



INFORME ESPECIAL

Por: Vladimir Puentes ¹, Jorge León ², Ana Cristina Marroquín ³

REVISIÓN DE IMPACTOS SOBRE ORGANISMOS MARINOS CON OCASIÓN DE LA EXPLORACIÓN SÍSMICA MARINA EN EL CARIBE COLOMBIANO

Los trabajos de prospección de sísmica marina son fundamentales para conocer la estructura del subsuelo marino en la búsqueda de hidrocarburos; estos estudios permiten a través de ondas acústicas las diferentes capas del subsuelo marino con un buque para este propósito (Fig. 1). Este buque arrastra varias “colas” de hidrófonos siguiendo un patrón uniforme predeter-

minado de navegación (Fig. 2), el cual acompañado de barcos de soporte que colaboran en temas de seguridad, tráfico marítimo, y suministrando materiales e insumos.

Este tipo de estudios son una de las fuentes de ruido en el océano, entre las cuales también están las instalaciones de energía eólica, dragado, construcción, sonares, el trán-



Imagen: (Izq.) Phaethon aethereus (Rabijunco dorsibarrado) **Por:** Paola López Ramírez.
Figura 1:(Arriba) Oceanic Vega – Buque de exploración sísmica marina que ha operado en el Caribe Colombiano (2015). **Tomado de:** <http://www.cggveritas.com/default.aspx%3Fcid%3D3908>

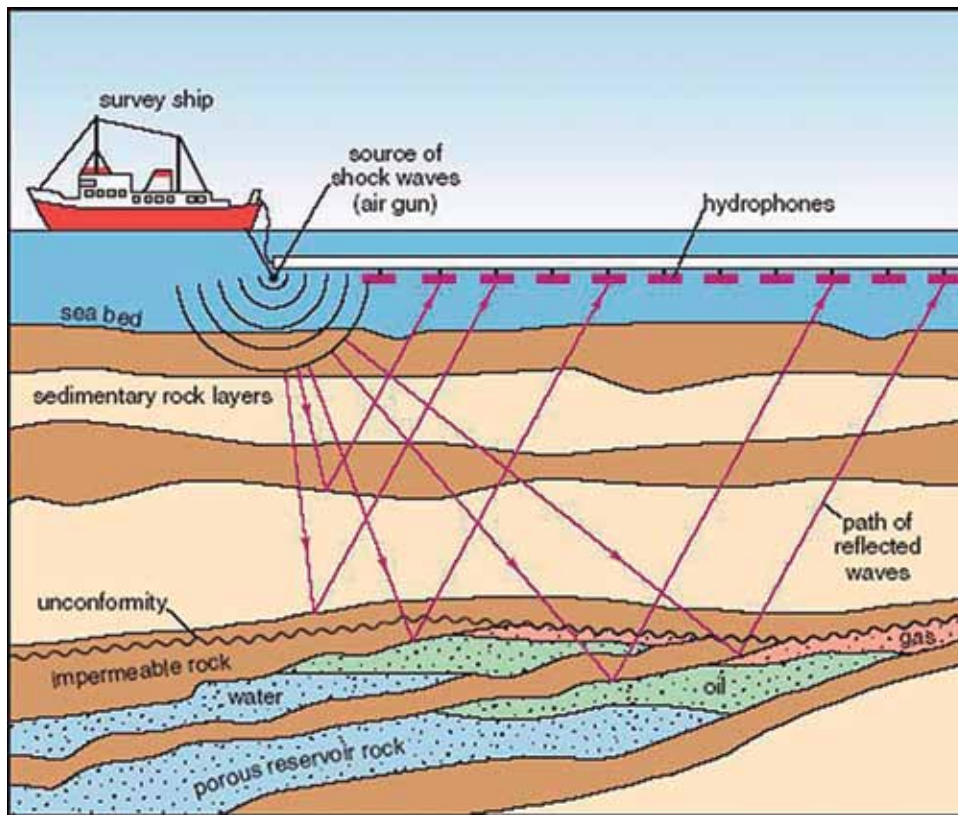


Figura 2. Operación de adquisición de información por sísmica marina. Tomado de: http://openlearn.open.ac.uk/file.php/2292/S278_1_006i.jpg

sito de embarcaciones, entre otros, y la mayoría de estos ruidos son temporales (Hawkins y Popper, 2014). Con el fin de entender mejor la afectación de estudios de sísmica, se realizó una revisión de información que ha analizado los impactos del ruido sobre peces, tortugas marinas, mamíferos marinos, aves e invertebrados en el océano. A continuación se presentan los más relevantes:

En Peces, Hawkins y Popper (2014) sugirieron tres diferentes grupos funcionales de escucha en los peces: i) peces sin vejiga natatoria, que solo pueden detectar movimientos kinéticos (Ej. Tiburones), ii) peces con vejiga natatoria lejos de donde se encuentra el oído (bajo receptor de sonido, Ej. Salmon), y iii) peces con vejiga natatoria y cavidades de aire cerca al oído (receptores de sonido, Ej. Bagres). En general, peces adultos y juveniles tienden a alejarse de la fuente de ruido en estudios de sísmica (McCauley et al., 2000a; Dalen y Mestad, 2008; SEM, 2008).

Los cambios en comportamiento incluyen evitar el ruido, incrementar la velocidad de nado, afectaciones en el comportamiento de desove; afectación de larvas y huevos a menos de 5 m de la fuente de sonido (Dalen y Knusten, 1987; Parry y Gason, 2006; Dalen et al. 2007, Weilgart,

2013). McCauley et al. (2000b) reportaron como el sonido a un nivel de 156 DB puede ser detectable por algunos peces entre 3 y 5 Km con tendencia a evitarlo cuando están entre 1 y 2 Km de la fuente, y es poco probable que un mismo pez, larva o huevo esté expuesto a niveles de ruido repetidamente. Wardle et al. (2001) reportaron que invertebrados y peces no huyeron de un arrecife mientras pistolas de aire estaban siendo utilizadas y Dalen et al. (2007) reportaron que peces pelágicos podrían ser los más sensibles a estudios de exploración sísmica. Otros experimentos mostraron la alteración de la velocidad normal de nado inmediatamente después de un disparo de pistola de aire, y con exposición repetida a disparos, la respuesta fue cada vez

menor, indicando una posible adaptación a este factor de perturbación (Boeger et al., 2006). De otro lado, McCauley et al. (2003) con estudios de análisis microscópicos reportaron que oídos de peces en jaulas en exposición directa a sonidos de sísmica podían presentar daños significativos, y que la primera reacción del pez es huir, como lo reportó Engas et al. (1996), entre otros. Si los peces se mueven para evitar el sonido, el movimiento los lleva fuera del rango de cualquier efecto que se pudiera producir, y en estudios de sísmica las pistolas de aire están siempre en movimiento, lo que hace difícil modelar el sonido que estos reciben (Hawkins y Popper, 2014). En pesquerías se ha reportado la reducción de capturas, en donde esta ha sido generalmente temporal y no significativa; también se reportó la desviación temporal de patrones migratorios, interrupción del desove, e interferencia con artes de pesca (Davis et al. 1998; Dalen et al. 2007, entre otros).

La frecuencia auditiva de Tortugas Marinas se ha reportado entre 250 y 700 Hz (SEM, 2008), ligeramente por encima de frecuencias producidas por la sísmica marina, aunque pueden llegar a superponerse. Lenhardt (1994) mostró cómo tortugas marinas incrementan sus movimientos después de disparos de pistolas de aire; estudios indican que hay un tipo de respuesta a sonidos de sísmica marina cuando están a 2 Km, evitan el sonido a menos de 1 Km (McCauley et al. 2000b). Moein et al. (1994) reportaron con la Tortuga Caguama, cómo estas evitaban el so-



Imagen: *Katsuwonus pelamis* (Pez listado) **Por:** Paola López Ramírez

nido con la primera exposición al sonido por pistolas de aire a una distancia promedio de 24 m; varias exposiciones durante días siguientes no mostraron una tendencia a evitar el sonido. Weilgart (2013) por su parte, reportó un fuerte comportamiento a evitar el sonido.

El sonido de la sismica marina puede afectar a Mamíferos Marinos; pueden cambiar su comportamiento, perder la audición, y causar daños fisiológicos en casos extremos, aunque varios estudios indican que el cambio de comportamiento frente a ruidos antropogénicos son de corto plazo, en donde tienden a evitar el sonido, desviarse temporalmente de rutas de migración, interrumpir la alimentación, y reducir intervalos en superficie (SEM, 2008; Weilgart, 2013, otros), pero no hay casos bien documentados que demuestren la mortalidad de mamíferos marinos por efecto directo de la sismica marina (Dalen et al. 2007). Mamíferos marinos de barbas (misticetos) se comunican usando sonidos de baja frecuencia entre 4 Hz y 25 kHz (Richardson y Malme, 1995) que pueden recorrer largas distancias; es por eso que estas ballenas pueden escuchar pulsos de sonido de la sismica a distancias considerables (SEM, 2008). Ballenas como la jorobada o Yubarta (*Megaptera novaeangliae*) se desvían de sus rutas



Imagen: *Coryphaena sp.*-Dorado. **Por:** Nohelia Fariás Curtidor

de migración, interrumpen la alimentación o se alejan de la fuente del sonido (Ljungblad et al. 1988. Richardson et al. 1999; Weilgart, 2013); Mc Cauley et al. (2000b) reportaron que esta especie no está en riesgo fisiológico, a menos que estén muy cerca de la fuente de sonido. Engel et al. (2004) reportaron sin embargo una coincidencia entre los estudios de exploración sísmica con inusuales varamientos de ballenas jorobadas en Brasil, así como la prohibición de la sísmica durante su época reproductiva. Al parecer, las ballenas de aleta (*Balaenoptera physalus*) paran sus cantos, pero las ballenas azules (*Balaenoptera musculus*) cantan más durante exploraciones sísmicas (Weilgart, 2013). Los mamíferos marinos con dientes (odontocetos) se comunican con dos clases de sonidos: i) sonidos continuos y de banda corta de 2 a 25 kHz, y ii) sonidos de banda ancha de 10 sobre 100 kHz (SEM, 2008). En Cachalotes (*Physeter macrocephalus*), estudios han mostrado que pueden cesar o continuar sus cantos cuando están expuestos a pulsos de sismica marina (Bowles et al. 1994; Madsen et al. 2002); los delfines en descanso evitan los buques de sismica, los que se alimentan, ignoran los buques y los que socializan se pueden aproximar a ellos (Richardson y Malme, 1995). Southall et al. (2007) reportaron criterios de exposición de sonidos para mamíferos marinos y NOAA (2013) tiene una guía para evaluar los efectos de sonidos antropogénicos sobre mamíferos marinos; umbrales acústicos fueron designados para la audición temporal o permanente de los diferentes grupos de mamíferos marinos, y para fuentes de sonido continuas o por pulsos (Hawkins y Popper, 2014), y guías como las de JNCC (2010) y NTL (2012) incluyen una zona de exclusión de 500m para salvaguarda de los cetáceos.

En Aves hay información limitada sobre efectos del sonido bajo el agua. Los sonidos de pistolas de aire tienen poco o ningún efecto por fuera del agua, por tanto ningún efecto en aves que con la cabeza fuera del agua o volando. Aves que bucean a la caza de sus presas, podrían estar expuestas a los sonidos de la sismica, aunque al momento no hay información analizada (SEM, 2008).

En Invertebrados marinos la información es limitada y a veces no comparable entre sí por el uso de diferentes métodos, pero los efectos por sismica parecen ser menores. Experimentos con camarones no mostraron evidencia de mortalidad o reducción de capturas, y con cangrejos no mostraron mayores afectaciones; esto puede ser debido a que estos organismos no tienen en general estructuras con aire o gas en su interior y tienen un exoesqueleto rígido (SEM, 2008); otros estudios con crustáceos reportaron sensibilidad a sonidos de baja frecuencia por debajo



Imágenes: (Arriba) *Stenella frontalis*-Delfín manchado del Atlántico (Medio) *Falco peregrinus*-Halcon peregrino (Abajo) *Sula leucogaster*-Piquero café **Por:** Paola López Ramírez, Nohe-
lia Farías Curtidor

de 1000Hz (Budelmann, 1992; Popper et al., 2001). En el caso de calamares, la reacción fue disparar al instante sus tintas alejándose de la fuente de sonido (Mc Cauley et al. 2000b); Mooney et al. (2012) sugirieron que los efectos en cefalópodos todavía no se han establecido aun.

En nuestro mar Caribe con condiciones oceanográficas difíciles, la sísmica marina se hace con buques de última generación, barcos de apoyo, bases de apoyo en tierra, en donde el proyecto es socializado con los principales actores estratégicos involucrados. El proceso incluye estudios ambientales del área y un permiso operacional (DIMAR). A bordo hay un inspector DIMAR para aspectos marítimos y observadores de fauna marina (OFM) para prevenir afectaciones a la vida marina, los cuales pueden ordenar la adopción de medidas de mitigación en caso de ser necesario, como ya ha sucedido (Ej. Sísmica Marina Esmeralda 3D en los Bloques Col 1 y 2, 2015). Los OFM han reportado la presencia de delfines, ballenas, peces, aves, tortugas y fragatas portuguesas. Se han presentado casos aislados de enredo de artes de pesca (perdidas por lo general); pescadores han reportado mortalidad de peces que no parecen estar asociados a la sísmica, ya que esta se desarrollaba muy lejos del lugar o porque no había sísmica en el área en el momento del evento.

De acuerdo con la literatura revisada y con base en la propia experiencia en el Caribe Colombiano se puede concluir que los impactos sobre la fauna marina como consecuencia de la exploración sísmica son poco frecuentes o de carácter temporal. Se recomienda sin embargo tener en cuenta los siguientes criterios en la exploración sísmica marina (adaptado de SEM, 2008):

- La sísmica marina debería utilizar la menor cantidad de energía posible para lograr las metas operacionales de estas investigaciones.
- Programar la sísmica en épocas que eviten periodos de vida estratégicos de especies marinas, para no desplazarlos de áreas de reproducción, alimentación, cría, rutas de migración.
- Evitar en lo posible, conflictos con pescadores en áreas de pesca, informando apropiadamente del estudio a realizar.
- Implementar el “soft- start” o “ramp up” (arranque leve e incremento gradual de la presión las pistolas de aire) para mitigar efectos en mamíferos marinos (Ej. JNCC, 2010, NTL, 2012), e implementar en lo posible el cese de disparos en la zona de exclusión (Ej, NTL, 2012).
- Llevar a bordo OFM con observaciones visuales y acústicas de fauna marina en lo posible.
- Implementar protocolos de información a embarcacio-

nes que pueden cruzar eventualmente el área de exploración sísmica para que eviten el área.

- Implementar planes de manejo ambiental (aguas residuales, sólidos, etc.) a bordo de las embarcaciones involucradas en la sísmica marina.
- Informar y cumplir con la normativa nacional (permisos, etc.) de todos los actores estratégicos del gobierno a nivel nacional y local.

Referencias Bibliográficas

•Boeger WA, Pie MR, Ostrensky A, Cardoso MF. (2006). *The effect of exposure to seismic prospect in on Coral Reef Fishes*. Braz. Jour. Ocean. 54(4): 235-239

•Bowles AE, Smultea M, Wursig B, DeMaster DP, Palka D. (1994). *Relative abundance and behavior of marine mammals exposed to transmissions from the Heard Island Feasibility Test*. Jour. Acoust. Soc. Am. 96: 2469-2484

•Budelmann, BU. (1992). *Hearing in Crustacea*. In: *The Evolutionary Biology of Hearing*; Webster DB, Fay RR, Popper AN. (Eds.). Springer-Verlag, Berlin: 131-139.

•Dalen J, Knudsen GM. (1987). *Scaring effects in fish and harmful effects on eggs, larvae, and fry by offshore seismic explorations*. In: *Symposium on Underwater Acoustics*, Halifax.

•Dalen J, Mestad K. (2008). *The Impact of seismic surveys*. Marine Research News No. 5. Institute of Marine Research. 2p

•Davis RA, Thompson DH, Malme CI. (1998). *Environmental Assessment of Seismic Exploration on the Scotian Shelf*. Report by LGL Limited for Mobil Oil Canada properties Ltd. Shell Canada Ltd. And Imperial Oil Ltd. p. 181.

•Engas A, Lokkeborg S, Ona E, Soldal AV. (1996). *Effects of seismic shooting on local abundance and catch rates of cod Gadus morhua and haddock Melanogrammus aeglefinus*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 2238-2249

•Engel MH, Marcondes MCC, Martins CCA, O Luna F, Lima RP, Campos A. (2004). *Are seismic surveys responsible for cetacean strandings? An unusual mortality of adult Humpback whales in abrolhos bank, northeastern coast of Brazil*. SC/56/E28. 8p. Consultado en: http://www.marineconnection.org/docs/humpback_stranding.pdf.

•Hawkins AD, Popper AN. (2014). *Assessing the impact of underwater sounds on Fishes and other forms of Marine Life*. Acoustic Today Spring 2014: 30-41

•Joint Nature Conservation Committee – JNCC. (2010). *JNCC guidelines for minimizing the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys*. 16p. Consultado en: http://jncc.defra.gov.uk/pdf/JNCC_Guidelines_Seismic%20Guidelines_Aug%202010.pdf

•Lenhard ML. (1994). *Seismic and very low frequency sound induced behaviors in captive loggerhead marine turtles (Caretta caretta)*. In: Bjorndal KA, Bolten AB, Johnson DA, Eliazar PJ (Eds.). *Proceedings of the 14th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*, NOAA Technical Memorandum, NMFSSSEFC-351, National Technical Information Service, Springfield, VA.

•Ljungblad DK, Wursig B, Swartz SL, Keene JM. (1988). *Observations on the behavioral responses of bowhead whales (Balaena mysticetus) to active geophysical vessels in the Alaskan Beaufort Sea*. Artic 41: 183-194

•Madsen PT, Mohl B, Nielsen BK, Whalber M. (2002). *Male sperm whale behavior during exposures to distant seismic survey pulses*. Aquat. Mammals 2: 231-240

•McCauley RD, Fewtrell J, Duncan AJ, Jenner MN, Jenner C, Prince RIT, Adhitya A, McCabe K, Murdoch J. (2000). *Marine Seismic Surveys – A study of environmental implications*. Aust. Petrol. Prod. Expl. Assoc. (APPEA) Jour. 40: 692-708.

•McCauley RD, Fewtrell J, Duncan AJ, Jenner MN, Jenner C, Penrose JD, Pince RIT, Adhitya A, Murdoch J, McCabe K, (2000). *Marine Seismic Surveys: Analysis of Airgun Signals; and Effects or Airgun exposure*

on Humpback whales, Sea Turtles, Fishes and Squid. Report of the Centre for Marine Science and Technology, Curtin Univ., Perth, WA, for Australian Petroleum Producers Assoc. Sydney NSW. p. 188.

•Moein SE, Musick JA, Keinath JA, Barnard DE, Lenhard M, George R. (1994). *Evaluation of Seismic sources for repelling Sea Turtles from Hopper Dredges*. Report from Virginia Institute of Marine Science. [Gloucester Point], VA, for US Army Corps Engineers. p.33.

•Mooney TA, Hanlon R, Madsen PT, Christensen-Dalgard J, Ketten DR, Nachtigall PE. (2012). *Potential for sound sensitivity in Cephalopods*. In: *The effects of noise in aquatic life*. Advances in Experimental medicine and Biology. Popper AN, Hawkins A. 730. Springer Science+Business Media, LLC.

•NOAA. (2013). *Draft Guidance for Assessing the Marine Mammals Acoustic Threshold Levels for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts*. Draft: 23 December 2013. Consultado en: http://www.nmfs.noaa.gov/pr/acoustics/draft_acoustic_guidance_2013.pdf.

•Notice to Lessees and Operators - NTL. (2012). *Implementation of Seismic Surveys Mitigation Measures and Protected Observer Program*. Joint NTL No. 2012-G02. Notice to Lessees and Operators of Federal Oil, Gas, and Sulphur Leases in the OCS, Gulf of Mexico OCS Region. United States Dep. Of the Interior, Bureau of Ocean Management (BOEM), Bureau of Safety and Environmental Enforcement (BSEE), Gulf of Mexico outer Continental Shelf (OCS) Region. p. 9.

•Parry GD, Gason A. (2006). *The effect of seismic surveys on catch rates of rock lobsters in western Victoria, Australia*. Fish. Res. 79:272-284

•Popper AN, Salmon M, Horch KW. (2001). *Acoustic detection and communication by decapod crustaceans*. Jour. Comp. Physiol. A. 187: 83-89.

•Richardson WG, Malme CI. (1993). *Man-made noise and behavioral responses*. In: Burns JJ, Montague JJ, Cowles CJ (Eds.). *The bowhead whale, special publication of the Society of Marine Mammalogy*, Lawrence, KS: 631-700pp.

•Richardson WG, Miller GW, Greene Jr, CR. (1999). *Displacement of migrating bowhead whales by sound of seismic surveys in shallow waters of the Beaufort Sea*. Jour. Acoust. Soc. Am. 79: 1117-1128.

•Sikumiut Environmental Management Ltd. -SEM-. (2008). *Strategic environmental assessment Labrador shelf offshore area*. Final Report. Chapter 5. *Potential Environmental Effects and Planning Implications from Exploration and Production Activities*. Strategic Environmental Assessment Labrador Shelf Offshore Area. Canada-Newfoundland and Labrador Offshore Petroleum Board. Project no. P 064. pp 365 – 462.

•Southall BL, Bowles AE, Ellison WT, Finneran JJ, Gentry RL, Greene Jr. ChR, Kastak D, Ketten DR, Miller JH, Nachtigall PE, Richardson J, Thomas JA, Tyack PL. (2007). *Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations*. Aquat. Mam. 33 (4): 411-434.

•Wardle CS, Carter TJ, Urquhart GG, Johnstone ADF, Ziolkowski AM, Hampson G, Mackie D. (2001). *Effects of seismic airguns on marine fish*. Cont. Shelf Res. 21: 1005-1027.

•Weilgart L. (2013). *A review of the impacts of seismic airgun surveys on marine life*. Submitted to the CBD Expert Workshop on Underwater Noise and its Impacts on Marine and Coastal Biodiversity, 25-27 February, 2014, London, UK. Consultado en: <http://www.cbd.int/doc/?meeting=MCBEM-2014-01>

Datos Autores

¹ Aquabiosfera & Anadarko Colombia Company E mail: zancclus0715@gmail.com ² Anadarko Colombia Company ³ Shell upstream exploration