



SEABIRDS EAST OF TIERRA DEL FUEGO, ARGENTINA DURING A 3D SEISMIC SURVEY

Juan Pablo Seco Pon¹ · Julián Bastida^{2,3} · Gisela Giardino⁴ · Marco Favero¹ · Sofía Copello¹

¹ Grupo Vertebrados, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), Universidad Nacional de Mar del Plata – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Funes 3250 (B7602AYJ), Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

² Alvarado 2921 1°G (B7600BHN), Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

³ Current address: Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Av. Victoria Ocampo 1 (B7602HSA), Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

⁴ Grupo Biología, Ecología y Conservación de Mamíferos Marinos, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), Universidad Nacional de Mar del Plata – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Funes 3250 (B7602AYJ), Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

Email: Juan Pablo Seco Pon · secoPON@mdp.edu.ar

Abstract · In this study, we evaluate the relationship between the abundance of seabirds and the different phases of a seismic operation aimed at locating offshore oil fields and taking place in the high seas east of Tierra del Fuego in the southwest Atlantic Ocean. The composition of the bird assemblages and their abundances per species were recorded by means of counts throughout the seismic operation comprising a total of 75 seismic exploration stations between the end of August and the beginning of November 2012. At least 16 species of seabirds were identified, over 60% of which belonged to the Procellariiformes. Seabirds were more abundant during exploration operations in the absence of seismic activity (i.e., compressed air guns were not active). This was also true for two groups of seabirds with contrasting feeding habits (divers and surface divers/scavengers). Our study provides evidence of an avoidance behavior by an assemblage of seabirds to the sounds generated by anthropogenic activities in the Argentine Sea, Southwest Atlantic Ocean. Additionally, our results indicate the need for greater environmental regulation of human activities that introduce low frequency and high intensity sounds in the study area.

Resumen · Aves marinas al este de Tierra del Fuego, Argentina durante una evaluación sísmica 3D

En este trabajo evaluamos la relación entre la abundancia de aves marinas y las distintas fases de una operación sísmica destinada a la localización de yacimientos petrolíferos en alta mar frente a las costas de Tierra del Fuego, Atlántico Suroccidental. La composición de los ensambles de aves asociadas y sus abundancias por especie se registraron mediante conteos a lo largo de la operatoria sísmica, comprendiendo un total de 75 estaciones de exploración sísmica entre fines de agosto y principios de noviembre de 2012. Fueron identificadas al menos 16 especies de aves marinas, más del 60% de las cuales, fueron Procellariiformes. Las aves marinas resultaron más abundantes durante operaciones de exploración en ausencia de actividad sísmica (i.e., los cañones de aire comprimido no se encontraban activos). Esto también sucedió cuando se consideraron dos grupos de aves marinas con hábitos de alimentación contrastante (buceadores y zambullidores superficiales/carroñeros). Este estudio proporciona evidencia de un comportamiento de evitación por parte de un ensamble de aves marinas a los sonidos generados por actividades antropogénicas en el Mar Argentino, Atlántico Suroccidental. Nuestros resultados indican la necesidad de una mayor regulación ambiental de las actividades humanas que introducen sonidos de baja frecuencia y alta intensidad en el área de estudio.

Key words: Avoidance behavior · Argentine Sea · Seabirds · Seismic activities · Southwest Atlantic Ocean

INTRODUCCIÓN

Existe un consenso bien establecido acerca que la contaminación acústica proveniente de actividades humanas en los océanos es una problemática ambiental global (NRC 2003, IUCN 2004, Hildebrand 2009, Simmonds et al. 2014, Nowacek et al. 2015, Williams et al. 2015). El sonido antropogénico, como forma de energía, es implícitamente considerado un contaminante en virtud del Artículo 1 (1) (4) de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (UNCLOS). Si bien existen fuentes naturales de sonido en el mar (e.g., viento que genera olas, terremotos, lluvias y organismos marinos), el sonido generado por actividades humanas proviene de una variedad de fuentes, entre las cuales se incluye el tráfico de buques comerciales, la exploración y producción de petróleo y gas, la construcción y explotación de parques eólicos, operaciones navales (e.g., sonares militares, comunicaciones y explosiones), dispositivos acústicos para ahuyentar depredadores, investigación (e.g., pistolas de aire comprimido, sonares, telemetría, comunicación y navegación), entre otros (Wenz 1962, NRC 2003, IFAW 2008, Hildebrand 2009). Además, esta variedad de fuentes puede ser dividida en aquellas que producen sonidos intencionalmente (e.g., explosiones, exploración sísmica, sonares y dispositivos de disuasión acústica) y otras que producen sonidos como un subpro-

Receipt 8 January 2018 · First decision 16 March 2018 · Acceptance 11 June 2018 · Online publication 14 June 2019

Communicated by Juna Masello © Neotropical Ornithological Society

ducto no deseado (e.g., actividades navieras e industriales) (NRC 2003, Hildebrand 2009).

Entre las fuentes antropogénicas de contaminación acústica en el mar, las prospecciones sísmicas producen algunos de los sonidos artificiales más intensos en los océanos, y dicha actividad frecuentemente opera en extensas áreas por largos períodos de tiempo (Richardson et al. 1995, Clark et al. 2006, Hildebrand 2009). La prospección sísmica marina, la cual se basa en el estudio del comportamiento de las ondas sísmicas, implica el proceso de localización de depósitos de petróleo y gas a gran profundidad. Este proceso consiste en una serie de actividades tales como el mapeo del potencial recurso con la ayuda de señales controladas de energía sísmica, las cuales son registradas por una red de receptores (hidrófonos) que son dispuestos a lo largo de transectas con el fin de obtener información sobre el fondo marino. La sísmica de reflexión, la cual se vale de la emisión de ondas elásticas, implica la rápida liberación de aire comprimido de manera de producir una señal impulsiva, la cual se transmite a través de las capas del fondo marino, y que es reflejada hacia la superficie según las diferencias en densidad y discontinuidades de los estratos de roca subyacente (IAPG 2009, Hovem et al. 2012). El sonido emitido es de alta intensidad y baja frecuencia (20–500 Hz) y es detectable en el rango de capacidad auditiva de diversos organismos marinos, tales como peces óseos (Slabbekoorn et al. 2010), reptiles (Nelms et al. 2016) y mamíferos (Richardson et al. 1995, Croll et al. 1999). Si bien son escasos los estudios acerca de la audición en aves marinas (Crowell et al. 2015), es probable que muchas especies de aves marinas (principalmente aquellas con hábitos buceadores) tengan la capacidad de oír sonidos de baja frecuencia (Croll et al. 1999). Este tipo de contaminación acústica en el mar es motivo de especial preocupación dado que tiene el potencial de ocasionar cambios fisiológicos (i.e., daño a tejidos corporales, daño a estructuras auditivas, cambios en el umbral de sensibilidad), perceptivos (i.e., solapamiento y ocultamiento de sonidos biológicos relevantes por ruidos antropogénicos) y comportamentales (i.e., cambios en el comportamiento y rutas migratorias de mamíferos). Además, los impactos de dicho tipo de contaminación también pueden ser de naturaleza indirecta en la fauna (i.e., cambios en la accesibilidad de presas), incluyendo tanto vertebrados como invertebrados (Myrberg 1990, Gausland 2000, Gordon et al. 2003, André et al. 2011, Peng et al. 2015, Pichegru et al. 2017).

La Plataforma Continental Argentina es reconocida como una de las regiones oceánicas más productivas del mundo. Las principales actividades económicas que tienen lugar sobre la misma y que pueden afectar el estado de conservación de aves marinas son la pesca y la extracción de petróleo (Anticamara et al. 2011). En relación a esta última, la actividad de prospección sísmica en alta mar en la Argentina comenzó hace más de 40 años (Ewing et al. 1963, Ludwig et al. 1968, Ewing & Lonardi 1971, Ríos 1974), permitiendo en la actualidad que el 5% de la producción de hidrocarburos líquidos de la Argentina provenga de la Plataforma Continental (Lesta 2002, Palomeque 2008, IAPG 2009). La Cuenca Austral, la cual abarca una parte importante del extremo sur de la Patagonia austral, incluyendo la zona oriental del Estrecho de Magallanes, la Isla Grande de Tierra del Fuego y una porción de la plataforma continental argentina lindante al este de las mismas, nuclea el mayor número de pozos de explora-

ción perforados en alta mar y en la actualidad es la única cuenca marina productiva de la Argentina (Lesta 2002, Pucci 2006, IAPG 2009, Kokogian 2010). En tiempos modernos, las exploraciones sísmicas en el Mar Argentino se han circunscripto a la región del talud y a las cuencas sedimentarias cercanas a la costa de las cuencas del Golfo San Jorge y Austral (Franke et al. 2007, Paterlini & Mouzo 2013, Arecco et al. 2015, Gómez et al. 2016). A pesar del conocimiento de los peligros potenciales y documentados acerca del impacto del sonido antropogénico proveniente de actividades de prospección sísmica en la fauna marina (Myrberg 1990, Brown & Raghu 1998, Gausland 2000, Gordon et al. 2003), son escasos los estudios que investiguen los efectos o impactos de dicha actividad en vertebrados marinos tales como las aves. Por otro lado, un importante cuerpo de literatura está dedicado a la actividad de prospección sísmica en alta mar, su distribución e impacto sobre aves marinas (Stemp 1985, Fraser et al. 2006, Ellis et al. 2013) y otros grupos de aves acuáticas (Lacroix et al. 2013) del Hemisferio Norte, con una importante asimetría en el conocimiento para otras regiones como América del Sur (Turra et al. 2016).

Para comprender la respuesta de las aves marinas a las actividades de prospección sísmica resulta de especial interés investigar la dinámica del uso que tanto las aves como las actividades antes mencionadas hacen del espacio marino (Agnew 2002, Hopkins & Ollevent 2002, Pichegru et al. 2017). Los datos de aves marinas pueden ser incluidos en la información de base utilizada para la regulación de las actividades petroleras y de prospección sísmica, para el análisis estratégico de impacto ambiental de dichas actividades y para la planificación de acciones de contingencia (Johansen et al. 2015, Pichegru et al. 2017). Es en este contexto que este trabajo fue diseñado para evaluar la abundancia de aves marinas durante las actividades de exploración sísmica en alta mar en el sector argentino de la Cuenca Austral. Nuestro propósito es relacionar la abundancia de aves marinas con las distintas fases de la operación sísmica.

MÉTODOS

Los muestreos fueron realizados a bordo del buque WG Vespucci operando al este de la Bahía San Sebastián, Tierra del Fuego, Atlántico Suroccidental. Los muestreos correspondieron a un total de 75 estaciones de exploración sísmica (77 días de embarque) desde el 21 de agosto al 6 de noviembre de 2012, cubriendo un área total de 11.398 km² (Figura 1). El equipamiento empleado durante la exploración sísmica incluyó como fuente de energía un total de 32 cañones de aire comprimido (*Bolt 1500* y *1900Long LifeAir Guns*, volumen total 1049 plg⁻³, presión de aire 2000 ± 10% psi) sumergidos a 5 m (DE = 1) m de profundidad, los cuales fueron disparados a intervalos de punto de 12,5 m. Dichos cañones estuvieron dispuestos en un total de 4 cables (*streamers* en inglés) separados entre sí por 10 metros. Mientras que los receptores de ondas acústicas o conjunto de hidrófonos (*Sercel Flexible Hydrophone*) estuvieron dispuestos en un total de 12 cables separados entre sí por 75 metros y sumergidos a 6 m (DE = 1) de profundidad. Todo el conjunto (cañones e hidrófonos) fue remolcado a popa de la embarcación. La distancia promedio de transecta recorrida por estación y por día fue de 16,7 km (DE = 10,8). La adquisición de datos sísmicos fue realizada 24 h al día y fue pausada durante condiciones de mar o

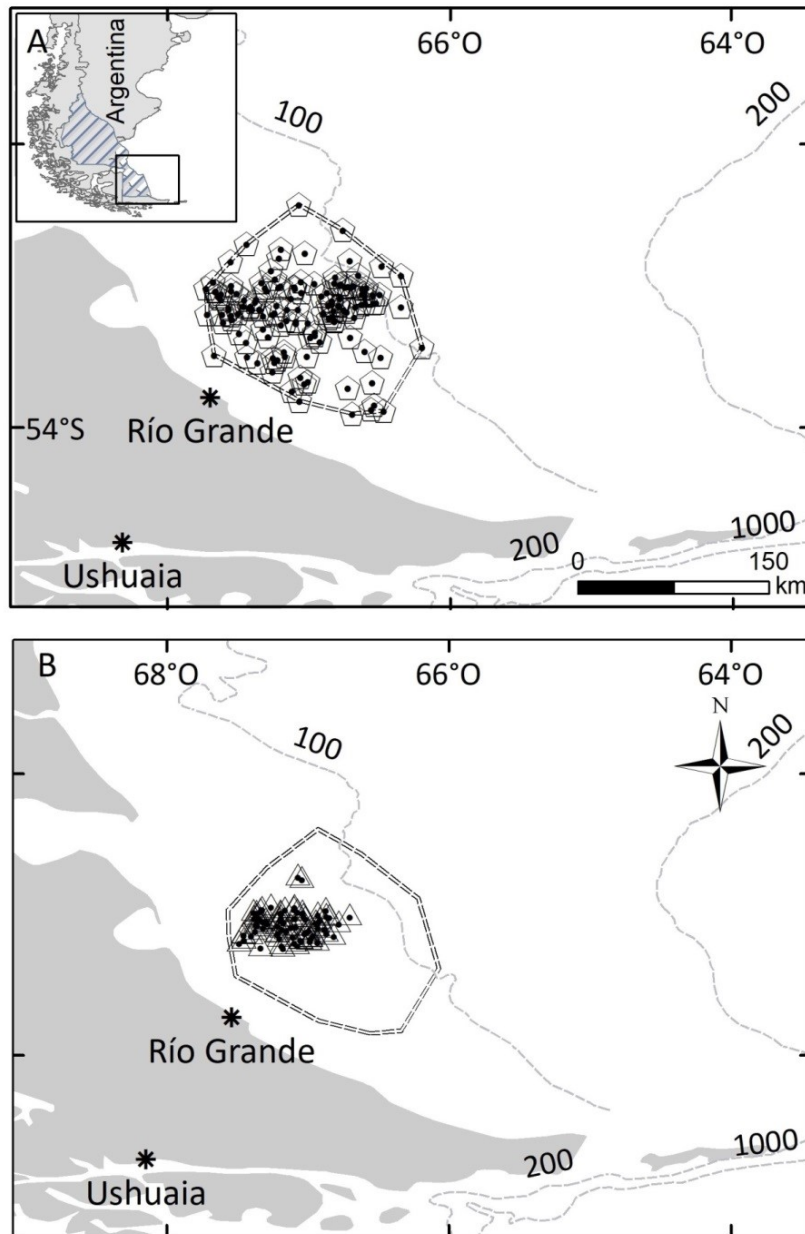


Figura 1. Distribución de la abundancia total de aves marinas (conteos con presencia de aves) asociadas a un buque sísmico durante fases o momentos de la exploración sísmica sin actividad (A) y potencia completa (B) operando en aguas al E de Bahía San Sebastián, Tierra del Fuego, Argentina entre 21 de agosto al 6 de noviembre de 2012. Cada rombo o triángulo abierto representa un conteo individual. La doble línea punteada representa el límite exterior del área prospectada observado. Las líneas punteadas representan isobatas (expresadas en metros). Recuadro: el área sombreada representa el límite de la Cuenca Austral.

viento adversos, abastecimiento de combustible y al momento de cambiar de estación.

Aves marinas y actividades de exploración sísmica. La operatoria sísmica fue separada en tres fases o momentos, las cuales incluyeron:

1) Período de aceleración o comienzo suave: procedimiento por el cual se aumenta progresivamente el volumen de descarga hasta que todo el conjunto de cañones de aire comprimido esté operativo. Para lograr un periodo de aceleración se aconseja aumentar el potencial de los cañones de aire comprimido durante un periodo de 20 minutos (JNCC 2010).

2) Potencia completa: todo el conjunto de cañones de aire comprimido está operativo; el buque se encuentra emitiendo señales y recibíendolas. El tiempo promedio de esta fase fue de 4,1 horas (DE = 1,5).

3) Sin actividad: los cañones de aire comprimido no se encuentran activos.

Una estación de exploración sísmica fue definida como la secuencia completa compuesta por un periodo de aceleración, potencia completa y sin actividad. Dicha secuencia ocurrió con la embarcación en movimiento (a una velocidad promedio del buque de 4,4 nudos o 8,15 km por hora). Un día de exploración sísmica fue definido como aquel en que al menos se realizó una estación de exploración sísmica.

Aunque las estaciones de exploración sísmica pudieron extenderse después del anochecer, todas las observaciones ocurrieron durante las horas de luz.

Obtención de datos. La composición de los ensambles de aves asociadas y sus abundancias por especie se registraron diariamente (N = 76 días) durante las operaciones de exploración sísmica. Los conteos se realizaron en el puente de la

Tabla 1. Importancia numérica (% Total, número de aves de una determinada especie sobre el total de individuos), frecuencia de ocurrencia (% FO, porcentaje de los conteos en los cuales aparece determinada especie en relación al total), abundancia promedio [Media, (DS)] por conteo y rango (mínimo y máximo) de aves marinas registradas desde un buque sísmico durante fases o momentos de la exploración sísmica sin actividad (N = 143 conteos, N = 1518 individuos) y potencia completa (72 conteos, 299 individuos) operando en aguas al E de Bahía San Sebastián, Tierra del Fuego, Argentina entre 21 de agosto al 6 de noviembre de 2012.

	Sin actividad				Potencia completa			
	% Total	% FO	Media (DS)	Rango	% Total	% FO	Media (DS)	Rango
Cormorán imperial (<i>Phalacrocorax atriceps</i>)	18,64	13,28	1,98 (12,22)	0–119	8,03	9,72	0,33 (1,21)	0–6
Pardela oscura (<i>Ardenna grisea</i>)	16,07	20,28	1,71 (7,67)	0–71	32,78	12,50	1,36 (5,57)	0–36
Albatros ceja negra (<i>Thalassarche melanophris</i>)	15,87	31,46	1,68 (5,15)	0–40	21,07	23,61	0,88 (3,51)	0–28
Pingüino patagónico (<i>Spheniscus magellanicus</i>)	15,08	10,48	1,60 (11,00)	0–122	12,71	18,05	0,53 (1,61)	0–10
Gaviotín sudamericano (<i>Sterna hirundinacea</i>)	7,90	16,08	0,83 (4,37)	0–49	3,68	13,88	0,15 (0,40)	0–2
Pardela cabeza negra (<i>Ardenna gravis</i>)	5,40	2,09	0,57 (5,27)	0–60	0,67	1,38	0,03 (0,24)	0–2
Petrel gigante común (<i>Macronectes giganteus</i>)	4,67	20,98	0,49 (1,26)	0–8	6,02	19,44	0,25 (0,62)	0–4
Gaviota cocinera (<i>Larus dominicanus</i>)	4,54	4,89	0,48 (4,39)	0–52	1,67	5,55	0,07 (0,31)	0–2
Yunco (<i>Pelecanoides</i> spp.)	4,28	18,18	0,45 (1,50)	0–15	7,02	13,88	0,29 (1,05)	0–7
Petrel plateado (<i>Fulmarus glacialis</i>)	3,95	9,09	0,41 (2,15)	0–20	1,34	4,16	0,06 (0,29)	0–2
Petrel gigante oscuro (<i>Macronectes halli</i>)	1,84	9,09	0,19 (0,89)	0–8	4,35	13,88	0,18 (0,48)	0–2
Petrel barba blanca (<i>Procellaria aequinoctialis</i>)	0,59	5,59	0,06 (0,27)	0–2	0,33	1,38	0,01 (0,12)	0–1
Petrel damero (<i>Daption capense</i>)	0,26	2,09	0,03 (0,33)	0–4	–	–	–	–
Prión (<i>Pachyptila</i> spp.)	0,26	0,69	0,03 (0,33)	0–4	–	–	–	–
Escúa parda (<i>Stercorarius antarcticus</i>)	0,26	2,09	0,03 (0,33)	0–4	–	–	–	–
Cormorán cuello negro (<i>Phalacrocorax magellanicus</i>)	0,26	0,69	0,03 (0,33)	0–4	–	–	–	–
Paiño común (<i>Oceanites oceanicus</i>)	0,07	0,69	0,01 (0,08)	0–1	0,33	1,38	0,01 (0,12)	0–1

embarcación siguiendo el método de transecta lineal para embarcaciones propuesto por Tasker et al. (1984). Este tipo de transectas extienden la idea de conteos de punto (Bibby et al. 2000), con la diferencia que la unidad de muestreo es área y no tiempo. Los supuestos a considerar cuando se utiliza este método incluyen: todas las aves son avistadas dentro de la transecta, utilizar transectas no muy anchas y las aves no responden a la embarcación (Tasker et al. 1984). En este estudio, el ancho de la transecta fue de 100 m a estribor o babor y con una duración de 10 minutos. La banda (estribor o babor) fue alternada en función de donde estuvo localizado el observador al momento del conteo y la visibilidad. El ancho de muestreo de 100 m fue calibrado periódicamente durante el día utilizando el método propuesto por Heinemann (1981). Se realizaron tres conteos a lo largo de un día de exploración sísmica, en bandas horarias preestablecidas: 09:30 h, 12:30 h y 17:30 h (hora local) (-3 GTM). De esta manera, los conteos incluyeron periodos de la operatoria sísmica en presencia y en ausencia de las tres fases o momentos anteriormente descriptos. Todas las observaciones fueron realizadas con la ayuda de binoculares 7 × 50. En asociación a cada conteo de abundancia (N = 229) se registró además las coordenadas geográficas, la dirección relativa del viento (respecto al rumbo de la embarcación y medida en grados; la cual fue posteriormente factorizada en “proa”: 0°–45° y 315–360°; “estribor-babor”: 46°–135° y 225°–316°; “popa”: 136°–226° y la intensidad del viento (medida en nudos).

Todas las aves observadas dentro de la transecta fueron consideradas en los análisis estadísticos y posteriormente

agrupadas en: (1) buceadores (i.e., cormoranes: *Phalacrocorax atriceps* y *P. magellanicus*; petreles y pardelas de mediano tamaño: *Procellaria aequinoctialis*, *Ardenna gravis* y *A. grisea*; yuncos: *Pelecanoides* spp.; y pingüinos: *Spheniscus magellanicus*) y (2) zambullidores superficiales y carroñeros, incluyendo albatros (*Thalassarche melanophris*), petreles gigantes: (*Macronectes giganteus* y *M. halli*), petreles de mediano tamaño (*Fulmarus glacialis* y *Daption capense*), petreles de pequeño tamaño (*Pachyptila* spp. y *Oceanites oceanicus*), escúas (*Stercorarius antarcticus*), gaviotas (*Larus dominicanus*) y gaviotines (*Sterna hirundinacea*). Los nombres comunes y científicos siguen a Roesler & González Táboas (2016).

Análisis estadísticos. Los análisis estadísticos de abundancias incluyeron todas las especies de aves asociadas al buque. La abundancia (número de individuos por especie), riqueza de aves marinas (S, número total de especies), diversidad (índice de Shannon $H' \log_2$; Shannon & Weaver 1963) y equitatividad (J' , $H'/H'MAX$; Pielou 1969) fueron calculadas para cada conteo. El efecto de las variables explicativas operacionales (i.e., fase o momento de la exploración sísmica) y ambientales (i.e., dirección e intensidad del viento) sobre la abundancia de las aves marinas y los grupos considerados fue analizado mediante Modelos Lineales Generalizados (MLG) con estructura de error binomial negativa y función de enlace log (McCullagh y Nelder 1989, Crawley 2007). En el caso del efecto de variables operacionales sobre la riqueza, diversidad, equitatividad y abundancia de aves marinas se ajustaron MLG con distribución Poisson, Gausiana, Gamma y

Tabla 2. Estimadores (\pm SE) de los modelos lineales generalizados describiendo la relación entre la abundancia total y por grupos de aves marinas (buceadores y zambullidoras superficiales/carroñeros) y diferentes variables explicativas (N = 215). En negrita se indican las variables significativas ($P < 0,05$). ¹Potencia completa como referencia, ²dirección del viento “proa” como referencia.

Variable respuesta	Variable explicativa	Categoría	Estimador (\pm SE)	z	P
Abundancia total	Intercepto		1,93 \pm 0,31	6,214	< 0,001
	Fase de la operación sísmica ¹		0,87 \pm 0,23	3,751	< 0,001
	Dirección del viento ²	Dirección del viento 2	-0,30 \pm 0,23	-1,258	0,208
		Dirección del viento 3	0,42 \pm 0,53	0,794	0,427
	Intensidad del viento		0,01 \pm 0,01	-1,355	0,175
Abundancia buceadoras	Intercepto		1,68 \pm 0,46	3,635	< 0,001
	Fase de la operación sísmica ¹		0,75 \pm 0,34	2,181	< 0,05
	Dirección del viento ²	Dirección del viento 2	-0,49 \pm 0,35	-1,392	0,163
		Dirección del viento 3	-0,52 \pm 0,79	0,660	0,509
	Intensidad del viento		-0,02 \pm 0,01	-1,150	0,250
Abundancia zambullidoras superficiales/carroñeras	Intercepto		0,58 \pm 0,34	1,691	0,091
	Fase de la operación sísmica ¹		0,97 \pm 0,25	3,791	< 0,001
	Dirección del viento ²	Dirección del viento 2	-0,03 \pm 0,26	-0,124	0,900
		Dirección del viento 3	0,19 \pm 0,57	0,334	0,738
	Intensidad del viento		-0,00 \pm 0,01	-0,124	0,692

binomial negativa respectivamente. Para los análisis estadísticos se utilizó un total de 215 conteos, excluyéndose aquellos conteos obtenidos durante la fase “período de aceleración o comienzo suave” debido al bajo número de muestras (N = 6 conteos). En el caso de la equitatividad se utilizó una sub-muestra de 101 conteos. Se calculó el rango de exploración sísmica utilizando el análisis de Mínimo Polígono Convexo utilizando el programa Geospatial Modelling Environment (Beyer 2012). Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el programa de acceso libre R (<https://cran.r-project.org/>) y los mapas fueron realizados utilizando el programa ArcGIS 10.1.

RESULTADOS

La abundancia total promedio de aves por kilómetro recorrido fue estimada en 6 individuos (DS = 16,9) durante las operaciones de exploración sísmica (todas las fases combinadas). Al menos 16 especies de aves marinas fueron identificadas a lo largo del periodo de estudio, más del 60% de las cuales, fueron Procellariiformes de sitios reproductivos cercanos y remotos. La especie más abundante y frecuente fue la Pardela Oscura (*A. grisea*) (abundancia 342 aves y 17,2% de ocurrencia), seguida en importancia por el Albatros Ceja Negra (*T. melanophris*) (304 aves, ocurrencia 28,8%), el Cormorán Imperial (*P. atriceps*) (307 aves, 11,1%) y el Pingüino Patagónico (*S. magellanicus*) (267 aves, 12,5%). El resto de las especies fueron registradas con una frecuencia de ocurrencia menor al 10% (Tabla 1). En líneas generales, las aves marinas fueron mayormente observadas volando (78,5%), aunque también fueron observadas posando en la superficie del mar (21,4%), y en escasas ocasiones alimentándose en superficie (0,1%).

Las abundancias promedio de aves avistadas durante las operaciones de exploración sísmica fueron significativamente mayores durante la fase sin actividad ($z = 3,75$; N = 215; $P < 0,01$). No se registró un efecto significativo de las variables ambientales sobre la abundancia de aves marinas (MLG, to-

dos los $P > 0,05$) (Tabla 2). Las abundancias de los grupos de aves marinas consideradas como buceadores y zambullidores superficiales/carroñeros resultaron también significativamente mayores durante la fase sin actividad (buceadores: $z = 2,786$; N = 215; $P < 0,01$ y zambullidores superficiales/carroñeros: $z = 3,888$; N = 215; $P < 0,01$) (Figura 2). Tampoco se registró un efecto significativo de las variables ambientales sobre la abundancia de ambos grupos de aves marinas (MLG, todos los $P > 0,05$) (Tabla 2).

La diversidad promedio de aves marinas durante el periodo de estudio fue estimada en $H' = 0,39$, la equitatividad en $J' = 0,84$ y la riqueza en $S = 1,6$. Estos parámetros no variaron entre fases de la operatoria sísmica (H' : $t = 1,020$; N = 215; J' : $t = 0,186$; N = 101; S : $z = 1,590$; N = 215; todos los $P > 0,05$).

DISCUSIÓN

El presente estudio brinda información novedosa acerca del efecto de actividades de exploración sísmica en aves marinas en el Mar Argentino. A pesar de los escasos estudios centrados en la descripción de los posibles impactos sobre los recursos hidrobiológicos de las actividades de prospección sísmica (Engel et al. 2004, Boeger et al. 2006, Parente et al. 2006, Rubio et al. 2015), no ha tenido lugar en nuestro país una evaluación integral del efecto de dicha actividad sobre las aves marinas.

Nuestros resultados indican que aves de sitios reproductivos cercanos y remotos fueron avistados desde el buque sísmico operando al este de Tierra del Fuego, con al menos 16 especies registradas durante las operaciones de exploración sísmica. Cabe resaltar que las dos especies de Procellariiformes que dominaron los ensambles de aves – la Pardela Oscura y el Albatros Ceja Negra, fueron previamente avistadas durante operaciones sísmicas en aguas uruguayas (Rubio et al. 2015). Las aves marinas avistadas probablemente provienen en su mayoría de poblaciones reproductivas de Malvinas (i.e., Pardela Oscura y Albatros Ceja Negra; Woods & Woods 1997) e Isla Grande de Tierra del Fuego

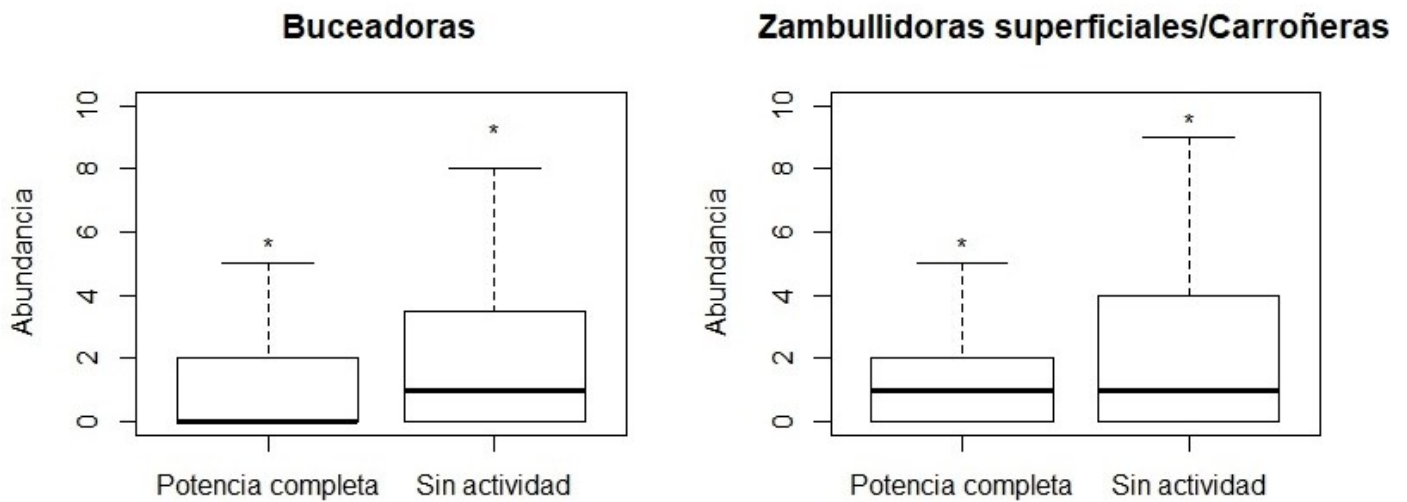


Figura 2. Variación en la abundancia total (número de aves por conteo) de grupos de aves marinas (buceadores y zambullidoras superficiales/carroñeros) durante fases o momentos de la exploración sísmica sin actividad y potencia completa operando en aguas al E de Bahía San Sebastián, Tierra del Fuego, Argentina entre 21 de agosto al 6 de noviembre de 2012. Las líneas indican la mediana, las cajas el percentil inferior 25% y superior 75% y las líneas exteriores el máximo y mínimo. Los asteriscos indican diferencias significativas entre fases o momentos ($P < 0,05$).

e islas asociadas (i.e., Cormorán Imperial y Pingüino Patagónico; Yorio et al. 1998, Schiavini & Raya Rey 2001). En todos los casos el área de estudio yace dentro del rango de distribución de las especies mencionadas a lo largo del año (Huin 2002, Pütz et al. 2007, Copello et al. 2013, Hedd et al. 2014).

Las aves marinas resultaron más abundantes durante operaciones de exploración en ausencia de actividad sísmica (i.e., los cañones de aire comprimido no se encontraban activos). Esto también sucedió si se analiza por separado la abundancia de los dos grupos de aves marinas considerados (buceadores y zambullidores superficiales/carroñeros). A nuestro entender, esto constituye evidencia de un comportamiento de evitación por parte de un ensamble de aves marinas a los sonidos generados por actividades antropogénicas en el Mar Argentino. Las aves marinas parecen haber evitado los sonidos de los cañones de aire comprimido durante la exploración sísmica evaluada en alta mar frente a las costas de Tierra del Fuego. Estos resultados fueron contrapuestos con estudios realizados en otra sección del Atlántico suroccidental. Rubio et al. (2015) reportaron una mayor abundancia de aves marinas hacia aguas profundas de la plataforma uruguaya, alcanzando las aves sus máximos valores de abundancia sobre el talud continental durante la fase activa (i.e., colectando datos) del buque sísmico evaluado. Se requiere de estudios futuros los cuales deberían considerar ampliar el área de estudio de manera de verificar cambios en el comportamiento de las aves marinas al momento de estar expuestas a las emisiones sonoras.

El comportamiento de evitación como respuesta a las operaciones sísmicas ha sido recientemente documentado en el Pingüino Africano (*S. demersus*) reproduciéndose en Sudáfrica (Pichegru et al. 2017). Los Pingüinos Africanos mostraron una fuerte evitación de sus áreas preferidas de forrajeo durante las actividades sísmicas, buscando alimento en áreas alejadas del buque cuando este se encontraba activo, aumentando de esta manera su esfuerzo de alimentación (Pichegru et al. 2017). Este tipo de comportamiento ha sido ampliamente documentado en otra megafauna marina, incluyendo diversas especies de cetáceos, con algunas especies

evitando el área de operaciones de buques sísmicos en distancias que variaron entre 20 y 30 km (Gordon et al. 2003, Stone & Tasker 2006, Tyack 2008). El comportamiento de evitación también ha sido registrado en tortugas marinas (O'Hara & Wilcox 1990, Pendoley 1997, Nelms et al. 2016) y peces (Popper 2003, Boeger et al. 2006, Hawkins & Popper 2014). Sin embargo, cambios en parámetros comportamentales son el centro de estos estudios, ya que los daños fisiológicos son difíciles de observar en animales vivos (Cummings & Brandon 2004, Carroll et al. 2017).

Los resultados obtenidos en este estudio (i.e., comportamiento de evitación por parte de aves marinas) pueden ser explicados por un disturbio directo debido al sonido generado por la operación sísmica o por un cambio en la distribución de presas (principalmente peces e invertebrados) durante dicho periodo; esto último posiblemente debido a la actividad sísmica. Sin embargo, el presente estudio no puede dilucidar estos dos efectos. Estudios previos han demostrado un efecto severo de la actividad de exploración sísmica en la distribución, densidad local y tasas de captura de peces con redes de arrastre (Skalski et al. 1992, Engås et al. 1996, Slotte et al. 2004), tanto durante como luego de la finalización de las actividades, sugiriendo una evitación del área por parte de las especies blanco (Dalen & Knutsen 1987, Turpenney & Nedwell 1994). Asimismo, estudios realizados en cautiverio han reportado previamente cambios en el comportamiento de peces. Frente a un incremento en el nivel de sonido de los cañones de aire comprimido los peces respondieron desplazándose hacia el fondo de la columna de agua mediante natación más activa (Fewtrell & McCauley 2012). De esta manera, la reducción de las tasas de captura comercial asociadas con la actividad sísmica posiblemente haya resultado en un desplazamiento vertical de peces. Sin embargo, estos efectos pueden depender de la zona de pesca (topografía y tipo de hábitat), de la preferencia de hábitat de los peces, de su tipo de alimentación, del periodo del ciclo reproductivo, de la capacidad auditiva y natatoria de los peces, de su respuesta al sonido, entre otros factores (Ellison et al. 2012).

Es importante destacar que la Argentina carece de regulaciones en relación a los impactos sobre la megafauna de la

actividad sísmica en alta mar (Acosta et al. 2017). Si bien se han diseñado lineamientos basados en aquellos implementados en el Reino Unido y los Estados Unidos, los informes que las compañías operadoras deben presentar ante la autoridad competente acerca del posible impacto de dicha actividad se completan a través de una evaluación de impacto ambiental, la cual es previa al inicio de la actividad (Tito 2008, Reyes et al. 2010). En relación a las aves marinas, es probable que estas evaluaciones no contemplen este grupo faunístico (entre otros) dado que los lineamientos para lidiar con los efectos perjudiciales de la actividad sísmica en aguas del Reino Unido y del Mar del Norte solo consideran mamíferos marinos, ignorando los posibles efectos sobre otros componentes del ecosistema como las aves marinas (JNCC 2004, Compton et al. 2008). A pesar que los efectos negativos del sonido antropógeno en el mar como las explosiones (incluidas la exploración sísmica) o sonares (militares) son bien conocidos en mamíferos marinos y peces (ver Gordon et al. 2003, Hawkins & Popper 2014), es escaso el conocimiento acerca de los efectos del sonido en las aves marinas (Turnpenny & Nedwell 1994, Pichegru et al. 2017). Futuros estudios deberían incluir la realización de lances de pesca a distancias variables de la fuente emisora de sonido (e.g., buque sísmico) en conjunto con estaciones de muestreo de información oceanográfica, análisis de contenido estomacal de peces y presencia y comportamiento de aves marinas (entre otra megafauna) con el fin de constatar diferencias en la abundancia y diversidad de peces y megafauna marina en relación a la fuente emisora de sonido.

AGRADECIMIENTOS

A toda la tripulación del WG Vespucci y especialmente a Mariano Silva (Ezcurra & Schmidt, Argentina). Estudio parcialmente financiado por la Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina (15/E795, EXA 842/17) y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, Argentina (PICT 2013-0711 IR Marco Favero y PICT 2015-0262 IR Juan Pablo Seco Pon). Agradecemos al Editor Asistente Juan Masello y dos revisores anónimos por las sugerencias realizadas a un borrador del manuscrito.

REFERENCIAS

- Acosta, A, N Niño-Rodríguez, MC Yepes & O Boisseau (2017) Mitigation provisions to be implemented for marine seismic surveying in Latin America: a review based on fish and cetaceans. *Aquatic Biology* 26: 199–216.
- Agnew, DJ (2002) Critical aspects of the Falkland Islands pelagic ecosystem: distribution, spawning and migration of pelagic animals in relation to oil exploration. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 12: 39–50.
- André, M, M Solé, M Lenoir, M Durfort, C Quero, A Mas, A Lombarte, M van der Schaar, M López-Bejar, M Morell, S Zaugg & L Houégnigan (2011) Low-frequency sounds induce acoustic trauma in cephalopods. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9: 489–493.
- Anticamara, JA, R Watson, A Gelchu & D Pauly (2011) Global fishing effort (1950-2010): Trends, gaps, and implications. *Fisheries Research* 107: 131–136.
- Arecco, MA, F Ruiz, G Pizarro, M Giménez, P Martínez & VA Ramos (2015) Gravimetric determination of the continental-oceanic boundary of the Argentine continental margin (from 36° S to 50° S). *Geophysical Journal International* 204: 366–385.
- Beyer, HL (2012) *Geospatial Modelling Environment*. Version 0.7.2.1. Available at <http://www.spatial ecology.com/gme> [Accessed 16 June 2017].
- Bibby, CJ, ND Burgess, DA Hill & SH Mustoe (2000) *Bird census techniques*. Academic Press, London, UK.
- Boeger, WA, MR Pie, A Ostrensky & MF Cardoso (2006) The effect of exposure to seismic prospecting on coral reef fishes. *Brazilian Journal of Oceanography* 54: 235–239.
- Brown, AL & S Raghu (1998) An overview of research on the effects of noise on animals. *Acoustics Australia* 2: 63–67.
- Carroll, AG, R Przeslawski, A Duncan, M Gunning & B Bruce (2017) A critical review of the potential impacts of marine seismic surveys on fish & invertebrates. *Marine Pollution Bulletin* 114: 9–24.
- Clark, CW & GC Gagnon (2006) *Considering the temporal and spatial scales of noise exposures from seismic surveys on baleen whales*. International Whaling Commission Scientific Committee document SC/58/E9, Cambridge, UK.
- Compton, R, L Goodwin, R Handy & V Abbott (2008) A critical examination of worldwide guidelines for minimising the disturbance to marine mammals during seismic surveys. *Marine Policy* 32: 255–262.
- Copello, S, Seco Pon JP & M Favero (2013) Use of marine space by Black-browed Albatrosses during the non-breeding season in the South-west Atlantic Ocean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 123: 34–38.
- Crawley, MJ (2007) *The R book*. John Wiley and Sons, New York, New York, USA.
- Croll, DA, BR Tershy, A Acevedo & P Levin (1999) *Marine vertebrates and low frequency sound. Technical report for LFA EIS*. Institute of Marine Sciences, Univ. of California, Santa Cruz, California, USA.
- Crowell, SE, AM Wells-Berlin, CE Carr, GH Olsen, RE Therrien, SE Yanzuzzi & DR Ketten (2015) A comparison of auditory brainstem responses across diving bird species. *Journal of Comparative Physiology A* 201: 803–815.
- Cummings, J & N Brandon (2004) *Sonic impact: a precautionary assessment of noise pollution from ocean seismic surveys*. Greenpeace International, Amsterdam, The Netherlands.
- Dalen, J & GM Knutsen (1987) Scaring effects in fish and harmful effects on eggs, larvae and fry by offshore seismic explorations. In Merklinger, HM (ed.). *Progress in underwater acoustics. Proceedings 12th International Congress on Acoustics*. Plenum Publishing Corporation, New York, New York, USA.
- Ellis, JI, SI Wilhelm, A Hedd, GS Fraser, GJ Robertson, J-F Rail, M Fowler & KH Morgan (2013) Mortality of migratory birds from marine commercial fisheries and offshore oil and gas production in Canada. *Avian Conservation and Ecology* 8: 4.
- Ellison, WT, BL Southall, CW Clark & AS Frankel (2012) A new context-based approach to assess marine mammal behavioral response to anthropogenic sounds. *Conservation Biology* 26: 21–28.
- Engås, A, S Løkkeborg, E Ona & AV Soldal (1996) Effects of seismic shooting on local abundance and catch rates of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science* 53: 2238–2249.
- Engel, MH, MCC Marcondes, CCA Martins, FO Luna, RP Lima & A Campos (2004) *Are seismic surveys responsible for cetacean strandings? An unusual mortality of adult Humpback Whales in Abrolhos Bank, northeastern coast of Brazil*. International Whaling Commission Scientific Committee document SC/56/E28, Cambridge, UK.
- Ewing, M & A Lonardi (1971) Sediment transport and distribution in the Argentine Basin. 5: Sedimentary structure of the Argentine Margin, basin and related provinces. In Ahrens, LH et al. (eds). *Physics and chemistry of the earth*. Pergamon Press, London, UK.
- Ewing, M, WJ Ludwig & J Ewing (1963) Geophysical investigations in the submerged Argentine coastal plain. 1. Buenos Aires to Peninsula Valdes. *Bulletin of the Geological Society of America* 74: 275–292.
- Fewtrell, JL & RD McCauley (2012) Impact of air gun noise on the behaviour of marine fish and squid. *Marine Pollution Bulletin* 64: 984–993.

- Franke, D, S Neben, S Ladage, B Schreckenberger & K Hinz (2007) Margin segmentation and volcano-tectonic architecture along the volcanic margin off Argentina/Uruguay, South Atlantic. *Marine Geology* 244: 46–67.
- Fraser, G, J Russell & W Von Zahren (2006) Produced water from offshore oil and gas installations on the Grand Banks, Newfoundland and Labrador: are the potential effects of seabirds sufficiently known? *Marine Ornithology* 34: 147–156.
- Gausland, I (2000) The impact of seismic surveys on marine life. *The Leading Edge* 19: 903–905.
- Gómez, JL, FGE Späth & L Pianelli (2016) Evidencias sísmicas de hidratos de gas y cuantificación de su potencial económica en el Mar Argentino, Cuenca de Malvinas. *Geoacta* 41: 35–49.
- Gordon, J, D Gillespie, J Potter, A Frantzis, MP Simmonds, R Swift & D Thompson (2003) A review of the effects of seismic surveys on marine mammals. *Marine Technology Society Journal* 37: 16–34.
- Hawkins, AD & AN Popper (2014) Assessing the impacts of underwater sounds on fishes and other forms of marine life. *Acoustic Today* 10: 30–41.
- Hedd, A, WA Montevecchi, RA Phillips & DA Fifield (2014) Seasonal sexual segregation by monomorphic Sooty Shearwaters *Puffinus griseus* reflects different reproductive roles during the pre-laying period. *PLoS One* 14: e85572.
- Heinemann, D (1981) A range finder for pelagic bird censusing. *Journal of Wildlife Management* 45: 489–493.
- Hildebrand, JA (2009) Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Marine Ecology Progress Series* 395: 4–20.
- Hopkins, L & A Ollevean (2002) A collaborative approach to the environmental assessment process prior to oil exploration activities offshore the Falkland Islands. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 12: 137–144.
- Hovem, JM, TV Tronstad, HE Karlsen & S Løkkeborg (1996) Modeling propagation of seismic airgun sounds and the effects on fish behavior. *IEEE Journal of Oceanic Engineering* 37: 576–588.
- Huin, N (2002) Foraging distribution of the Black-browed Albatross, *Thalassarche melanophris*, breeding in the Falkland Islands. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 12: 89–99.
- Instituto Argentino del Petróleo y del Gas (IAPG) (2009) *El abecé del petróleo y del gas en el mundo y en la Argentina*. 3era ed. Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, Buenos Aires, Argentina.
- International Fund for Animal Welfare (IFAW) (2008) *Ocean noise: turn it down*. IFAW, Yarmouth, Massachusetts, USA.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2004) *Undersea noise pollution*. Resolution RESWCC3.068. World Conservation Congress, Bangkok, Thailand.
- Johansen, KL, D Boertmann, A Mosbech & TB Hansen (2015) *Manual for seabird and marine mammal survey on seismic vessels in Greenland*. 4th revised ed. Aarhus Univ., Danish Centre for Environment and Energy, Aarhus, Denmark.
- Joint Nature Conservation Committee (JNCC) (2004) *Guidelines for minimizing acoustic disturbance to marine mammals from seismic surveys*. JNCC, Aberdeen, UK.
- Joint Nature Conservation Committee (JNCC) (2010) *JNCC guidelines for minimizing the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys*. JNCC, Aberdeen, UK.
- Kokogian, DA (2010) Perspectivas exploratorias de la plataforma continental argentina. *Petrotecnia* (octubre): 54–83.
- Lacroix, DL, RB Lancot, JA Reed & TL McDonald (2003) Effect of underwater seismic surveys on molting male Long-tailed Ducks in the Beaufort Sea, Alaska. *Canadian Journal of Zoology* 81: 1862–1875.
- Lesta P (2002) La exploración de la plataforma continental argentina: pasado, presente y futuro. *Petrotecnia* (junio): 16–23.
- Ludwig, WJ, JI Ewing & M Ewing (1968) Structure of the Argentine continental margin. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 52: 2337–2368.
- McCullagh, P & JA Nelder (1989) *Generalized Linear Models*. Chapman and Hall, London, UK.
- Myrberg, AA Jr (1990) The effects of man-made noise on the behavior of marine mammals. *Environment International* 16: 575–586.
- National Research Council (NRC) (2003) *Ocean noise and marine mammals*. National Academics Press, Washington, USA.
- Nelms, SE, WED Piniak, CR Weir & BJ Godley (2016) Seismic surveys and marine turtles: an underestimated global threat? *Biological Conservation* 193: 49–65.
- Nowacek, DP, CW Clark, D Mann, PJO Miller, HC Rosenbaum, JS Golden, M Jasny, J Kraska & BL Southall (2015) Marine seismic surveys and ocean noise: time for coordinated and prudent planning. *Frontiers in Ecology and the Environment* 13: 378–386.
- O'Hara, J & JR Wilcox (1990) Avoidance responses of loggerhead turtles (*Caretta caretta*) to low frequency sound. *Copeia* 1990: 564–567.
- Palomeque, MS (2008) Historia de la exploración en la Argentina: cuencas offshore y reflexiones finales. *Petrotecnia* (diciembre): 88–91.
- Parente, CL, JD Lontra & ME Araújo (2006) Ocurrence of sea turtles during seismic surveys in northeastern Brazil. *Biota Neotropica* 6: 1.
- Paterlini, M & F Mouzo (2013) Exploración sísmica del golfo norpatagónico San José, plataforma continental argentina, provincia del Chubut. *Geoacta* 38: 81–94.
- Pendoley, K (1997) Sea turtles and management of marine seismic programs in Western Australia. *PESA Journal* 25: 8–16.
- Peng, C, X Zhao & G Liu (2015) Noise in the sea and its impacts on marine organisms. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12: 12304–12323.
- Pichegru, L, R Nyengera, AM McInnes & P Pistorius (2017) Avoidance of seismic survey activities by penguins. *Scientific Reports* 7: 16305.
- Pielou, EC (1969) *An introduction to mathematical ecology*. Wiley-Interscience, New York, USA.
- Popper, AN (2003) Effects on anthropogenic sound on fishes. *Fisheries* 28: 24–31.
- Pucci, JC (2006) Offshore en la Argentina. Situación de las cuencas marinas de la República Argentina. *Petrotecnia* (abril): 16–26.
- Pütz, K, A Schiavini, A Raya Rey & BH Lüthi (2007) Winter migration of Magellanic Penguins (*Spheniscus magellanicus*) from the southernmost distributional range. *Marine Biology* 152: 1227–1235.
- Reyes, MV, MA Iñíguez & SJ Dolman (2016) Review of legislation applied to seismic surveys to mitigate effects on marine mammals in Latin America. *Proceedings of Meetings on Acoustics* 27: 032002.
- Richardson, WJ, JCR Green, CI Malme & DH Thompson (1995) *Marine mammals and noise*. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Ríos, FF (1974) Determinaciones sísmicas en el golfo San Matías. *Contribución Científica Instituto Argentino de Oceanografía* 15: 1–16.
- Roesler, I & F González Táboas (2016) *Lista de las aves argentinas*. Aves Argentinas, Buenos Aires, Argentina.
- Rubio, L, S González S, G López, C Berriolo, S Jiménez, J Lenzi & A Domingo (2015) *Evaluación de la actividad de prospección sísmica en la plataforma continental uruguaya*. Informe Técnico DINARA N° 52, Montevideo, Uruguay.
- Schiavini, A & A Raya Rey (2001) *Aves y mamíferos marinos en Tierra del Fuego: Estado de situación, interacción con actividades humanas y recomendaciones para su manejo*. Informe preparado bajo contrato con el Proyecto Consolidación e Implementación del Plan de Manejo la Zona Costera Patagónica, Proyecto ARG/97/G31. GEF/PNUD/MRECI. Centro Austral de Investigaciones Científicas, Ushuaia, Argentina.
- Shannon, CE & W Weaver (1963) *The mathematical theory of communication*. Univ. of Illinois Press, Champaign, Illinois, USA.
- Simmonds, MP, SJ Dolman, M Jasny, ECM Parsons, L Weilgart, AJ Wright & R Leaper (2014) Marine noise pollution – Increasing recognition but need for more practical action. *Journal of Ocean Technology* 9: 71–90.
- Skalski, JR, WH Pearson & CI Malme (1992) Effects of sound from geophysical surveys device on catch per-unit-effort in a hook-an-line

- fishery for rockfish (*Sebastes* spp.). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49: 1357–1365.
- Slabbekoorn, H, N Boutib, I van Opzeeland, A Coers, C ten Cate & AN Popper (2010) A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 419–427.
- Slotte A, K Hansen, J Dalen & E Ona (2004) Acoustic mapping of pelagic fish distribution and abundance in relation to a seismic shooting area off the Norwegian west coast. *Fisheries Research* 67: 143–150.
- Stemp, R (1985) Observations on the effects of seismic exploration on seabirds. Pp 217–233 in Greene, GD, FR Engelhardt & RJ Paterson (eds). *Effects of explosives in the marine environment*. Canada Oil and Gas Lands Administration – Environmental Protection Branch, Halifax, Canada.
- Stone, CJ & ML Tasker (2006) The effects of seismic airguns on cetaceans in UK waters. *Journal of Cetacean Research and Management* 8: 255–263.
- Tasker, ML, PH Jones, TJ Dixon & BF Blake (1984) Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardized approach. *The Auk* 101: 567–577.
- Tito, V (2008) Exploración y producción costa afuera en la Argentina: un desafío económico y ambiental. *Petrotecnia* (diciembre) 80–88.
- Turnpenny, AWH & JR Nedwell (1984) *The effects on marine fish, diving mammals and birds of underwater sound generated by seismic surveys*. FAWLEY Aquatic Research Laboratories Ltd, Hampshire, UK.
- Turra, A, A Perez, F Lucena-Frédou, M Muelbert, A Raya Rey, L Schejter, J Calcagno, E Marschoff & B Ferreira (2016) *Chapter 36B: South Atlantic Ocean*. First Global Integrated Marine Assessment – World Ocean Assessment I by the Group of Experts of the Regular Process. United Nations, Geneva, Switzerland.
- Tyack, PL (2008) Implications for marine mammals of large-scale changes in the marine acoustic environment. *Journal of Mammalogy* 89: 549–558.
- Wenz, GM (1962) Acoustic ambient noise in the ocean: spectra and sources. *Journal of the Acoustical Society of America* 34: 1936–1956.
- Williams, R, AJ Wrigth, E Ashe, LK Blight, R Brintjes, R Canessa, CW Clark, S Cullis-Suzuki, DT Dakin, C Erbe, PS Hammond, ND Merchant, PD O’Hara, J Purser, AN Radford, SD Simpson, L Thomas & MA Wale (2015) Impacts of anthropogenic noise on marine life: publications patterns, new discoveries, and future directions in research and management. *Ocean & Coastal Management* 115: 17–24.
- Woods, RW & A Woods (1997) *Atlas of the breeding birds of the Falkland Islands*. Anthony Nelson, Oswestry, UK.
- Yorio, P, E Frere, P Gandini & G Harris (1998) *Atlas de distribución reproductiva de aves marinas en el litoral Patagónico Argentino. Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica*. Fundación Patagónica Natural y Wildlife Conservation Society, Buenos Aires, Argentina.