

La disminución de la presión de sonido finalmente no es igual en todas las direcciones. Los niveles de sonido medidos desde profundidades medianas hacia abajo son siempre más fuertes que los niveles de ruido cerca de la superficie alrededor de la embarcación sísmica<sup>10</sup>.

Esto se debe a la creación de una sombra de sonido cerca de la superficie alrededor de la embarcación sísmica. Este fenómeno se debe al hecho que las ondas sonoras se acercan hacia la superficie del agua y se reflejan en ella desde abajo. Al regresar a la profanidad interfieren con si mismo (quiere decir que el máximo de la parte de la onda que llega se encuentra con el mínimo de su parte reflejada en la superficie) y se auto-elimina. Esto no realmente resulta en una zona de silencio, pero si en una zona de mucho menor ruido.

De todo esto podemos sacar los siguientes conclusiones generalizadas: A mas cerca un organismo vivo (que tiene su capacidad auditiva en el mismo rango que los sonidos emitidos) se encuentra de la fuente de sonido mas grande será el impacto físico para el y mas fuerte será su reacción de comportamiento.

Animales que se encuentra en la dirección hacia la cual se emite el sonido (para decirlo así: frente del parlante) van a sufrir ruidos mas grandes que animales en otras posiciones (al lado o detrás del parlante). En caso de cañones de aire la mayor parte del sonido se dirige hacia abajo. Las especies que entonces son en un mayor peligro son las ballenas de barbas (Mysticeti) que se orienten usando sonidos de frecuencias bajas, así como las especies que bucean profundos para alimentarse (cachalotes y zifidos) y por esto se encuentran en la dirección en la cual apunten los cañones de aire su sonido (hacia abajo).

Si un cetáceo entonces llega a la superficie en cercanía de una embarcación sísmica, esto no necesariamente es una prueba para una falta de impacto, sino mas probablemente es la muestra de un movimiento de huida en la cual el animal escapa de los sonidos fuertes en la profundidad hacia el agua superficial donde hay niveles menores de ruido.

---

<sup>9</sup> Simmonds, M.; Dolman, S. & Weilgart, L.

<sup>10</sup> McCauley *et al.* (2000) and (2003)

### 3.3.) Tiempo de exposición

El tiempo de exposición de un organismo a sonidos fuertes es un factor muy importante que cada uno de nosotros conoce muy bien. Escuchar un sonido corto fuerte es bastante tolerable. Pero cuando se trata de un sonido permanente nuestra tolerancia es mucho menor, quiere decir aun que un sonido no es muy fuerte, su percepción prolongada y permanente nos puede causar gran malestar.

Se dispara típicamente cada 10 segundos durante 24 horas (para un programa 2D). Debido a problemas con olas y clima es probable que se trabaje durante el 70 % del tiempo. En el caso de la evaluación sísmica planificada (y hasta la fecha no realizada) para el Lote Z1 en el norte del Perú esto estaría resultando en más de 100,000 disparos durante una fase de 40 días de investigación, como era lo planificado por parte de la empresa BPZ. Los transectos normalmente son paralelos, por lo cual los mismos organismos están dentro del centro de ruido por un tiempo prolongado.

McCauley's modelo de exposición calculo cuantos disparos individuales con un nivel de 155dB re  $1\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$  o mas un animal tiene que soportar durante una evaluación de cuatro meses. En un área de 60 por 90 km esto serian 40,000 disparos con más de 300 disparos por día. En un área de 120 por 150 km serian 20,000 disparos y en un área de 200 por 240 km serian 1,000 disparos.

Investigadores por parte de la industria petrolera sin embargo promueven la opinión que el número de disparos seria mucho menor. Caldwell (2002) por ejemplo se enfoca solo en sonidos muy fuertes de mas de 180 dB re  $1\mu\text{Pa}$ . Dice que es muy probable que los animales se alejen del sonido por lo cual solo estarían escuchando 40 de estos disparos muy fuertes por día durante algunos días.

Sin embargo – como mencionado arriba – la exposición prolongado a ruidos no requiere sonidos de muy alto nivel para causar efectos fisiológicos negativos en un organismo. Un estudio en Europa comprobó que peces expuestos a ruidos de evaluaciones sísmicas para 6 a 72 horas de duración demostraron niveles elevados de hormonas de estrés en sus organismos<sup>11</sup>.

Estrés es una condición asociada con la liberación de la hormona adrenocorticotropa (ACTH) o la hormona cortisol. Se sabe que ruido y disturbio provocan un incremento de actividad en las glándulas que producen estas hormonas<sup>12</sup>. Incrementos de los niveles de estas hormonas son asociados con cambios de comportamiento, como son una elevada agresión, cambios en la frecuencia de respiración, así como cambios en el comportamiento social. Sin

---

<sup>11</sup> Santulli et al. (1999)

<sup>12</sup> Welch y Welch (1970)

embargo estrés causado por ruido también puede ser presente, sin manifestarse en cambios de comportamiento<sup>13</sup>.

Estrés prolongado causado por ruido puede llevar a debilitar funciones del cuerpo. Por ejemplo en peces e invertebrados estrés continuo causa infertilidad, cambios patológicos en los órganos digestivos y reproductivos, así como un crecimiento reducido<sup>14</sup>. Exposición prolongada a altos niveles de ruido y la resultante activación crónica de hormonas relacionadas podría causar efectos adversos en cetáceos<sup>15</sup>, por ejemplo:

- Arteriosclerosis<sup>16</sup>
- Problemas nutricionales<sup>17</sup>
- Ulceras de estomago<sup>18</sup>
- Supresión de funciones reproductivas<sup>19</sup>.
- Reducida Resistencia a infecciones<sup>20</sup>.
- Reducida esperanza de vida<sup>21</sup>

## 4.) Impactos físicos del sonido

Habiendo discutido en los capítulos anteriores las características físicas del sonido y su manera de propagación debajo el agua, este capítulo pretende analizar los daños físicos que puede causar el fuerte sonido emitido por los cañones de aire en organismos de diferentes clases taxonómicas, que se encuentran en la cercanía de la fuente emisora:

### 4.1.) Plancton y larvas de peces

Pulsos de evaluaciones sísmicas dañaron los huevos de peces en un radio de 5 metros de distancia de la fuente. Huevos de anchoveta han mostrado ser los más sensibles hacia este daño<sup>22</sup>.

El informe oficial del panel de revisión de Georges Bank del año 1999 resume que en distancias de uno a seis metros de la fuente de sonido se pueden generar mortalidades de huevos y larvas de peces en hasta 50 %.

---

<sup>13</sup> Thomas et al. (1990)

<sup>14</sup> Banner and Hyatt (1973); Lagadere (1982)

<sup>15</sup> Seyle (1973); Thomson and Geraci (1986); St Aubin and Geraci (1988)

<sup>16</sup> Radcliffe et al. (1969)

<sup>17</sup> Smith and Boyd (1991)

<sup>18</sup> Brodie and Hanson (1960)

<sup>19</sup> Moberg (1985)

<sup>20</sup> Cohn (1991)

<sup>21</sup> Small and DeMaster (1995)

<sup>22</sup> Kostyuchenko (1973).

Otros estudios encontraron que bajo condiciones controladas la supervivencia de huevos de peces de una especie de peces estuarinos (*Cyprinodon variegates*) se redujo cuando se empleó una fuente de ruido con 40-1,000 Hz con una fuerza de 105-120 decibeles por varios días<sup>23</sup>.

Con ruidos de 217-220 dB (75-100 kPa) se observaron 50% de mortalidad de larvas de edad de 2-4 días. La anchoveta adulta mostró daños de la vejiga natatoria<sup>24</sup>.

Representantes de empresas petroleras comúnmente dicen que las mortalidades de huevos y larvas de peces solo ocurren a muy cortas distancias desde la fuente de sonido (1.6 m) por lo cual el impacto ambiental sobre las poblaciones de peces será insignificante. Otra opinión tuvo el Departamento para Pesquería y Océanos (DFO) de Canadá en su evaluación de impactos ambientales de actividades sísmicas en Georges Bank, diciendo que un cambio pequeño en la tasa de supervivencia de larvas puede tener un gran impacto sobre el reclutamiento de la población adulta<sup>25</sup>.

Un estudio que podría ser causa de una mayor preocupación, afirmando que cuando los peces marinos son expuestos a sonidos de 40-50 decibeles por encima del de su ambiente natural ocurren problemas severos: la supervivencia de las larvas se reduce significativamente al igual que los rangos de crecimiento de peces recién nacidos<sup>26</sup>. Si esto fuera así, entonces tendríamos una elevada mortalidad de larvas en varios kilómetros de distancia de la fuente de sonido. Es importante buscar más información con respecto a esta afirmación que contrasta las menciones anteriores.

## 4.2. Moluscos

En España se registraron varazones de calamares gigantes debido a evaluaciones sísmicas en los años 2001 y 2003. Los calamares no mostraron heridas externas pero todos contaron con heridas internas. Los daños fisiológicos se concentraron mayormente en los órganos auditivos. De acuerdo a científicos españoles este tipo de heridas no se habían observado antes en calamares varados<sup>27</sup>.

---

<sup>23</sup> Banner y Hyatt (1973)

<sup>24</sup> Tsui (1998)

<sup>25</sup> DFO (1998)

<sup>26</sup> Banner y Hyatt (1973)

<sup>27</sup> New Scientist, 9/22/04

### 4.3. Crustáceos

En un experimento se colocaron cangrejos comerciales de la especie *Chionoecetes opilio* (Snow crabs) en jaulas en el fondo del mar en 40 metros de profundidad y se paso un cañón de aire en distintas distancias sobre ellos. Aunque no se registro una mayor mortalidad el estudio arrojó que los cangrejos sí sufrieron daños físicos como por ejemplo: daños fisiológicos de tejidos y órganos, reducción de reproducción y una mayor cantidad de piernas perdidas. Se registraron hemorragias y daños en los ovarios, así como en el heptopancreas (órgano que cumple una función similar al hígado en el hombre) estructuras celulares anómalas e hinchazones.<sup>28</sup>

### 4.4. Peces

Se destruyeron los pelos de las células sensoriales de los peces después de exposiciones de 1-5 horas<sup>29</sup>. Las células sensoriales de la especie de pez *Astronotus ocellatus* son dañadas por exposición continua de sonido de 300 Hz. de frecuencia y de 180 dB de volumen<sup>30</sup>.

Nuevas investigaciones demuestran que fuertes ruidos dañan significativamente los oídos de los peces.

En los peces las células sensoriales (células que permiten la audición en los vertebrados) se reparan si están dañadas, algo que las células sensoriales humanas no pueden hacer. Sin embargo, en un experimento elaborado en un puerto australiano por el Profesor Popper y sus colegas encontraron evidencia de que la audición de los peces no solamente estaba fuertemente dañada, sino también que los pelos de las células sensoriales no crecieron nuevamente durante los dos meses siguientes. El aparato que produjo el ruido en este estudio fue un “air-gun”. Los oídos de los peces que se encuentran dentro de la distancia de repercusión del “air-gun” literalmente revientan<sup>31</sup>.

La pérdida temporal de capacidad auditiva se llama Cambio Temporal de Limite Acústico (TTS) y ha sido observado en varias especies de peces. Se encontró por ejemplo después de dos horas de exposición a ruido de embarcaciones<sup>32</sup>

### 4.5. Cetáceos

Existen indicaciones que ruidos fuertes pueden tener impactos fisiológicos dañinas en cetáceos sobre otros órganos que los auditivos. Por ejemplo existe la

---

<sup>28</sup> Christian, J.R. et al (2003)

<sup>29</sup> Enger (1981)

<sup>30</sup> Hastings et al. (1996)

<sup>31</sup> McCauley et al. 2003

<sup>32</sup> Scholik y Yan (2002)

posibilidad de que ondas acústicas provocan la resonancia de órganos llenos de gas resultando en daños<sup>33</sup>. El complejo sistema de las cavidades sinusales en las cabezas de cetáceos podrían sufrir danos de esta forma.

Debido a su sensibilidad acústica es probable que el desplazamiento de cetáceos se inicie a mayores distancias y por esto eventualmente es poco probable el daño fisiológico total de sus órganos auditivos – Sin embargo puede haber uno de los siguientes impactos:

Cambio Temporal de Limite Acústico (Temporary threshold shift (TTS)) siendo la perdida temporal de la capacidad auditiva) es el daño fisiológico mas probable que puede ocurrir en mamíferos marinos – a distancias mas grandes desde la exploración sísmica.

Otra posibilidad es el cambio parcial y/o permanente del límite acústico, quiere decir la pérdida parcial pero permanente de la capacidad auditiva.

Existe un estudio en el cual la mitad de los delfines investigados demuestra sistemas auditivos con capacidades disminuidas – debido a varias razones: edad, toxinas, y exposición crónica a evaluaciones sísmicas y ruido de motores de embarcaciones.

De acuerdo a estudios recientes realizados en las islas Bahamas y Canarias, así como en el Reino Unido analizando ballenas varadas, cetáceos pueden sufrir la muerte debido a la enfermedad de decompresión causado por impactos sonoras<sup>34</sup>.

Cetáceos cuentan con algunas adaptaciones evolutivos que les permiten de bucear profundo, como son por ejemplo la capacidad de acumular grandes cantidades de oxígeno disuelto en su sangre y otros órganos.

Pero aparentemente (bajo ciertas circunstancias) estos gases (especialmente el nitrógeno del aire respirado) puede salir de su solución y formar burbujas que crecen y perforan los tejidos, bloquear el pasaje de sangre (y entonces del oxígeno).

Este proceso se conoce en buzos humanos como enfermedad de decompresión (Decompression Sickness =DCS). Como primer paso los investigadores se enfocaron en la manera como sonido puede hacer crecer burbujas de gas mediante difusión rectificada, donde campos de sonido hacen pulsar a las burbujas y efectivamente las llenan con más gas inflándolos en tejidos saturados y también super-saturados<sup>35</sup>. Este proceso aparece de forma significativa solo para muy altos niveles de sonido (210 dB re 1 mPa o mas)

---

<sup>33</sup> Crum (1996)

<sup>34</sup> Fernández et al. (2003) ; Jepson et al. (2003)

<sup>35</sup> Crum y Mao (1996); Houser et al. (2001)

Recientemente existe el hipótesis que en tejidos altamente super-saturados con oxígeno (300% o mas), los cuales existen en cetáceos que bucean profundo, el sonido podría causar la activación de micro-burbujas previamente estables. Como consecuencia de esto difusión estática estaría causando la inflación de las burbujas aunque en ausencia de más impactos sonoros. Burbujas suficientemente grandes se manifiestan en forma de huecos en tejidos, hemorragias y embolias de grasa en órganos vitales como son el hígado y en los órganos auditivos. Estos procesos son consistentes con DCS observado en humanos. Se cree que cetáceos se evolucionaron de tal forma que bajo condiciones normales no sufren DCS. Pero por el otro lado no se puede esperar que cetáceos desarrollaron mecanismos con márgenes de seguridad que podrían soportar impactos inducidos por humanos mediante sonidos ruidosos.

DCS, siendo causado por impactos sonoros, se manifiesta de dos formas en cetáceos:

#### 1.) DCS a causa de comportamiento:

1.a) Una señal fuerte puede causar que un animal bucea o al contrario regresa a la superficie de forma errática, abrupta y rápida, exponiéndolo de esta forma a un riesgo mayor de DCS.

1.b) De algunas especies de cetáceos sabemos que practican varias inmersiones de poca profundidad después de haber concluido una inmersión profunda – lo que es un comportamiento cumpliendo la misma función que las paradas de seguridad de buzos humanos en poca profundidad antes de salir a la superficie. Al no realizar entonces las inmersiones de poca profundidad el animal se expondría a un mayor riesgo de DCS.

La sospecha es que animales en presencia de evaluaciones sísmicas surgen a la superficie y se quedan ahí sin realizar las inmersiones poca profundas requeridas. Esto lo estarían haciendo porque de acuerdo a la propagación de los sonidos el nivel menor de ruido se encuentra directamente en la superficie.

1.c) Otro comportamiento que incrementaría el riesgo de DCS son movimientos rápidos para alejarse de la fuente de sonido, de acuerdo al hecho que también en el hombre actividad incrementa el riesgo de DCS.

#### 2.) DCS activado por el impacto sonoro mismo

Alternativamente podría ser que es el sonido mismo (y no el cambio de comportamiento) que induce el crecimiento de anteriormente estables micro-burbujas.

El hecho que evaluaciones sísmicas pueden causar varazotes y altas mortalidades de cetáceos esta comprobado no dejando duda científica. El NRDC

ha listado en una publicaron del año 2005 un total de 25 casos de varamientos relacionados con evaluaciones sísmicas comerciales y/o el uso de sonares militares<sup>36</sup>. Que tan grande son los impactos de estos varamientos sobre las poblaciones no se deja decir con claridad porque solo una pequeña parte de animales muertos varan en las playas mientras que la mayor parte de cadáveres se hunde. También hay que tomar en cuenta que es probable que no todos los animales se mueren inmediatamente cuando sufren DCS, sino que viven por lo menos un tiempo con tejidos dañados lo que puede dificultar la correlación del tiempo de su muerte con la presencia de evaluaciones sísmicas en el área. De todas maneras el número de ballenas o delfines varados solo puede verse como el pico del monte de hielo.

## 5. Cambios de comportamiento:

Un gran cantidad de estudios comprobaron sin duda que cetáceos, peces, calamares y tortugas marinas están reaccionando huyendo la cercanía de evaluaciones sísmicas. Obviamente sonidos más fuertes resultan en reacciones mas fuertes. Lo que si sorprende es que aunque los órganos auditivos de estas especies son muy diferentes todas estas especies mostraron reacciones significantes bajo impacto de sonidos de 143-152 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$  (Energía equivalente; 172-180 db pico a pico).

### 5.1. Calamares

Los calamares han mostrado una veloz respuesta al funcionamiento de un cañón de aire, liberando la tinta de sus sacos y huyendo de la fuente de ruido (145-150dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ ). Ruidos más fuertes (mayores de 155dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ ) resultaron en una disminución de movimientos y una tendencia de nadar hacia arriba, supuestamente buscando áreas menos ruidosos. Calamares mantenidos en jaulas dentro del mar reaccionaron con comportamiento de alarma cuando se realizaron prospecciones sísmicas en una distancia de 1.5 kilómetros. Este comportamiento se incrementó con ruidos de 156 a 161 db. Bajo impacto de ruido de 166 db su comportamiento natatorio fue alterado<sup>37</sup>.

### 5.2. Tortugas marinas

Tortugas marinas mostraron un aumento en su actividad natatoria a partir de 155 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$  (= 168 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2$  presión cuadrada promedia). Sus movimientos se volvieron erráticas a partir de 164 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ . También tortugas mostraron una tendencia de nadir a la superficie (igual como calamares y cetáceos).

---

<sup>36</sup> Jasny, M. et al (2005)

<sup>37</sup> McCauley et al, (2000)

Reacciones de huida se observaron en distancias de hasta 2 kms desde evaluaciones sísmicas<sup>38</sup>.

Los impactos generados sobre estas especies deben ser considerados como especialmente graves, debido al hecho que todas las tortugas marinas son especies amenazadas de extinción y son protegidas por una gran cantidad de leyes en todo su ámbito de distribución (incluyendo al Perú) así como por acuerdos internacionales firmados por el Perú.

### 5.3. Peces

Peces demostraron respuestas de alarma en su comportamiento en distancias de 2-5 km a la fuente sonora sísmica: Pararon de moverse, nadaron más rápido, nadaron hacia el fondo del mar y se juntaron en cardúmenes concentrados a partir de 145-150dB re  $1\mu\text{Pa}^2$ .s, así como también demostraron reacciones clásicas de huida o defensa como son movimientos en figura C (c-turn).<sup>39</sup>

Uno de los hechos mas dramáticos y significantes (no solo para los animales sino mas bien para las personas cuya vida depende de estos animales (los pescadores) es que esta científicamente comprobado sin duda que peces desaparecen de las áreas en las cuales se realicen estudios de evaluación sísmica, llevando a dramáticas perdidas económicas para el sector pesquero (especialmente de un sector pesquero artesanal como en el Perú, donde la vida diaria de la gente depende de su trabajo diario y donde no hay reservas económicas para poder sostener periodos prolongadas con bajas capturas). A nivel mundial hay una gran cantidad de estudios analizando este tema:

Descargas sísmicas de con niveles de 186 to 191 dB causaron una disminución de la captura por unidad de peces de roca con anzuelo en un 52.4% frente a la costa de California<sup>40</sup>.

Se disminuyó en 70% en la captura de peces en un radio de tres millas alrededor de prospecciones sísmicas y en 45% dentro de un radio de 18 millas<sup>41</sup>.

Descargas sísmicas de 200 dB afectaron gravemente la distribución de peces, la abundancia local y la tasa de captura en el área total de la investigación de 40 por 40 millas. Las tasas de captura de las embarcaciones arrastreras y con palangres disminuyeron hasta 68%. Básicamente todos los peces adultos grandes se fueron del área. En las áreas vecinas al área de evaluación sísmica

---

<sup>38</sup> McCauley et al. (2000); Bartol et al. (1999), Lenhardt (1994), O'Hara and Wilcox (1990)

<sup>39</sup> Dalen y Knutsen (1987), McCauley et al. (2000), Pearson et al. (1992), Santulli et al. (1999); Skalski et al. (1992), Slotte et al. (2004)

<sup>40</sup> Pearson & Skalski, (1992)

<sup>41</sup> Engas et al. (1993)

también se redujo la tasa de captura en 40-50%. Los niveles de abundancia y captura regresaron a los niveles anteriores recién cinco días después del fin de la prospección sísmica<sup>42</sup>.

Los análisis de los datos de captura de embarcaciones pesqueras empleando palangres y redes arrastreras mostraron que se disminuyó la captura en un 55-58 por ciento durante la prospección sísmica en aguas noruegas<sup>43</sup>.

En estudios de años siguientes, la captura de palangres se redujo en 55%-80% dentro del área de evaluación sísmica y también hubo reducción de captura en una distancia de hasta 5 km. Las capturas de pesca de arrastre se redujeron en 79-83% en una distancia de 9 km al área de investigación<sup>44</sup>.

Como comentario adicional: El eventual argumento que este tipo de impactos no se ha reportado de estudios sísmicos realizados anteriormente en el Perú no es válido. De hecho no hay ninguna publicación científica o informe sobre este tema en el Perú (de acuerdo al conocimiento del autor de este informe). Pero esto muy probablemente no se debe al hecho que no haya impacto, sino más bien al hecho que esto no se ha investigado o monitoreado en el Perú. Lo que no se mide, no se sabe – esto sin embargo no significa que no existe. No hay ninguna razón para pensar que los peces en todo el mundo reaccionaran diferentes que los peces en aguas peruanas.

## 5.4. Cetáceos

Una gran cantidad de especies de cetáceos ya ha sido reportando siendo sensible para los ruidos de evaluaciones sísmicas:

Ballenas francas (Bowhead whales) mostraron primeras reacciones en su comportamiento de buceo y tasas de respiración a distancias de 54 a 73 km de embarcaciones sísmicas en niveles de ruido percibido de solo 125 dB re 1 $\mu$ Pa. Reacciones de movimiento se mostraron en hasta 8 km de distancia a niveles de ruido recibidos de 142-157 dB re 1 $\mu$ Pa. Empezaron de huir el ruido a distancias entre 3 a 7.2 km. Natación rápida comenzó a partir de 152 a 178 dB re 1 $\mu$ Pa y llevo a tiempos de interrupción de su comportamiento normal de una a cuatro horas de duración<sup>45</sup>.

Ballenas grises mostraron reacciones pronunciados de huida a distancias de 2.5 km (nivel de ruido a esta distancia = 170 dB re 1 $\mu$ Pa)

---

<sup>42</sup> Engas et al. (1995)

<sup>43</sup> Lokkeborg y Soldal (1993)

<sup>44</sup> Engås (1996)

<sup>45</sup> Richardson, B. Würsig, & C.R. Greene, Jr., (1986)

Ballenas jorobadas mostraron reacciones de huida a distancias de 4 a 5 km (nivel de ruido percibido = 140 dB re  $1\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$  / 168 dB re  $1\mu\text{Pa}$ ). Madres con crías mostraron niveles de tolerancia mucho más bajos, empezando de reaccionar en niveles de ruido de 116-134 dB re  $11\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$  (correspondió a una distancia de 7 a 12km y reaccionando con huida a partir de niveles de ruido de 97-132dB re  $1\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ .<sup>46</sup>

En otras áreas ballenas jorobadas no mostraron reacciones obvias ante evaluaciones sísmicas, pero el número de enmallamientos y con esto la tasa de mortalidad se incrementó<sup>47</sup>, indicando que las ballenas sufrieron daños físicos en sus órganos auditivos o no podrían detectar a las redes debido al ruido aumentado.

Cachalotes han sido observados en el Golfo de México alejándose de embarcaciones sísmicas en distancias de hasta 50 km, en el momento cuando comenzaron trabajar. Se observó en otros lugares que cachalotes dejaron de comunicarse cuando el ruido aumento a 10-15 dB sobre el nivel de ruido ambiental normal, siendo producido esta diferencia por parte de una evaluación sísmica en más de 300 km de distancia.

Impactos negativos de ruido sobre la comunicación de cetáceos, su comportamiento, su distribución y síntomas de estrés se observaron en ballenas pilotos, cachalotes orcas y delfines nariz de botella.

Los investigadores de Mundo Azul comprobaron el desplazamiento de la gran mayoría de delfines nariz de botella residentes en el área Melchorita/Cañete durante el año 2008 a 40 km norte y 20 kilómetros sur del muelle de desembarque de gas líquido Pampa Melchorita de la empresa PLNG. El año 2008 era el año de construcción del muelle este impacto ha sido masivo y drástico dado el hecho que la playa de Cañete ha sido identificada como un área prioritaria de alimentación de delfines nariz de botella con más del 40 % de toda la población de delfines entre Lima y paracas viviendo en esta área. Hasta la fecha no se pudo comprobar si este efecto ha sido temporal o permanente. El autor de este informe presento los resultados preliminares a representantes de la empresa en el año 2008 con el pedido de realizar los monitoreos comprometidos a los actores locales para poder monitorear estos impactos. La empresa se negó a realizar estos monitoreos.

El Comité Científico de la Comisión Internacional Ballenera es el organismo de mayor capacidad profesional sobre cetáceos a nivel mundial. Este comité se basa en sus comentarios sobre las evaluaciones sísmicas en ejemplos implementados cerca de la Isla Sacalin<sup>48</sup> y frente a la costa de Brasil – ambas

---

<sup>46</sup> McCauley et al. (2000)

<sup>47</sup> Todd et al. (1996)

<sup>48</sup> Weller et al. (2002)

evaluaciones sísmicas causaron el desplazamiento de las ballenas fuera de sus áreas de reproducción.

El Comité Científico escribe:

“Observamos con gran preocupación los impactos de la exposición de ballenas a las evaluaciones sísmicas....”

La Comisión Científica esta especialmente preocupada cuando se podrían generar impactos sobre una ruta migratoria o un área de reproducción. En el Perú el área de la evaluación sísmica planificada forma parte de la ruta migratoria de varias especies de ballenas. Su temporada de migración es desde octubre hasta febrero, justamente el momento para el cual se planifica la evaluación sísmica. En estos meses van a estar en camino las ballenas acompañadas por sus crías. Además existen varias indicaciones para la existencia de áreas de reproducción en el norte del Perú.

Las ballenas son protegidas en el Perú en cumplimiento de las obligaciones del Perú con las reglas de la Comisión Internacional Ballenera (CIB)

En el 2004, México rechazo dar permisos a varios estudios académicos e industriales para evaluaciones sísmicas. Brasil ha prohibido evaluaciones sísmicas cerca de áreas marinas protegidas.

Simmonds and Dolman (1999) resumieron los posibles impactos negativos de evaluaciones sísmicas sobre cetáceos

### **Impactos físicos**

#### No auditivos

- Daños de tejidos
- Enfermedad de decompresión

#### Auditivos

- Daños de los órganos auditivos
- Cambio Permanente de Limite Acústico (Permanent hearing threshold shift (PTS))
- Cambio Temporal de Limite Acústico (Temporary threshold shift (TTS))

#### Como consecuencia de estos impactos:

- Mortalidad
- Varazones
- Enmallamento en redes pesqueros

### **Impactos de Percepción**

Disminución de la capacidad comunicativa con otros especímenes debido a altos niveles de ruido

Disminución de la capacidad de escuchar sonidos del ambiente debido a altos niveles de ruido

Disminución de la capacidad de orientación mediante ecolocación

Como consecuencia de estos impactos:

Separación de madres de sus crías

Mayor probabilidad de ataques de predadores

Mayor probabilidad de mortalidad de crías

**Comportamiento**

Interrupción de comportamientos naturales

Modificación del comportamiento

Desplazamiento temporal o permanente

**Otros**

Estrés crónico

Vitalidad disminuida

Mayor probabilidad de enfermedades

Efectos cumulativos

**Impactos indirectos**

Reducida disponibilidad de especies presa (debido al desplazamiento de ellos)

## **6.) Métodos de Mitigación y propuestas**

### **6.1.) Invertebrados**

Hay suficientes pruebas científicas para esperar un impacto negativo significativo sobre invertebrados en cercanías a la evaluación sísmica, especialmente en aguas poca profunda donde embarcaciones pasan sobre el fondo de mar en 40 metros de distancia o menos. Estos impactos no son mitigables debido a la incapacidad de los invertebrados de alejarse.

#### **Propuesta:**

- Se debe restringir la evaluación sísmica en aguas menos profundas de 40 metros.
- Se debe prohibir la evaluación sísmica en aguas menos profundas de 40 metros en cercanía de 3 kms de los límites de bancos naturales de invertebrados.

### **6.2.) Larvas de peces**

Los daños fisiológicos y mortalidades de larvas y huevos a corta distancia de de la fuente emisora de sonidos sísmicos son comprobados.

#### **Propuesta:**

No se deben dar permisos para evaluaciones sísmicas en áreas de desove en la temporada de reproducción.

### **6.3.) Daño económico pesquero**

Hay suficientes pruebas científicas para esperar daños económicos significativos para la pesca en el área de la investigación. Estos daños por reducción de pesca no pueden ser mitigados y por ende deben ser compensados.

#### **Propuesta:**

- Elaborar bases de datos con las capturas detalladas en un área pesquero de los últimos 5 años antes de inicio de la evaluación sísmica. Monitoreo detallado de las capturas pesqueras durante la evaluación sísmica.

Compensación de la diferencia de capturas promedios de años anteriores y capturas reducidos durante la fase de evaluación sísmica.

#### **6.4.) Daño económico turístico**

Está comprobado científicamente que delfines y ballenas se alejan de áreas de evaluación sísmica a gran distancia. La no presencia de estos animales puede causar un daño económico para empresas turísticas (5 entre Lima y Paracas) cuyo negocio es mostrar estas especies a sus clientes.

##### **Propuesta:**

- Perdidas de estas empresas deben ser compensadas.

#### **6.5.) Cetáceos**

Hay suficientes pruebas científicas para esperar impactos negativos fisiológicos y de comportamiento de mamíferos marinos, así como mortalidades adicionales.

##### **6.5.1.) Zonas de seguridad**

Para evitar los peores daños físicos se determinaron a nivel internacional las así llamadas “Zonas de Seguridad” (Safety zones). La extensión de las zonas de seguridad es definida por el nivel de ruido que tiene el potencial de causar por lo menos la pérdida temporal de la capacidad auditiva. El grupo de trabajo par altas energías sísmicas (HESS - High Energy Seismic Survey Team) concluyo que este limite de ruido para mamíferos marinas es alrededor de los 180 dB re 1  $\mu$ Pa (rms)<sup>49</sup>

Por parte de las empresas petroleras la extensión de las zonas de seguridad se define con distancias de 500 metros a 1 kilómetro alrededor de la embarcación. Pero como hemos visto en los capítulos anteriores las reacciones negativas de las especies marinas se dejan medir en distancias mucho más grandes y la perdida temporal de capacidad acústica puede ocurrir a cualquier nivel de ruido. Por esto es cuestionable definir el límite de la zona de seguridad en el nivel donde pueden empezar daños físicas directas en los órganos auditivos. Hay ejemplos de legislación nacional e internacional que por razones de precaución define áreas más grandes como zonas de seguridad. Por ejemplo todas las naciones de la Comunidad Británica de Naciones siguen las recomendaciones de la sección para especies marinas del departamento de Ambiente, aplicando una distancia de 3 kilómetros para la zona de seguridad<sup>50</sup>.

---

<sup>49</sup> High Energy Seismic Survey Team (1999)

<sup>50</sup> Marine Species Section, Environment Australia

### **Propuesta:**

- Aplicar la distancia de 3 kilómetros para definir los límites de la zona de seguridad.

### **6.5.2.) Medidas de mitigación durante la operación:**

El comienzo secuencial de la descarga sísmica con niveles de ruido lentamente incrementando sobre un tiempo de 30 minutos para darle tiempo a mamíferos y otras especies de huir de la cercanía de la embarcación es un procedimiento estándar de mitigación durante evaluaciones sísmica. La propuesta en las siguientes párrafos modifica este procedimiento aplicando la zona de seguridad aumentado de acuerdo a los lineamientos aplicados en la Comunidad Británica de Naciones.

### **Propuesta:**

a.) La descarga acústica no puede comenzar antes de comprobar que no haya ningún cetáceo dentro de 3 km de distancia de la embarcación. Si se detecta un cetáceo el inicio de la descarga se debe demorar hasta que el cetáceo se aleje lo suficiente (mínimo 30 minutos sin observación después de la última observación del animal).

b.) Comienzo secuencial de descargas de aviso con baja potencia (comienzo suave – soft start) = incremento gradual de descargas sobre un tiempo de 30 minutos. Esta medida se usa siempre – aunque no se detecta la presencia de cetáceos – Esto garantiza que los mamíferos, reptiles y peces en el área tienen la posibilidad de salir del área antes que se generen daños fisiológicos por descargas fuertes y abruptas sin aviso.

Si se observan cetáceos durante la fase de inicio secuencia – se interrumpa el inicio hasta que el cetáceos se alejó.

En caso que la descarga se detenga completamente entre los diferentes transectos – se requiere de nuevo un comienzo suave y secuencial al comienzo de cada transecto.

c.) Si aparece un cetáceo a menos de 3 km de distancia, el barco tiene que interrumpir totalmente su trabajo. No se reinicia el trabajo antes de que el cetáceo que ha sido observado se encuentre fuera de la distancia de 3 km o antes de 30 minutos sin observación del animal.

### 6.5.3. Zonas de hostigamiento potencial

El área adyacente al área seguridad se ha definido como la “zona de hostigamiento potencial” (Zone of Potential Harassment). En estas áreas los mamíferos son sujetos de disturbios acústicos, lo cual cumple en los EE.UU. con el termino “take” por hostigamiento nivel B, como ha sido definido por la Ley e Protección de Mamíferos Marinos de los EE.UU. (Marine Mammal Protection Act - MMPA).

Hostigar significa actividades que cambien la conducta normal de los animales. Un desplazamiento forzoso para evitar sonidos fuertes entonces cumple con la definición de hostigamiento contemplada en la legislación peruana.

Por lo menos para siete especies de cetáceos menores tenemos una base legal en el Perú para prohibir o restringir evaluaciones sísmicas.

Los cetáceos menores son protegidos en el Perú mediante Ley N° 26585, Decreto Supremo N° 002-96-PE

Artículo 3°.- Prohíbese el consumo de carne de cetáceos menores en estado fresco o en cualquiera de sus estados de conservación.

Artículo 6°.- Se prohíbe acosar, hostilizar, herir, lesionar, de manera permanente o mutilar intencionalmente a cualquier ejemplar de cetáceo menor.

El panel HESS decidió que lo más probable sería impactos negativos a partir de niveles de 140 dB re 1  $\mu$ Pa (rms).

El problema es que el área donde el ruido se ha disminuido comúnmente se encuentra a decenas de kilómetros de distancia desde la embarcación. Por esto es imposible monitorear la zona de hostigamiento potencial con observadores a bordo.

Sin embargo la propuesta de monitoreo de las empresa petroleras comúnmente se restringe a solo tener observadores a bordo. Por esto es imposible determinar impactos ambientales como disturbios de animales a distancias menores. Lamentablemente usan las petroleras el hecho de no haber observado estos impactos (porque imposible con el tipo de monitoreo aplicado) como una prueba para la ausencia de impactos ambientales. De la perspectiva de conservación del medio ambiente esta práctica es inaceptable.

El segundo problema es que los observadores son escogidos y contratados por parte de la empresa. Este hecho hace que no existe en el Perú confianza por parte de los actores locales en los resultados de monitoreo arrojados por estos observadores.

### **Propuesta:**

- La CIB recomienda explícitamente que las evaluaciones sísmicas deberán ser acompañadas de un monitoreo continuo antes, durante y después de la evaluación.
- Tener observadores a bordo y además:
- Implementar varios sobrevuelos del área en la semana antes del inicio de la evaluación, durante y después de la evaluación.
- Otra parte del monitoreo independiente se debe implementar con barcos independientes del barco de evaluación sísmica y de su barco de apoyo. El procedimiento sugerido en el estudio de impacto ambiental de tener observadores a bordo es insuficiente.
- Involucrar a observadores independientes de universidades u ONGs de conservación del medio ambiente.
- Durante las operaciones nocturnas se debe monitorear el área usando binoculares infra-rojos (IR) o binoculares de visión nocturna.
- Estas recomendaciones están basadas también en los “Lineamientos para la Aplicación de la Ley para la Protección del Medio Ambiente y la Conservación de la Biodiversidad con Referencia a Interacciones entre Cetáceos y Evaluaciones Sísmicas” de la Comunidad Británica de Naciones.

#### **6.5.4. Restricciones para la implementación de evaluaciones sísmicas en áreas de alimentación, de reproducción y de descanso, así como rutas migratorias**

Ballenas que se alimenten, descansan o se reproducen son muy sensibles para disturbios, especialmente cuando tienen crías.

### **Propuesta:**

- Se deben aplicar zonas prohibidas para la evaluación sísmica a 20 km de distancia alrededor de estas áreas.
- Por cuestiones de precaución con la meta de evitar disturbios de las rutas migratorias (en el Perú las ballenas migran mas o menos en el área a lo largo del limite de la placa continental) se deben prohibir evaluaciones sísmicas en el área de estas rutas durante los meses en los cuales las ballenas migran.

## **6.6.) Áreas Marinas Protegidas**

Las islas y puntas guaneras del Perú han sido declaradas en Diciembre del 2009 un área protegida por el estado en la categoría de Reserva Nacional. Juntos con la reserva nacional de Paracas el Perú entonces solo tiene dos áreas marinas protegidas. Ellos son áreas claves dando hogar a la mayor parte de las colonias de reproducción de los lobos marinos, de los pingüinos de Humboldt, del potoyunco, así como de varias especies de aves guaneras, todos de ellos siendo especies protegidas en el Perú, algunos encontrándose en vías de extinción. Además las islas y puntas son rodeadas de importantes bancos naturales de invertebrados marinos.

### **Propuesta:**

- Como la mayoría de las especies mencionadas arriba busca su alimento debajo del agua y especialmente en temporada de reproducción en las cercanías de las islas, se debe asegurar por parte del Ministerio de Energía y Minas que no se permiten evaluaciones sísmicas a distancias mas cercanas de 10 kilómetros de los limites marinos de las islas y puntas guaneras.

# Bibliografía

- Banner, P.J. and Hyatt, M. (1973):** "Effects of noise on eggs and larvae of two estuarine fishes". Transactions of the American Fisheries Society 108: 134-6.
- Bartol, S.M., Musick, J.A., and Lenhardt, M. (1999):** "Auditory evoked potentials of the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*)". Copeia 3: 836-840
- Brodie, D.A. and Hanson, H.M. (1960):** "A study of the factors involved in the production of gastric ulcers by the restraint technique". Gastroenterology 38: 353-360.
- Christian J.R. et al (2003):** "Effect of seismic energy on snow crab (*Chionoecetes opilio*) » ; Environmental Studies Research Fund, File No: CAL-1-00364
- Cohn, L.A. (1991):** "The influence of corticosteroids on host defense mechanisms". Journal of Veterinary Internal Medicine 5: 95-104.
- Crum, L. A. and Y. Mao (1996):** "Acoustically enhanced bubble growth at low frequencies and its implications for human diver and marine mammal safety". J. Acoust. Soc. Am. 99 (5), 2898-2907.
- Cummings, J. y Brandon, N. (2004):** "SONIC IMPACT: A Precautionary Assessment of Noise Pollution from Ocean Seismic Surveys"; Greenpeace
- Dalen, J. y Knutsen, G.M. (1987):** "Scaring effects on fish and harmful effects on eggs, larvae and fry by offshore seismic explorations" Pp. 93-102. in: Merklinger, H.M. (ed.). Progress in Underwater Acoustics. New York: Plenum Press.
- DFO. (1998):** "Assessment of the Possible Environmental Impacts of Exploratory Activities on Georges Bank"; Aquatic Resources. November, 1998
- Engås, A., S. Løkkeborg, E. Ona & A.V. Soldal (1996):** "Effects of seismic shooting on local abundance and catch rates of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*)"; Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 53: 2238-2249.
- Engås, A.S. Løkkeborg, S. A.V. Soldal & E. Ona (1993):** "Comparative fishing for cod and haddock with commercial trawl and longline at two different stock levels" NAFO SCR Doc. 93/117, Serial No. N2311
- Enger, P.S. (1981):** "Frequency discrimination in teleosts – Central or peripheral?" Pp. 243-255 in: W.N. Tavolga, A.N. Popper, and R.R. Fay (eds.). Hearing and Sound Communication in Fishes. New York: Springer-Verlag.
- Evans, D. L., Lautenbacher, Jr. C. C. and Hogarth, W. T. (2002):** „Report of the Workshop on Acoustic Resonance as a Source of Tissue Trauma in Cetaceans". Silver Spring, MD, USA.
- Fernández, A., et. al. (2003):** "Pathological findings in beaked whales stranded massively in the Canary Islands". Poster presented at the European Cetacean Society Conference, Las Palmas de Gran Canaria, March 2003.
- Goold, J. C. and Fish, P. J. (1998):** "Broadband spectra of seismic survey air-gun emissions, with reference to dolphin auditory thresholds". J. Acoust. Soc. Am. 103 (4): 2177-2184.
- Greene, C.R. and Richardson, W.J. (1987):** "Characteristics of marine seismic survey sounds in the Beaufort Sea". J. Acoust. Soc. Am. 83 (6):2246:2254.
- Ketten, D.R. (1995):** "Estimates of blast injury and acoustic trauma zones for marine mammals from underwater explosions". In Sensory Systems of Marine Mammals (ed. R.A. Kastelein, J.A. Thomas and P.E. Nachtigall), pp. 391- 407. De Spil Publishing, Woerden, Netherlands.
- High Energy Seismic Survey Team (1999):** "High Energy Seismic Survey Review Process and Interim Operational Guidelines for Marine Surveys Offshore Southern California" Prepared for: The California State Lands Commission and The United States Minerals Management Service
- Houser, D.S., R. Howard, and S. Ridgway (2001):** "Can diving-induced tissue nitrogen supersaturation increase the chance of acoustically driven bubble growth in marine mammals?" J. theor. Biol. 213: 183-195.
- Jasny, M. et al (2005):** "Sounding the Depths II"; Natural Resources Defense Council
- Jepson, P. D., ET. AL. (2003):** "Novel cetacean gas bubble injuries: Acoustically induced

- decompression sickness?" Presentation to the European Cetacean Society Conference, Las Palmas de Gran Canaria,
- Kostyuchenko, L.P. (1973)**: "Effect of elastic waves generated in marine seismic prospecting on fish eggs on the Black Sea". *Hydrobiol. J.* 9: 45-48.
- Lagadere, J.P. (1982)**: "Effects of noise on growth and production of shrimp (*Crangon crangon*) in rearing tanks". *Marine Biology* 71: 177-185.
- Lenhardt, M.L. (1994)**: "Seismic and very low frequency sound induced behaviors in captive loggerhead marine turtles (*Caretta caretta*)" Pp. 238-240 in: K.A. Bjorndal, A.B. Bolten, D.A. Johnson, and P.J. Eliazar (eds.). *Proceedings of the fourteenth annual symposium on sea turtle biology and conservation*, Miami, Florida. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-351.
- Lincoln, D. (2002)**: "Sense and Nonsense - The Environmental Impacts of Exploration on Marine Organisms Offshore Cape Breton"; SUBMISSION TO THE PUBLIC REVIEW COMMISSION Cape Breton Island, Nova Scotia for the Sierra Club Canada
- Marine Species Section, Environment Australia**: "Guidelines on the application of the Environment Protection and Biodiversity Conservation Act to interactions between offshore seismic operations and whales (large cetaceans)
- McCauley, R.D. (1994)**: "Seismic Surveys. In Environmental implications of offshore oil and gas development in Australia. The findings of an independent scientific review" (ed. J.M. Swan, J.M. Neff and P.C. Young), pp. 19-121. The Australian Petroleum Exploration Association and Energy Research and Development Corporation. 696pp.
- McCauley, ET. AL (2000)**: "Marine seismic surveys - A study of environmental implications" *APPEA Journal*. pages 692-708.
- McCauley R., Jenner M, Jenner C, McCabe K, and Murdoch J. (1998)**: "The response of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to offshore seismic survey: Preliminary results of observations about a working seismic vessel and experimental exposures" *APPEA Journal*: 692-706.
- McCauley, R. D., Fewtrell, J. and Popper, A. N. (2003)**: "High intensity anthropogenic sound damages fish ears". *J. Acoust. Soc. Am.* 113 (1): 638-642.
- Moberg, G.P. (1985)**: "Influence of stress on reproduction: a measure of well-being". In *Animal Stress* (ed. G.P. Moberg), pp 245-268. American Physiological Society, Bethesda.
- New Scientist, 9/22/04** <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99996437>
- O'Hara, J., and Wilcox, J.R. (1990)**: "Avoidance responses of loggerhead turtles, *Caretta caretta*, to low frequency sounds". *Copeia* 2: 564-567.
- Pearson, W.H., Skalski, J.R., and Malme, C.I. (1992)**: "Effects of sounds from a geophysical survey device on behavior of captive rockfish (*Sebastes* spp.)". *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 1343-1356.
- Radcliffe, H.L., Luginbuhl, H., Schnarr, W.R. and Chacko, K. (1969)**: "Coronary arteriosclerosis in swine: evidence of a relation in behaviour." *Journal of Comparative Physiological Psychology* 68: 385-398.
- Richardson, B. Würsig, & C.R. Greene, Jr.,(1986)**: "Reactions of Bowhead Whales, *Balaena mysticetus*, to Seismic Exploration in the Canadian Beaufort Sea," *Journal of the Acoustic Society of America* 79 (1986): pp. 1117-1128.
- Santulli, A., et. Al (1999)**: "Biochemical responses of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) to the stress induced by off shore experimental seismic prospecting". *Mar. Poll. Bull.* 38: 1105-1114.
- Scholik, A.R. and Yan, H.Y. (2002)**: "Effects of boat engine noise on the auditory sensitivity of the fathead minnow, *Pimephales promelas*." *Environ. Biol. Fish.* 63: 203-209
- Seyle, H. (1973)**: "The evolution of the stress concept" *American Scientist* 61: 692-699.
- Simmonds M & Dolman S, (1999)**: 'A note on the vulnerability of cetacean to acoustic disturbance". *International Whaling Commission meeting, SC/51/E15.*
- Simmonds, M.; Dolman, S. & Weilgart, L.;** "Oceans of Noise", A WDCS Science Report, Whale and Dolphin Conservation Society (WDCS)
- Skalski, J.R. et al.(1992)**: "Effects of sounds from a geophysical survey device on catch-per-unit-effort in a hook-and-line fishery for rockfish (*Sebastes* spp.)"; *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 1357-1365.

- Slotte, A., et al. (2004):** "Acoustic mapping of pelagic fish distribution and abundance in relation to a seismic shooting area off the Norwegian west coast". *Fish. Res.* 67: 143-150.
- Small, R.J. y DeMaster, D.P. (1995):** "Survival of five species of captive marine mammals". *Marine Mammal Science* 11: 209-226.
- Smith, J.A. y Boyd, K.M. (eds.) (1991):** "Lives in the Balance: The Ethics of Using Animals in Biomedical Research". Oxford University Press, Oxford.
- St Aubin, D.J. y Geraci, J.R. (1988):** "Capture and handling stress suppresses circulating levels of thyroxine (T4) and triiodothyronine (T3) in beluga whales *Delphinapterus leucas*". *Physiological Zoology* 61: 170-5.
- Thomas, J.A., Kastelein, R.A. and Awbrey, F.T. (1990):** "Behaviour and blood catecholamines of captive belugas during playbacks of noise from an oil drilling platform". *Zoo Biology* 9: 393-402.
- Thomson, C.A. y Geraci, J.R. (1986):** "Cortisol, aldosterone, and leucocytes in the stress response of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*". *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 43: 1010-1016.
- Welch, B.L. y Welch, A.S. (1970):** "Physiological effects of noise". Plenum Press, New York.
- Todd, S., Stevick, P., Lien, J., Marques, F. y Ketten, D. (1996):** « Behavioural effects of exposure to underwater explosions in humpback whales (*Megaptera novaeangliae*)". *Can. J. Zool.* 74: 1661-1672.
- Verbeek, N.H. y McGee, T.M., (1995):** "Characteristics of high-resolution marine reflection profiling sources", 1995, *J. Applied Geophysics*, Vol 33, pp 251-269
- Tsui, Philip T.P. (1998):** *The Environmental Effects Of Marine Seismic Exploration On The Fish And Fisheries Of The Scotian Shelf*. Mobil Resources Corporation
- Weller, D.W., et al. (2002) :** « Influence of seismic surveys on western Grey Whales off Sakhalin Island, Russia in 2001". *International Whaling Commission SC/54/BRG14*. 15 pp. [Available from the Office of the Journal of Cetacean Research and Management.]