

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE PROSPECCIÓN SÍSMICA EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL URUGUAYA

Luis Rubio, Silvana González, Guzmán López, Claudio Berriolo,
Sebastián Jiménez, Javier Lenzi, Andrés Domingo

DIRECCIÓN NACIONAL DE RECURSOS ACUÁTICOS

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca

Montevideo - Uruguay

La Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA) es un organismo dependiente del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), creado por Ley 17.296, sobre la base del ex-Instituto Nacional de Pesca (INAPE), constituido de la ex-Junta Nacional de la Pesca (JUNAPE) y del ex-Servicio Oceanográfico y de Pesca (SOYP).

La DINARA es responsable de regular y promover la utilización sustentable de los recursos pesqueros y de la acuicultura mediante una pesca responsable y un procesamiento que satisfaga las normas higiénicas sanitarias y de calidad a fin de lograr el máximo provecho posible de los recursos acuáticos disponibles. Su plan estratégico es preservar los recursos y su productividad en el largo plazo direccionando los esfuerzos del sector de manera de contribuir a la seguridad alimentaria y a la generación de empleo e ingresos mediante actividades de pesca y acuicultura responsable tendiendo al manejo armónico del ecosistema acuático.

La JUNAPE editó su primer Informe Técnico en el año 1974, ya como INAPE al año siguiente sale el N° 2 hasta el N° 51 en el año 2000. A partir del año 2015 DINARA retoma la serie Informe Técnico.

Esta serie incluye trabajos de investigación sobre las temáticas del sector pesquero y acuícola.

MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA

MINISTRO

Tabaré Aguerre

SUBSECRETARIO

Enzo Benech

DIRECTOR GENERAL

Alberto Castelar

DIRECCIÓN NACIONAL DE RECURSOS ACUÁTICOS

Daniel Gilardoni

Director

Revisores: María Inés Lorenzo y Alfredo Pereira

DIRECCIÓN NACIONAL DE RECURSOS ACUÁTICOS (DINARA)

Constituyente 1497, CP 11200, Montevideo, Uruguay.

Tel.: (598) 2400 4689; Fax: (598) 2401 3216; Correo electrónico:

<http://www.dinara.gub.uy>

Se autoriza la reproducción total o parcial de este documento por cualquier medio, siempre que se cite la fuente.

Acceso Libre a texto completo en el Repositorio OceanDocs:
<http://www.oceandocs.org/handle/1834/2548>

Rubio, Luis et al.

Evaluación de la actividad de prospección sísmica en la plataforma continental uruguaya / Luis Rubio, Silvana González, Guzmán López, Claudio Berriolo, Sebastián Jiménez, Javier Lenzi, Andrés Domingo. – Montevideo: MGAP-DINARA, 2015.

49 p.

(Informe Técnico – DINARA; N° 52)

ISSN (vers. impr.): 0797-3306

ISSN (vers. electr.): 2301-1459

/PROSPECCIÓN GEOFÍSICA/ /EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL/ /PLATAFORMA CONTINENTAL / /URUGUAY/

AGRIS P01

CDD 622.17

Catalogación en la publicación: Lic. Aída Sogaray – Centro de Documentación y Biblioteca de la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos.

Cita bibliográfica:

Rubio, L., González, S., López, G., Berriolo, C., Jiménez, S., Lenzi, J., Domingo, A. 2015. Evaluación de la actividad de prospección sísmica en la plataforma continental uruguaya. Montevideo, MGAP-DINARA, 49 p. (Informe Técnico – DINARA; N° 52)

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE PROSPECCIÓN SÍSMICA EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL URUGUAYA

Luis Rubio¹, Silvana González², Guzmán López², Claudio Berriolo³, Sebastián Jiménez⁴, Javier Lenzi⁴, Andrés Domingo⁴

RESUMEN

A efectos de evaluar los posibles impactos sobre los recursos hidrobiológicos de las actividades de prospección sísmica en la plataforma continental externa uruguaya se realizaron dos campañas de investigación a bordo del B/I Aldebarán en Febrero-Marzo de 2014. Se efectuaron un total de 30 lances de pesca a diferentes distancias del buque de prospección sísmica (2, 9, 17 y 25 millas náuticas) con el fin de evaluar si existían diferencias observables en la abundancia y diversidad de peces con respecto a la fuente emisora de sonido. También se analizó el contenido estomacal de las especies más abundantes para tratar de determinar su comportamiento alimenticio en relación a la prospección sísmica. Se obtuvieron registros acústicos de forma continua y se realizaron estaciones de muestreo de información oceanográfica antes de cada lance de pesca. Se analizó la presencia de aves y mamíferos marinos en el área de estudio. Los resultados no fueron concluyentes en cuanto a la existencia de efectos de la actividad de prospección sísmica sobre la distribución y abundancia de la biota en el área de estudio, posiblemente debido al bajo número de lances y transectas acústicas efectuadas.

Palabras clave: *prospección sísmica, off-shore, recursos demersales, hidroacústica, captura, plataforma continental uruguaya.*

ABSTRACT

Two research campaigns on board RV “Aldebarán” were conducted in February-March 2014, to the effects of assessing possible impacts of seismic prospection on the Uruguayan outer continental shelf on hydrobiological resources. Thirty sets were made at various distances from the seismic prospection vessel (2, 9, 17 and 25 nautical miles) to determine whether there were observable differences in abundance and diversity of fish with respect to the sound emitting source. The stomach contents of the most abundant species were analyzed to try to determine their feeding behaviour in relation to the seismic prospection activity. Continuous acoustical recordings were made and sampling stations for oceanographic information were made before each fishing set. The presence of sea birds and marine mammals in the area of study was analyzed. Results were not conclusive as to whether seismic prospection affects distribution and abundance in the biota under study but this may be due to the low number of sets and acoustical transects.

Keywords: seismic activities, off-shore, demersal resources, hydroacoustic, catches, Uruguayan shelf.

¹ Laboratorio de Oceanografía y Medio Ambiente. luis.colon@gmail.com

² Laboratorio de Tecnología Pesquera - Hidroacústica.

³ Departamento de Recursos Demersales.

⁴ Laboratorio de Recursos Pelágicos.

1. INTRODUCCIÓN

Efecto de las actividades de prospección sísmica en los ecosistemas marinos

Diversas actividades de origen antropogénico (ej. tráfico marítimo, construcción de infraestructuras, exploración de hidrocarburos) generan ruido en el medio marino. En particular, la tecnología utilizada para la adquisición de datos geofísicos por los buques dedicados a la exploración de petróleo y gas ha sido clasificada como una de las principales fuentes de contaminación acústica marina (Slabbekoorn *et al.* 2010). En este caso, el sonido es generado a través del uso de cañones de aire comprimido (*airguns*) que producen un estruendo por el disparo de aire a presión dirigido al lecho marino a intervalos regulares de tiempo. Este sonido rebota y es captado por hidrófonos contenidos en cables que son arrastrados por los buques. La energía acústica es dirigida hacia el lecho marino, sin embargo una parte considerable es propagada horizontalmente, viajando varios kilómetros desde la fuente (McCauley 1994). El sonido emitido por los cañones de aire comprimido es de alta intensidad y baja frecuencia (20–500 Hz) y detectable en el rango de capacidad auditiva de varios organismos marinos, incluyendo la ictiofauna (Slabbekoorn *et al.* 2010).

A pesar del amplio uso de los cañones de aire comprimido en la búsqueda de petróleo y gas en el ambiente marino, aún existe un gran desconocimiento en relación a los impactos ambientales y sobre la biota marina que esta tecnología puede ocasionar. Particularmente, los efectos sobre las poblaciones de peces y consecuentemente sobre la actividad pesquera han sido poco evaluados. Además de la restricción de acceso a los espacios marítimos ocupados por la actividad sísmica (buque de prospección, buques acompañantes, cables y *airguns*), los pescadores atribuyen a esta actividad cambios en la distribución de peces y efectos negativos en el rendimiento de las pesquerías (Løkkeborg *et al.* 2012).

Diferentes métodos han sido utilizados para evaluar el efecto que producen las actividades de prospección sísmica sobre la distribución y abundancia de peces, siendo los más comunes la evaluación pesquera experimental y las técnicas hidroacústicas (Dalen & Knutsen 1987, Engas *et al.* 1996, Kenchington 2000, Slotte *et al.* 2004, Løkkeborg *et al.* 2012). Estudios realizados con técnicas de hidroacústica y pesca experimental demostraron que en áreas de pesca expuestas a actividad de prospección sísmica ocurría una reducción en las capturas de peces durante los periodos de disparo en relación con los periodos previos. También se observó una reducción en las capturas en las áreas adyacentes a los cañones de aire comprimido comparado con áreas más lejanas a éstos (Skalski *et al.* 1992, Engås *et al.* 1996).

Engas *et al.* (1996) observaron una reducción del 45 % en la densidad de peces estimada mediante técnicas hidroacústicas, durante los disparos de aire comprimido y de un 64% una vez culminados los mismos, con respecto a la situación inicial. Además, observaron un efecto en la distancia durante los disparos, registrándose una menor densidad de peces dentro de las 5 millas náuticas (mn) del centro emisor, con un incremento gradual de la densidad hacia mayores distancias con respecto a la fuente. En el periodo posterior a los disparos se observó una reducción en la densidad total con una distribución horizontal más homogénea.

Slotte *et al.* (2004) obtuvieron patrones de distribución similares a los de Engås *et al.* (1996) con mayores densidades a mayores distancias de la zona de disparos. Sin embargo, a diferencia de Engås *et al.* (1996), el mapeo acústico realizado antes y después de los disparos no mostró respuestas a corto plazo.

Recientemente, Løkkeborg *et al.* (2012) reportó que en presencia de actividad de buques de prospección sísmica ocurría un aumento en las capturas de *Reinhardtius hippoglossoides* y *Sebastes marinus* con el uso de red de enmalle y una reducción de las capturas de *R. hippoglossoides* con el uso de palangre. Estos resultados fueron relacionados con un cambio en el comportamiento de los peces cuando éstos eran expuestos a las emisiones sonoras. El aumento de las capturas con red de enmalle fue atribuido a un aumento en la natación por parte de los peces y por lo tanto a un mayor enmalle de éstos. La reducción en las capturas con palangre fue atribuida a una disminución en la alimentación por parte de los peces en presencia del sonido. Cambios en el comportamiento de peces ya habían sido observados en estudios en cautiverio que demostraron que frente a un

incremento del nivel de sonido de los *airguns*, los peces respondían con desplazamientos hacia el fondo de la columna de agua y natación más activa (Fewtrell & Mc Cauley 2012).

Por lo tanto, los efectos de la operativa de buques de prospección sísmica sobre la actividad pesquera parecen variar entre especies de peces y métodos de captura (artes de pesca) utilizados (Engås *et al.* 1996). Estos efectos también pueden depender de la zona de pesca (su topografía y tipo de hábitat), de las capacidades auditivas y de natación de los peces, de su preferencia de hábitat y fidelidad de sitio, de su respuesta al sonido (ocultarse o huir) así como de las características de la fuente de sonido.

Contexto oceanográfico

El Río de la Plata drena hacia su frente marítimo una de las cuencas más grandes de Sudamérica, que tiene como tributarios principales a los ríos Paraná y Uruguay. La descarga promedio del Río de la Plata es de $22.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Framinan & Brown 1996), mostrando variabilidad estacional con valores máximos en marzo-junio y setiembre-octubre y mínimos durante el verano (Guerrero *et al.* 1997, Nagy *et al.* 2002). En la región, el verano se caracteriza por la predominancia de los vientos del sector N/NE que tienden a dirigir la descarga del Río de la Plata hacia el S/SW sobre la costa Argentina y lejos de la costa (Guerrero *et al.* 1997, Piola *et al.* 2000). En esta época del año hay una mayor influencia de las masas de agua cálidas derivadas de la corriente de Brasil, aumentando la presencia de gradientes verticales y horizontales producto de la convergencia de aguas con características térmicas y halinas diferentes (Tabla 1) (Ortega & Martínez 2007).

Las masas de agua que se encuentran en el área pueden caracterizarse como: Agua Tropical (AT), advectada hacia el sur por la Corriente de Brasil (Sverdrup *et al.* 1942), Agua Subtropical (AST) que fluye por debajo del AT (Emilsson 1961, Thomsen 1962), ambas cálidas y con alta salinidad. Por otra parte, el Agua Subantártica (ASA) (Sverdrup *et al.* 1942, Thomsen 1962) y el Agua Subantártica de Plataforma (ASAP) (Piola *et al.* 2000) fluyen hacia el norte y se caracterizan por ser más diluidas y por sus bajas temperaturas. Se suma a esto la presencia de Aguas Costeras (AC) provenientes de la pluma de descarga del Río de la Plata. Esta compleja hidrografía genera fuertes gradientes de densidad, comúnmente llamados frentes y han sido descritos en varias ocasiones para la zona (Mesones & Jiménez 1993, Acha *et al.* 2004, Ortega & Martínez 2007, Acha *et al.* 2008). Las zonas frontales son importantes desde el punto de vista trófico para los organismos neotónicos, que aprovechan la producción primaria y detritus generado en la zona fótica y transfieren la energía a niveles tróficos superiores (Largier 1993, Mann & Lazier 1996, Olson 2002).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de las actividades de prospección sísmica en la distribución y abundancia de peces demersales, aves y mamíferos marinos, comparando diferentes áreas (adyacentes, cercanas y lejanas) en relación a la ubicación de la fuente emisora de sonido de los barcos de prospección.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar si existen cambios en la distribución y abundancia de peces demersales y mesopelágicos en relación a la fuente emisora de sonido de los barcos de prospección mediante técnicas hidroacústicas.
- Comparar la composición de especies (abundancia y riqueza) capturadas mediante pesca de arrastre de fondo a diferentes distancias de los buques de prospección sísmica.
- Evaluar los posibles efectos de la actividad de prospección sísmica en el comportamiento alimenticio de los peces capturados, mediante el análisis macroscópico del contenido estomacal.

- Analizar la variación en la riqueza y la abundancia de aves y mamíferos marinos en relación a la distancia a los buques de prospección sísmica.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El área de estudio cubierta por el B/I “Aldebarán” fue la plataforma continental uruguaya dentro del área correspondiente a los bloques 8 y 12 definidos por ANCAP. En estos bloques se encontraban operando los buques de prospección sísmica B/I *Polarcus Amani* y B/I *Ramform Vanguard*, respectivamente. Dicha área estuvo comprendida entre los 34.5° y 36.5° de latitud S y los 51.5° y 53° de longitud W y entre las isobatas de 100 y 2000 metros (**Figura 1**).

3.2. Diseño de campaña

Se realizaron dos campañas a bordo del B/I Aldebarán totalizando 30 lances de pesca. La primera campaña (2014/01) se llevó a cabo entre los días 19 y 23 de febrero de 2014 (9 lances de pesca). La segunda campaña (2014/02) se realizó entre los días 3 y 9 de marzo (21 lances de pesca). Los lances fueron categorizados como “a” (rojo) cuando pertenecieron a la campaña 2014/01 y como “b” (celeste) cuando formaron parte de la campaña 2014/02 (**Figura 1**).

La operativa del B/I “Aldebarán” se estableció en función del derrotero de los buques de prospección sísmica. Con el fin de evaluar los posibles efectos del sonido producido por la actividad de prospección sísmica sobre la pesca, se efectuaron arrastres de fondo a diferentes distancias de la fuente de sonido, a lo largo de transectas de 25 mn de longitud. Las transectas se realizaron en sentido oblicuo a la trayectoria del barco de prospección sísmica, de forma de ir avanzando conforme éste avanzaba y en dirección al lance siguiente. Las distancias aproximadas fueron de: 3 (distancia mínima recomendada por seguridad), 9, 17 y 25 mn. En todos los casos, las transectas se realizaron en dirección a la costa de forma de evitar profundidades donde no era posible realizar arrastres (**Figura 2**).

El arte de pesca utilizado fue una red de arrastre de fondo tipo “Engel” 472/160 de 53 m de relinga superior y 60 m de relinga inferior con burlón de rodillos de goma, copo de 5 m de largo sin sobrepño, malleros de 100 mm y túnel de 50 mm. Se utilizaron portones polivalentes Morgere de 750 kg. Este arte es utilizado para capturar peces demersales.

El B/I “Aldebarán” mantuvo el mismo esfuerzo de pesca en todos los lances, realizando arrastres con una duración media de 20 minutos cada uno, a una velocidad promedio de 3.8 nudos, apertura de red de 28 metros y un área barrida de 0.026 a 0.030 mn².

3.3. Caracterización ambiental

El área de estudio se caracterizó desde el punto de vista oceanográfico utilizando datos registrados *in situ* y datos satelitales de temperatura superficial del mar y su correspondiente anomalía. Se realizaron un total de 22 estaciones oceanográficas antes de cada arrastre de pesca durante la segunda campaña (2014/2). En cada estación se obtuvieron perfiles de temperatura y salinidad con el uso de una sonda CTD modelo SBE SECAT 19v2 de *Seabird Electronics*. Los perfiles se obtuvieron cada un metro de profundidad, desde la superficie hasta la profundidad máxima alcanzada por el CTD. La primera estación se ubicó a 3 mn de la línea de trabajo sísmico y las siguientes a 9, 17 y 21 mn.

Se analizaron las distribuciones horizontales superficiales y de fondo, para temperatura y salinidad. Se utilizó el método de Kriging para construir la grilla y trazar isolíneas. Las masas de agua se diferenciaron mediante un diagrama T-S regional construido a partir de los datos según Piola *et al.* (2000) (**Tabla 1**).

Con el fin de obtener un panorama regional (sur de Brasil al norte de Argentina) de la situación oceanográfica al momento de la campaña, se analizaron las imágenes satelitales de la temperatura superficial del mar (SST) y su correspondiente anomalía (SSTA) para uno de los días dentro del período de desarrollo de la misma (06/03/2014).

3.4. Hidroacústica

3.4.1. Equipo

Los registros acústicos fueron obtenidos y almacenados mediante la utilización de una ecosonda SIMRAD EK-60 y cuatro transductores (38, 70, 120 y 200 kHz) de haz dividido (*split-beam*). Éstos fueron conectados a una PC que actuó como unidad de almacenamiento de archivos y control de la ecosonda y funcionó como interfase con el receptor de GPS. La duración de pulso y potencia para cada frecuencia utilizada se presenta en la **Tabla 2**.

3.4.2. Obtención de los datos

Se obtuvieron registros ecoicos a lo largo de transectas de 25 mn de longitud iniciadas a aproximadamente 3mn del buque de prospección sísmica (BS) y oblicuas con respecto a su trayectoria, de forma de evaluar los efectos de los disparos en función de la distancia con respecto a la fuente. Los registros se realizaron de forma continua a lo largo de toda la transecta durante los lances de pesca así como en el recorrido entre lances sucesivos.

3.4.3. Procesamiento de los registros

Se obtuvieron valores de densidad acústica o NASC (*Nautical Area Scattering Coefficient*) a lo largo de cada transecta. Los valores de NASC fueron exportados cada 0.50 mn (unidad de integración) para dos capas de profundidad: una capa demersal (4 m desde el fondo) y una capa mesopelágica (desde los 4 m con respecto al fondo hasta la superficie). En todos los casos se utilizaron los registros obtenidos por el transductor de 38 kHz. Para el procesamiento de todos los ecogramas registrados durante la campaña se utilizó el software *Echoview* 4.2.

3.4.4. Análisis de los datos

Con el fin de evaluar la relación entre la densidad acústica de peces y la distancia a la fuente de disparos se calculó para cada unidad de integración la distancia al buque de sísmica. A partir de las posiciones conocidas de inicio y final de cada lance de pesca efectuado por el B/I “Aldebarán” y la posición correlativa del BS se estimaron las posiciones intermedias (entre posiciones de referencia) del BS asumiendo que el barco se mueve en línea recta y a una velocidad constante. La distancia entre la posición de cada unidad de integración y la posición del BS se calculó mediante la fórmula de Haversine (“half-versed-sine”, librería *rgdal*, Bivand *et al.* 2013). Los análisis se realizaron utilizando el software R (R Core Team, 2014) con el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) RStudio (RStudio Team 2012).

Se evaluaron las diferencias en la densidad acústica relativa entre los distintos rangos de distancia para las dos capas de profundidad (demersal y mesopelágica) utilizando el test no paramétrico de Kruskal-Wallis (Hollander & Wolfe, 1973). Para determinar entre que rangos de distancia existen diferencias significativas en los valores de NASC se realizó el test de Wilcoxon (Hollander & Wolfe, 1973).

A partir de los datos de temperatura y salinidad de fondo proporcionados por el Laboratorio de Oceanografía de la DINARA se clasificaron las masas de agua asociadas a cada unidad de integración de acuerdo a la clasificación detallada en la **Tabla 3**.

3.5. Pesca experimental

3.5.1. Obtención de los datos

En cada lance de pesca se registraron las especies capturadas, el total de la captura en peso (kg) y en número de individuos de cada especie. Cuando no fue posible identificar los individuos a nivel de especie, se intentó llegar al nivel taxonómico menor. En los casos en los que la captura fue muy numerosa (≥ 6 cajas) se realizó una muestra al azar de la misma y se registró su peso. En estos casos el número de individuos muestreados de cada especie se determinó a partir de la distribución de los datos de frecuencia de tallas. La frecuencia de tallas de la muestra fue expandida al total de la captura para cada sexo. El número total de individuos para cada clase de tallas fue estimado a partir del producto entre el número de individuos de la muestra y el peso total de la captura, dividido por el peso de la muestra. Para cada individuo de la muestra se registró talla (longitud total), sexo, grado de madurez macroscópico, estado de repleción gástrica y el contenido estomacal.

3.5.2. Análisis de la captura

Por grupo de especies

La incidencia de la actividad sísmica en la pesca fue evaluada a través del análisis de las capturas en relación con la distancia al barco de sísmica, mientras éste se encontraba disparando a máxima potencia. Tres zonas fueron definidas de acuerdo a la distancia de la fuente de sonido: un *área adyacente* al barco a una distancia de 3 mn, un *área cercana* a una distancia de 9 mn y un *área lejana* a 17 mn. La composición de la captura por especie (riqueza y abundancia) de las tres áreas fue comparada con el fin de identificar diferencias relacionadas con la distancia a la fuente de sonido.

Debido al diseño de muestreo original, la distancia al barco de sísmica estuvo relacionada con la profundidad a la que se realizaron los lances, ocurriendo que los lances realizados en áreas lejanas a los barcos sísmicos (ej. 25 mn) fueron los lances a menor profundidad. Para evitar el efecto de la profundidad en la composición de especies, fueron seleccionados solamente los lances realizados entre 120 y 163 metros de profundidad (67% de los lances). Se utilizaron 15 lances divididos en tres grupos: 5 lances realizados a 3 mn del barco (área adyacente), 5 lances a 9 mn (área cercana) y 5 lances a 17 mn (área lejana). Se calculó la captura total para cada área como la suma de los 5 lances seleccionados en cada área. La diversidad de la captura de peces óseos para cada área fue descrita utilizando el índice de diversidad de Shannon (H) (Shannon y Weaver, 1949). Este índice considera tanto la riqueza de especies como la distribución de abundancias de éstas (dominancia y rareza), utilizando para cada especie la proporción de individuos o el peso con que contribuye al total en la muestra y se calcula como:

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

Donde S es el número de especies (riqueza) y P_i es la proporción de individuos para la especie i (Begon *et al* 2006).

Por especie

Suponiendo que la actividad sísmica puede incidir de diferente manera en las distintas especies de peces, se analizó la relación entre la captura y la distancia al barco de prospección para las especies de peces con mayor frecuencia de ocurrencia utilizando una regresión lineal. Para el análisis por especie todos los lances fueron agrupados incluyendo tres de ellos realizados en horas de la noche asumiendo que ambos barcos de sísmica empleaban la misma operativa.

Con el fin de evaluar si existían diferencias en la captura a distintas distancias del barco de sísmica, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) donde se agruparon los datos en 4 categorías en función de la distancia al barco de sísmica: 3, 9, 17 y 25 mn. Fueron descartados para este análisis 4 lances por haberse realizado en distancias intermedias entre dos categorías (13; 21,4; 13,2 y 6,5 mn).

3.6. Alimentación

El posible efecto de la actividad sísmica sobre el comportamiento alimenticio de los peces fue evaluado a través del análisis macroscópico del contenido estomacal. Si bien se analizaron varias especies, el estudio considero solo a la merluza ya que fue la especie con mayor frecuencia de ocurrencia (29 de los 30 lances realizados)

Se registró a bordo el contenido estomacal de los individuos muestreados y se calculó el porcentaje de estómagos vacíos o con contenido por lance y por especie. En los casos en los que se registró alimento, las presas fueron identificadas al menor nivel taxonómico posible y fueron cuantificadas. La presencia o ausencia de alimento, así como su estado (digerido o no) fue utilizada para evaluar la existencia de un posible efecto de la actividad sísmica en el comportamiento alimenticio de los peces.

3.7. Observación de aves y mamíferos marinos

Se efectuó un esfuerzo de muestreo de 12 días entre el 19 y el 24 de febrero y del 03 al 09 de marzo de 2014. Los datos fueron obtenidos entre las 06:03 y las 19:24 horas (GMT: -03:00). Las técnicas de muestreo utilizadas consistieron en conteos por popa de aves asociadas durante las actividades de pesca (calado, arrastre y virado del arte) en un área predeterminada de 300 x 300 m, muestreo de transectas por bandas definidas paralelas y muestreo de punto con bandas definidas concéntricas (**Figura 3**).

Se registró la identidad y la abundancia de las especies de aves y mamíferos marinos. Durante los lances de pesca todos los individuos fueron contabilizados dentro del área pre-establecida de 300 x 300 m (**Figura 3**). En los muestreos de transecta y punto se asume que todos los animales ubicados en las bandas (paralelas o concéntricas, respectivamente) de 0-100, 100-200 y 200-300 m del buque son detectados. Los muestreos de transecta fueron realizados desde la proa del buque hacia la banda con mayor visibilidad, mientras el barco navegaba entre puntos de muestreo o entre lances de pesca a una velocidad promedio de 7.4 nudos. El muestreo de punto fue ejecutado mientras el barco se encontraba parado realizando muestreos oceanográficos en puntos pre-establecidos. El registro de la información en cada transecta o punto insumió un tiempo aproximado de 4-17 minutos, con un promedio de 10 minutos (n=114). Aquellos muestreos de punto más cortos fueron realizados cuando sólo se utilizó el CTD mientras que los muestreos más largos fueron realizados cuando se usó el CTD y se caló la red bongo, lo cual deja disponible un mayor período de tiempo para el muestreo.

Para analizar la variación de la abundancia y riqueza de aves marinas se utilizaron Modelos Lineales Generalizados (MLG). Para los muestreos de aves asociadas al barco, cada una de las maniobras de pesca (calado, arrastre y virado) fueron consideradas de forma independiente para construir los modelos. Como variable de respuesta se utilizó la abundancia total y la riqueza de aves. La abundancia de aves fue modelada mediante una distribución de errores binomial negativa, lo que permitió corregir la sobre dispersión. La riqueza fue modelada con una distribución de Poisson. Se utilizaron las funciones de conexión canónicas. Como variables explicativas se usaron la distancia al barco de prospección y la profundidad. Luego de analizar la colinealidad entre ambas variables, se determinó que la inflación de varianza fue baja (VIF=1.39), y por lo tanto las dos variables fueron abordadas. Para que los coeficientes estimados fueran más comparables (nótese que la distancia fue obtenida en millas náuticas y la profundidad en metros), las variables fueron estandarizadas para lograr un media = 0 y desvío estándar = 1. Se utilizó el Likelihood Ratio Test para estimar la significancia de las variables. Sólo aquellas variables significativas fueron consideradas en el modelo final.

A pesar de que se realizaron 75 muestreos de transecta y 39 de punto, la cantidad de datos obtenida en relación al barco de prospección fue baja ($n=22$ y 13 muestreos, respectivamente). Por lo tanto, sólo los primeros datos fueron considerados en los análisis. La mitad de los muestreos de transecta presentaron una abundancia de cero aves. Por lo tanto, la ocurrencia de aves marinas fue modelada mediante un modelo de regresión logística. Se siguió un procedimiento similar al de los datos de aves asociadas al buque con respecto a las variables explicativas y selección del modelo.

La cantidad de datos obtenidos de mamíferos marinos con respecto a la distancia del buque de prospección sísmica ($n=15$ registros) no es adecuada para desarrollar análisis a nivel de familia (e.g. Otariidae, Delphinidae), por lo tanto fueron agrupados. Para maximizar el tamaño de la muestra se incluyeron mamíferos registrados en la navegación, además de los muestreos establecidos (véase arriba), por lo que los datos analizados consistieron únicamente en datos positivos. La abundancia de mamíferos marinos fue modelada de acuerdo a una distribución de error gaussiana, previamente transformados en su logaritmo en base 10, y luego siguiendo los mismos procedimientos descriptos para aves marinas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización ambiental

En la región (**Fig. 1**) predominaron aguas cálidas provenientes del norte sobre la plataforma, hasta la latitud 40°S (**Figura 4**). Específicamente, la zona donde fueron tomadas las muestras estuvo dominada por aguas entre 20° - 24°C de temperatura de superficie. Al observar las anomalías de temperatura superficial, se observó que la región se encontraba con temperaturas cuyos valores estaban entre 1 - $2,5^{\circ}\text{C}$ superiores a la media (**Figura 5**).

4.1.1. Diagrama Temperatura-Salinidad (T-S)

Considerando todas las estaciones realizadas se identificaron cuatro masas de agua de acuerdo al diagrama T-S (**Figura 6**). Estas fueron: la proveniente del Río de la Plata, aquí denominada Agua Costera (puntos que se extienden hacia la izquierda en la parte superior del diagrama), caracterizada por su baja salinidad ($S<33,2$), el Agua Tropical (en la parte superior derecha del diagrama) caracterizada por su alta temperatura, salinidad y por ser oligotrófica, el Agua Subantártica (parte inferior izquierda del diagrama), típicamente más fría advectada desde el sur por la rama costera de la Corriente de Malvinas, y el Agua Subtropical (derecha del diagrama). Dichas masas de agua se encuentran habitualmente en la región en esa época del año (Piola *et al.* 2000). Se observaron también numerosos puntos dispersos en el diagrama correspondientes a mezclas de las masas de agua presentes, o modificaciones de éstas debido al calentamiento y evaporación provocados por la incidencia del sol.

El registro máximo de temperatura se obtuvo en la estación 22 a 43 metros de profundidad y fue de $25,0^{\circ}\text{C}$, mientras el registro mínimo se obtuvo en la estación 2 a 303 metros de profundidad y fue de $6,4^{\circ}\text{C}$. Para la salinidad, el registro máximo estuvo en la estación 22 a 53 metros de profundidad con un valor de 36,8, mientras que el registro mínimo se obtuvo en la estación 7 a 3 metros de profundidad y con un valor de 28,3.

4.1.2. Distribuciones horizontales

Temperatura

Los registros obtenidos en las campañas de temperatura y salinidad, tanto de superficie como de fondo se presentan en la **Tabla 4**.

Se observó que la temperatura superficial fue superior a la media al momento del muestreo, hecho consistente con las imágenes satelitales que mostraban una SSTA positiva en la zona. También se observó un leve gradiente latitudinal de una temperatura de $\sim 20^{\circ}\text{C}$ al sur de la región, a $\sim 24^{\circ}\text{C}$ al norte de la misma (**Figura 7**).

La distribución horizontal de la temperatura de fondo fue menos homogénea que la de superficie y el gradiente latitudinal fue más claro observándose un frente $\sim 53^\circ$ W, separando aguas de $\sim 7^\circ\text{C}$ al suroeste de la región de aguas de $\sim 15^\circ\text{C}$ al noreste de la misma (**Figura 7**).

Salinidad

Se observó la presencia de un frente salino en 53° W (**Figura 8**), coincidente con el frente de temperatura observado en superficie (**Figura 7**) y un gradiente salino de 30 a 34 que estaría marcando el límite al cual llegan las Aguas Costeras provenientes del Río de la Plata. La influencia del frente salino fue evidente en el gradiente longitudinal observado (acompañando las isóbatas), variando entre valores menores a 30 sobre el extremo oeste y aumentando gradualmente hasta 34 hacia el este.

Sobre el fondo la distribución fue más homogénea y los valores más altos de salinidad se encontraron al norte de la región (**Figura 8**), donde la influencia del AT y el AST fue mayor. Al sur de la región predominaron temperaturas y salinidades típicas del ASA.

En nuestra clasificación, el ASA y el AST fueron equivalentes al Agua Subantártica de Plataforma y al Agua Subtropical de Plataforma descritas en Piola *et al.* (2000), donde se describe e identifica el Frente Subtropical de Plataforma. El frente salino observado en superficie y térmico de fondo podría estar marcando la presencia en el área de estudio del Frente Subtropical de Plataforma, separando el ASA del AST. De todos modos, tanto la cantidad como la distribución de las estaciones de muestreo no permiten aventurarse más en este aspecto. Los frentes son estructuras relevantes desde el punto de vista biológico y sin duda es un aspecto a tener muy en cuenta en los diseños de muestreo a fin de ubicar estaciones a uno y otro lado de los mismos.

4.1.3. Perfiles de temperatura y salinidad

En la estación 13 se observó la presencia de Aguas Costeras en los primeros 20 m, seguidos de una capa de 50 m de aguas con características subtropicales (**Figura 9**). Entre los 70 y los 140 metros se localizaron aguas de características subantárticas y por debajo de éstas se observó un leve aumento de temperatura y salinidad. Cerca del fondo se detectó una caída de temperatura y salinidad (**Figura 9**). En esta estación se observó un perfil muy complejo, debido a la interacción de varias masas de agua en profundidad.

En los primeros 40 metros de la estación 22 (**Figura 10**) se registraron aguas de elevada temperatura (mayor de 24°C) aumentando la salinidad en profundidad desde 33.5 hasta 36.5. Entre los 40 y los 80 metros se encontraron aguas de la masa de Agua Tropical. Se observó una delgada capa (15 metros) de Aguas Subtropicales seguidos de otros 30 metros de Aguas Tropicales. A partir de este punto y hacia mayores profundidades, el agua se enfría y diluye levemente.

4.2. Hidroacústica

Para el análisis de los registros acústicos se seleccionaron las transectas de mayor longitud: 1, 3, 15 y 16 con lances asociados y las transectas de acústica sin lances asociados TAC3 y TAC6 (**Tabla 5, Figura 11**). Todas las transectas seleccionadas se correspondieron con la actividad del buque de prospección sísmica “B/I *Ramform Vanguard*” (RV).

La relación entre la densidad relativa de peces y la distancia a la fuente de sonido fue variable para cada capa de profundidad (demersal y mesopelágica; **Figura 12**) y para cada transecta (**Figuras 13 y 14**).

Para la capa demersal y para distancias menores a 20 mn con respecto al RV se observaron valores de NASC relativamente bajos y con poca dispersión, mientras que a distancias mayores (20-25 mn) los valores de NASC y su dispersión fueron mayores (**Figura 12**). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas para el NASC entre los distintos rangos de distancia ($p=0.1323$).

Por otra parte, los valores de NASC para la capa mesopelágica fueron en general superiores a la capa demersal pero con una dispersión de los datos muy alta en todo el rango de distancias con respecto al RV (**Figura 12**). Se observaron diferencias significativas para los valores de NASC entre los rangos de distancia < 9 mn y 13-17 mn ($p=0,005$); 9-13 mn y 17-20 mn ($p=0,047$); y 13-17 mn y 17-20 mn ($p=0,003$). Sin embargo, al no encontrarse diferencias significativas entre las distancias más cercanas (<9mn) y las más alejadas (17-20 y >20 mn), no fue posible inferir una relación de aumento o disminución de la densidad relativa de peces con respecto a la distancia al RV.

Las transectas seleccionadas para el análisis estuvieron asociadas a cuatro masas de agua de fondo diferentes (ASAP, ASA, AST y ACAS) y ubicadas en un rango de profundidades de entre 60 y 1100 m (**Figura 13**). En general no se observaron variaciones en los valores de NASC que pudieran asociarse a cambios únicamente en el perfil batimétrico. Además, en todos los casos se observaron variaciones de los valores de NASC dentro de una misma masa de agua. Sin embargo, se apreciaron cambios importantes en el NASC asociados a variaciones en la masa de agua: pasaje de AST a ASA en ~21 mn para la transecta T16. Esto último puede deberse a que el ASA posee una mayor concentración de nutrientes favoreciendo una alta producción primaria y que en última instancia se traduce en una alta densidad de peces (Martínez & Ortega, 2007).

Para la capa mesopelágica del transecto 16 (T16) se observó una disminución de la densidad relativa de peces que acompañó el descenso de la profundidad. Para las restantes transectas no se identificó una clara asociación de la densidad relativa de peces mesopelágicos con la distancia al barco ni con la profundidad (**Figura 14**).

Para la capa demersal, en todos los casos se observó que a lo largo de las transectas se atraviesan zonas con características ambientales diferentes tanto en relación a sus características termohalinas (i.e. tipo de masa de agua) como a la profundidad. Para minimizar los posibles efectos de estas variables se consideraron los puntos de NASC ubicados dentro de una misma masa de agua y dentro de un rango acotado de profundidad. A partir de ello, en los cuatro tipos de masa de aguas registrados en el fondo, se observó que para tres de éstas (AST, ASAP y ACAS) la distribución de los valores de NASC con relación a la distancia al barco fue muy acotada y no fueron consideradas para evaluar los efectos de la distancia sobre la densidad relativa de peces. En el caso del ASA fue registrada en un amplio rango de distancias respecto al RV y consecuentemente en un amplio rango de profundidades. La relación entre la densidad acústica relativa y la distancia al RV discriminados para dos rangos de profundidad acotados se observa en la **Figura 15**.

Particularmente, para el ASA se observó un aumento en la dispersión de los datos a medida que nos alejamos del barco emisor. Además, se observaron mayores valores de NASC a mayor distancia del RV. Sin embargo, estos valores corresponden a una única transecta (T16) por lo cual no es posible inferir un patrón general para toda el área de estudio.

Por otra parte, no se observaron patrones claros que reflejen cambios en la ubicación relativa de los peces en la columna de agua (representada a partir de la razón de los valores de NASC para las capas demersal y mesopelágica) asociados a la distancia de la fuente de disturbio (**Figura 16**).

4.3. Pesca experimental

4.3.1. Composición específica de la captura total

La captura total en ambas campañas estuvo compuesta por peces óseos y cartilaginosos, moluscos, crustáceos, cnidarios, anélidos y equinodermos, totalizando entre todos los grupos una captura de 16.065 kg y 142.118 individuos. Los peces óseos fueron los más abundantes representando el 94% de la captura en peso, seguido por los peces cartilaginosos con 3.9% de la captura, los cnidarios con 1%, crustáceos con 0.37% y moluscos con 0.35% (**Tabla 6**). Estas proporciones en las capturas de diferentes grupos taxonómicos, fueron reflejo del arte de pesca utilizado.

A nivel específico, se capturó un total de 32 especies de peces óseos, 16 especies de peces cartilagosos y 9 especies de moluscos. La captura total por especie o grupo taxonómico en peso y en número de individuos, así como la frecuencia de ocurrencia se presenta en la **Tabla 6**. La especie más abundante en la captura total en peso fue el rouget con 8.506 kg (53% de la captura total), seguida de la merluza con 4.435 kg (28% de la captura total). La tercera especie con mayor captura fue el papamosca (1.037 kg, 6%), seguido por el pez sable con 522 kg (3%) y el san pedro con 301 kg (2%) (**Figura 17**). Las restantes especies de peces óseos se registraron capturas menores a 70 kg (**Tabla 6**). En número de individuos, el rouget y la merluza fueron las especies más abundantes (71.518 y 53.227 individuos, respectivamente), seguidos por el surel (n=3.636), el papamosca (n=3.515), peces de la familia Myctophidae (n=2.310), pez sable (n=1.612) y San Pedro (n=829). Las demás especies identificadas presentaron capturas menores a 250 individuos (**Tabla 6**).

Con relación a los peces cartilagosos, el galludo (*Squalus spp*) fue la especie mas capturada con 382 kg, seguida por *Psammobatis lentiginosa* con 48 kg y *Sympterygia bonapartii* con 46 kg. Las demás especies de condriktios registraron capturas menores a 30 kg (**Tabla 6**).

Para los moluscos, el calamar *Illex argentinus* fue la especie más abundante en la captura total en peso y número de individuos (40 kg; 814 individuos), seguido del calamarete *Loligo sanpaulensis* (7 kg; 718 individuos). El resto de las especies de moluscos tuvieron una baja representación en la captura total con menos de 4 kg (**Tabla 6**).

4.3.2. Composición específica de la captura a diferentes distancias del barco de sismica

La composición por especie de la captura en cada área (distancias de 3, 9 y 17 mn) se presenta en la **Tabla 7** y **Figura 18**.

En el área adyacente al barco sísmico (3 mn) la especie más abundante en el total de la captura de los cinco lances fue el rouget (60% de la captura en peso), seguido de la merluza (23%) y el san pedro (7%). En menor proporción (menos del 3% de la captura total) fueron capturados: galludos, papamosca, sable y especies de la familia Myctophidae.

En el área cercana al barco sísmico (9 mn) la especie más abundante fue el rouget (57%), seguida de la merluza (24%) y los galludos (10%), grupo en el que se incluyen dos especies (*Squalus mitsukurii* y *Squalus cubensis*). Con una abundancia del 1% del total de la captura, se encontraron: brótola, san pedro, raya lenticulada, torpedo, pintarroja y calamar.

En el área lejana al barco de sísmica (17mn) la especie más abundante fue la merluza (48% de la captura en peso), seguida del papamosca (28%) y el rouget (6%). Con abundancias menores (3% de la captura) se obtuvo pez sable, San Pedro y galludos. Un 2% de la captura total estuvo representada por la brótola y el calamar y un 1% por el rape y la raya lenticulada.

La composición específica de las áreas “adyacente” y “cercana” fue muy similar, en ambas áreas el rouget y la merluza fueron las especies más abundantes y juntas representaron más del 80% del total de la captura en peso. El área “lejana” presentó una composición diferente coⁿ aproximadamente la mitad de la captura representada por la merluza, y solamente un 6% por el rouget. En esta área, la segunda especie más representada fue el papamosca.

Acorde a las series de datos históricos de pesca en el área de estudio, el rouget, la merluza y el papamosca son las especies más frecuentes en el área. La merluza es frecuente en toda el área, mientras que el papamosca predomina en profundidades menores a 120 m y el rouget es más frecuente a partir de los 100 m de profundidad.

Entre los peces óseos, el rouget predominó en el área adyacente y cercana (65 y 68% de la captura, respectivamente), seguido por la merluza (24 y 29% de la captura). En el área lejana, en cambio, la especie

dominante fue la merluza (52% de la captura) seguida del papamosca (30%) y el rouget representó sólo el 7% de la captura. Este recambio de especies (rouget a papamosca) es consistente con los rangos de profundidad en que habitualmente se encuentra cada especie.

El índice de diversidad de Shannon fue similar en las 3 áreas: 1.02 para el área adyacente, 0.74 para el área cercana y 0.9 para el área lejana. Para las tres áreas su valor fue bajo y esto puede deberse a la distribución poco equitativa de las abundancias de las especies capturadas, ya que el arte de pesca selecciona unas pocas especies que fueron las dominantes en las muestras. Si se considera exclusivamente la riqueza de especies de peces óseos en los 15 lances utilizados (21 especies), se observó que el área lejana al barco de sismica fue la de mayor riqueza específica con 81% de las especies capturadas. Las áreas adyacente y cercana tuvieron ambas el 62 % de las especies capturadas.

4.3.3. Análisis de la captura por especie

La relación captura-distancia al barco de prospección fue analizada para el rouget y la merluza por ser las especies de peces con mayor frecuencia de ocurrencia en la campaña.

La merluza estuvo presente en 29 de los 30 lances realizados y su captura por lance fue de 1,4 a 1.167 kg. (valor medio= 153 ± 218 kg) (**Figura 20**). Se observó un lance (4b) con máxima captura (1.167 kg.), correspondiente a 11.674 individuos. Este lance se realizó a 26 mn. del barco de sismica no observándose anomalías de temperatura o salinidad al momento de dicho lance. Sin considerar este valor, las capturas de merluza por lance variaron entre 1,4 y 379 kg. (valor medio= 117 ± 99 kg).

Se observó una alta variabilidad en los valores de captura con relación a la distancia al barco de sismica, sin encontrarse un patrón que las relacione (**Figura 21 a**). El análisis dentro de cada transecta tampoco mostró una relación entre la captura y la distancia al barco (**Figura 21 b**).

Las regresiones lineales fueron ajustadas inicialmente con el valor de captura máxima ($x=26$, $y=1167$) y posteriormente excluyendo dicho valor. El modelo con el valor máximo mostró que no hay una relación lineal significativa ($p=0.069$) entre la captura de merluza y la distancia al barco de sismica. Sin embargo, este modelo no se ajustó al conjunto de los datos ($r^2=0.11$) y no permitió explicar la variabilidad de los mismos (**Figura 22**).

El modelo ajustado sin el valor máximo de captura (v.m.c.) también evidenció que no hay una relación significativa entre la captura de merluza y la distancia al barco ($p=0.386$). Sin embargo, el ajuste de este modelo fue inferior al 1% ($r^2=0.028$). (**Figura 23**). Posiblemente con un mayor número de muestras se pueda lograr un mejor ajuste de los modelos.

El ANOVA considerando el v.m.c. infirió que no hay diferencia significativa de la captura de merluza entre categorías ($p=0.16$). El ANOVA sin el v.m.c. tampoco mostró diferencias entre las capturas a las cuatro distancias al barco ($p=0.75$).

El rouget fue la segunda especie más frecuente en las capturas presente en 27 de los 30 lances realizados, con una captura por lance que varió entre 0,3 y 5.649 kg (valor medio= 315 ± 1079 kg) (**Figura 24a**). Un único lance del total realizado presentó una captura muy superior a los restantes (5649 kg), la cual fue estimada en 40.352 individuos. Esta captura ocurrió en el lance 6b a una distancia al barco de sismica de 2,7 mn. No se observaron anomalías de temperatura o salinidad al momento de ese lance. Al excluir el dato extremo, las capturas de rouget alcanzaron los 599 kg, (valor medio= 110 ± 168 kg) (**Figura 24b**).

Debemos considerar que tanto para merluza como rouget lances con capturas muy elevadas son frecuentes en la zona, un análisis de las campañas disponibles en DINARA permitió corroborarlo, descartando que ese fenómeno se deba a la interacción con los buques de prospección sísmica.

Se observó una alta variabilidad en los valores de captura de rouget con relación a la distancia al barco de sísmica, sin haber una evidencia cualitativa de que estas variables estén relacionadas (**Figura 25a**). El análisis dentro de cada transecta tampoco evidenció una relación entre la captura y la distancia al barco (**Figura 25b**).

La regresión lineal fue ajustada sin incluir el valor máximo de captura ($x=2,7$; $y=5.649$) por ser éste muy influyente en los resultados. El modelo mostró que existe una relación lineal significativa ($p= 0,037$) entre la captura de rouget y la distancia al barco de sísmica, sin embargo, no se ajustó bien al conjunto de los datos ($r^2= 0,12$). En el análisis de los residuos se observa una tendencia, lo que indica que éstos no están bien distribuidos (**Figura 26**).

El ANOVA sin incluir el valor máximo de captura mostró que no hay diferencia significativa en la captura de rouget entre categorías ($p= 0,114$), por lo que la distancia al barco no tiene influencia significativa en las capturas de rouget.

4.4. Alimentación

De los estómagos de los ejemplares de merluza analizados en cada lance de pesca se identificaron aquellos que tenían comida sin digerir, digerida e identificable, digerida no identificable y vacíos (**Tabla 8**). Esta distinción se efectuó para tratar de identificar aquellos individuos que habían comido recientemente (comida sin digerir) o pasadas pocas horas de su captura (digerida e identificable) de aquellos que hacía ya varias horas que no comían (digerida no identificable y vacío). Si bien en todos los lances ($n=23$) se observaron individuos con contenido estomacal, solamente en 13 lances se observó, contenido sin digerir o digerido identificable. De estos 13 se observaron organismos no digeridos en 3 lances. De los otros 10 lances, los estómagos vacíos y con contenido digerido no identificable superaban el 91% Esto indica que probablemente durante la mayoría de los lances, los peces no se alimentaron en las horas previas. Los 3 lances donde se observó individuos con comida reciente no digerida se efectuaron a distancias de 11, 17 y 25 mn del barco de prospección sísmica, correspondiendo al 1, 26 y 3% respectivamente del total de los individuos observados en dichos lances. Si bien no se observaron diferencias en relación a la distancia al barco de sísmica, los únicos individuos que se habían alimentado recientemente se encontraron en los lances a mayor distancia del barco de sísmica. Las variaciones se podrían atribuir tanto a la actividad sísmica como a la presencia de alimento y la hora del día, para poder concluir en este tema se debería aumentar la cantidad de muestreos.

Del análisis de contenido estomacal se desprende que las especies ingeridas por la merluza son las habitualmente encontradas en campañas anteriores de DINARA (merluza, calamar y eufáusidos), típicas en esta zona y época del año (Tabla 9).

4.5. Riqueza y abundancia de aves y mamíferos marinos

La abundancia de aves marinas por especie se muestra en la **Tabla 10**. La variación entre la distancia al buque de prospección y la riqueza y abundancia de aves marinas mostraron una gran dispersión (**Figuras 27 a 32**). Los MLG indicaron que la abundancia y riqueza de aves marinas durante las actividades de calado, arrastre y virado del arte no estuvieron relacionadas con la distancia del barco de prospección. Sin embargo, se encontró una relación positiva entre la abundancia de aves con la profundidad para la maniobra de calada y virada (**Tabla 11**). El modelo logístico para los datos de transecta mostró un resultado similar. El Likelihood Ratio Test mostró que la profundidad fue significativa ($LRT=5.96$, $p=0.015$), por lo que no debe ser excluida del modelo final, sin embargo el coeficiente estimado no fue significativo ($p=0.9$).

Los datos de aves marinas sugieren que las mismas no estarían afectadas por el buque de prospección. Sin embargo, cierta precaución debe tomarse debido a que es necesaria más información para obtener conclusiones robustas. Las aves marinas fueron más abundantes hacia aguas profundas, alcanzando sus máximos valores de abundancia sobre el quiebre del talud. Los resultados de los conteos de aves asociadas al buque podrían estar influenciados por la abundancia de peces capturada, ya que esta actúa como un atractor. Sin embargo, los datos de transecta, realizados fuera de las actividades de pesca y sin considerar las aves que siguen al barco, sugieren también una mayor abundancia hacia el quiebre del talud (aunque no significativa).

La relación entre la abundancia de mamíferos marinos y la distancia al buque de prospección presentó una relación positiva (**Figura 33 y 34, Tabla 12**), sin embargo cabe resaltar que la cantidad de registros de mamíferos que pudieron ser asociados con la distancia al buque de prospección fue baja. Es necesaria una mayor cantidad de datos para confirmar esta relación. La profundidad no fue significativa. A pesar de que mostró un nivel mínimo de colinealidad con la distancia al buque de prospección, los valores obtenidos justificaron su inclusión en el modelo. De todas maneras, esta variable aislada, tampoco mostró relación con la abundancia de mamíferos.

5. CONSIDERACIONES FINALES

A pesar de haberse realizado un importante esfuerzo de análisis, el bajo número de lances y transectas acústicas completadas no permitieron obtener resultados concluyentes. Diversas limitaciones operativas del barco de investigación así como de los buques de prospección sísmica, no permitieron cumplir con el objetivo inicial de la campaña.

En el caso de los mamíferos marinos los resultados sugieren un efecto de los buques de prospección sísmica en su abundancia, sin embargo es necesario un mayor número de observaciones para confirmar estos resultados. Sería importante considerar el efecto de forma aislada para las distintas familias presentes (i.e. Otariidae, Delphinidae y Balaenidae).

Este trabajo de investigación se realizó en la etapa final de la prospección sísmica. Por este motivo no fue posible realizar más campañas de investigación a efectos de aumentar el número de muestras y corregir las dificultades que se originaron durante el muestreo.

Es necesario para futuros trabajos de prospección sísmica lograr una mejor coordinación interinstitucional que permita implementar el diseño de muestreo de forma adecuada.

Como se previó inicialmente se deberán realizar estudios antes, durante y después de la actividad de prospección para obtener una mayor cobertura espacio-temporal con el fin de detectar si existen variaciones en el tiempo en la distribución y abundancia de la biota acuática asociadas a la actividad sísmica.

Se prevé analizar profundamente la información histórica de captura y abundancia los recursos pesqueros con la que cuenta la DINARA y relacionarla con la información obtenida durante estas campañas. Esto permitirá complementar los resultados del presente informe.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acha, E.M., Mianzan, H.W., Favero, M.** 2004. Marine fronts at the continental shelves of austral South America Physical and ecological processes. *Journal of Marine Systems* 44(1): 83–105.
- Acha, E.M., Mianzan, H., Guerrero, R., Carreto, J., Giberto, D., Montoya, N., Carignan, M.** 2008. An overview of physical and ecological processes in the Rio de la Plata Estuary. *Continental Shelf Research* 28(2008): 1579–1588.
- Begon, M., Townsend C. R., Harper, J.L.** 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. 4th ed. Malden: Blackwell Publishing, 746p.
- Bivand, R., Keitt, T., Rowlingson, B.** 2013. rgdal: Bindings for the Geospatial Data Abstraction Library. R package version 0.8-14. <http://CRAN.R-project.org/package=rgdal>
- Dalen, J., Knutsen, G. M.** 1987. Scaring effects in fish and harmful effects on eggs, larvae and fry by offshore seismic explorations. Pp. 93–102 En: Merklinger, H.M. (ed.), *Progress in Underwater Acoustics*. Proceedings 12th International Congress on Acoustics. New York: Plenum Press.
- Emilsson, I.** 1961. The shelf and coastal waters off southern Brazil. *Boletim do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo*, 11(2): 101–112.
- Engås, A., Løkkeborg, S., Ona, E., Soldal, A. V.** 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.
- Fewtrell J. L., McCauley, R.D.** 2012. Impact of air gun noise on the behaviour of marine fish and squid. *Marine Pollution Bulletin* 64: 984–993.
- Framinan, M.B., Brown, O.B.** 1996. Study of the Rio de la Plata turbidity front, Part I: Spatial and temporal distribution. *Continental Shelf Research* 16(10): 1259–1282.
- Guerrero, R.A., Acha, E.M., Framinan, M.B., Lasta, C.A.** 1997. Physical Oceanography of the Rio de la Plata estuary, Argentina. *Continental Shelf Research* 17(7): 727–742.
- Hollander, M., Wolfe, D. A.** 1973. *Nonparametric Statistical Methods*. New York: John Wiley & Sons.
- Largier, J.L.** 1993. Estuarine fronts: how important are they? *Estuaries* 16 (1): 1–11.
- Løkkeborg, S, Ona, E., Vold, A., Salthaug, A.** 2012. Effects of Sounds From Seismic Air Guns on Fish Behavior and Catch Rates. Popper A.N., Hawkins, A. (eds.), *The Effects of Noise on Aquatic Life*, 415. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 730, DOI 10.1007/978-1-4419-7311-5_95.
- Mann, K.H., Lazier, J.R.N.** 1996. *Dynamics of Marine Ecosystems. Biological–Physical Interactions in the Oceans*, 2nd ed. Cambridge: Blackwell.
- McCauley, R.D.** 1994. Environmental implications of offshore oil and gas development in Australia – seismic surveys. Pp. 20–121. En: Swan, J.M., Neff, J.M., Young, P.C. (eds.), *Environmental Implications of Offshore Oil and Gas Development in Australia*. Sydney: Australian Petroleum Exploration Association.
- Mesones, C., Gimenez J.L.** 1993. Estructura física de las masas de agua del frente oceánico uruguayo en el invierno tardío. Décimo Simposio Científico-Tecnológico. Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo: P 27.

- Nagy, G., Gomez, M., Lopez, C., Perdomo, A.** 2002. Distribution patterns of nutrients and symptoms of eutrophication in the Rio de la Plata Estuary System. *Hydrobiologia* 475/476: 125–139.
- Olson, D.B.** 2002. Biophysical dynamics of ocean fronts. *Biological–Physical Interactions in the Sea. The Sea*, vol. 12. New York: Wiley.
- Ortega, L., Martinez, A.** 2007. Multiannual and seasonal variability of water masses and fronts over the Uruguayan shelf. *Journal of Coastal Research* 23 (3): 629–681.
- Piola, A.R., Campos, E.J.D., Möller Jr, O.O., Charo, M., Martínez, C.** 2000. The Subtropical Shelf Front off eastern South America. *Journal of Geophysical Research* 105 (C3): 6565–6578.
- Piola, A. R., Möller, O. O., Guerrero, R. A., Campos, E. J. D.** 2004. Variability of the subtropical shelf front off eastern South America: Winter 2003 and summer 2004. *Continental Shelf Research* 28: 1639–1648.
- R Core Team.** 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- RStudio Team.** 2012. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>.
- Shannon CE, Weaver W.** 1949. The mathematical theory of communication. Urbana, IL: University of Illinois Press. 144 p.
- Skalski, J.R., Pearson, W.H., Malme C.I.** 1992. Effects of sound from geophysical surveys device on catch-per-unit-effort in a hook-and-line fishery for rockfish (*Sebastes* spp.). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49: 1357–1365.
- Slabbekoorn, H., Bouton, N., van Opzeeland, I., Coers, A., ten Cate, C., Popper, A.N.** 2010. A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 419–427.
- Slotte, A., Hansen, K., Dalen, J., Ona, E.** 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.
- Sverdrup, H. U., Johnson, M., Fleming, R.** 1942. The Oceans. Their Physics, Chemistry and General Biology. New York: Prentice Hall, 1087p.
- Thomsen, H.** 1962. Masas de agua características del Océano Atlántico (parte Sudoeste). Buenos Aires: Servicio de Hidrografía Naval, Secretaría Marina 632: 1–27.

Tabla 1. Definición de las masas de agua que se encuentran en el área de estudio. En el caso de ASAP se le ha acotado el rango de salinidad respecto a lo propuesto por Piola *et al.* (2000).

Masas de agua	T (°C)	Salinidad
Agua Tropical (AT)	>20	>36,0
Agua Subantártica (ASA)	4 - 15	33,7-34,2
Aguas Subantárticas de Plataforma (ASAP)	4 - 15	33,2-33,7
Agua Subtropical (AST)	10 - 20	34,2-36,0
Agua Diluida (AD)		<33,2

Tabla 2. Frecuencia, potencia y longitud de pulso utilizadas durante las campañas 2014/01 y 2014/02 a bordo del B/I “Aldebarán”.

Frecuencia (kHz)	Potencia (W)	Longitud de pulso (ms)
38	2000	0.256
120	500	0.256
200	300	0.256

Tabla 3. Rangos de temperatura y salinidad correspondientes a cada tipo de masa de agua registrada en el fondo durante las campañas 2014/01 y 2014/02 del B/I “Aldebarán”. Agua Subantártica (ASA), Agua Subantártica de Plataforma (ASAP), Agua Subtropical (AST) y Agua Central del Atlántico Sur (ACAS).

Masa de Agua	T (°C)	Salinidad	Referencias
ASA	4 - 15	33.7-34.3	Svedrup et al.1942, Thomsen 1962
ASAP	4 - 15	33.2-33.7	Piola et al. 2004
AST	10 - 20	34.2-36.0	Emilsson 1961, Thomsen 1962
ACAS	5 - 10	34.3-35.8	Svedrup et al. 1942

Tabla 4. Temperaturas (T °C) y salinidades (S.) de superficie (sup.) y fondo (fon.) para las 22 estaciones oceanográficas realizadas en la campaña.

Estación	T. sup. (°C)	S. sup.	T. fon. (°C)	S. fon.
1	22.7518	33.3018	14.3918	35.4021
2	21.8581	32.1641	6.3897	34.425
3	22.1153	29.9206	7.6415	33.7387
4	22.1648	29.8337	7.8536	33.7276
5	21.9181	30.0568	7.5527	33.8615
6	21.148	28.8955	7.3749	33.8497
7	21.5772	28.326	7.9139	33.8742
8	21.6632	28.3278	9.4064	34.4979
9	21.5552	29.8889	8.5045	34.079
10	21.4104	30.2094	8.1942	34.0019
11	21.4269	30.4507	8.0493	34.5013
12	21.2838	28.7655	8.4606	34.0672
13	21.6331	29.1706	9.8924	34.6888
14	21.3366	29.5831	9.658	34.4469
15	20.8069	31.0701	7.632	33.8731
16	21.6032	29.3294	7.3697	33.6992
17	21.9975	28.5823	9.2435	33.6642
18	21.9595	31.3709	8.9146	34.7077
19	21.9401	31.4014	7.6347	33.7971
20	22.1332	31.0883	11.9469	34.6157
21	22.5812	30.8309	9.4424	33.6946
22	23.9988	34.2839	14.6818	35.5088

Tabla 5. Transectas acústicas seleccionados para su análisis y lances de pesca asociados correspondientes a las campañas 2014/01 y 2014/02 realizadas a bordo del B/I Aldebarán. Profundidad inicio (PI). Profundidad final (PF), expresado en metros.

Transecta	Lances de pesca	PI	PF
T01	1, 2, 3 y 4	149	66
T03	6, 7, 8 Y 9	158	87
T15	15, 16 y 17	150	92
T16	18, 19, 20, 21	284	91
TAC3	-	1115	138
TAC6	-	787	141

Tabla 6. Composición de la captura total en peso y número de individuos por especie o grupo taxonómico durante las campañas 2014/01 y 2014/02 en el B/I Aldebarán.

Nombre científico	Nombre común	Captura total (kg)	Captura total (n)	Frecuencia ocurrencia (N° lances)	Porcentaje en peso	Porcentaje en n° de individuos
Peces óseos						
<i>Helicolenus dactylopterus</i>	Rouget	8506	71518	27	52.9	50.3
<i>Merluccius hubbsi</i>	Merluza	4435	53227	29	27.6	37.5
<i>Cheilodactylus bergi</i>	Papamosca	1037	3515	19	6.46	2.47
<i>Trichurus lepturus</i>	Sable	522	1612	7	3.25	1.13
<i>Zenopsis conchifer</i>	San Pedro	301	829	11	1.87	0.58
<i>Trachurus lathami</i>	Surel	69	3636	4	0.43	2.56
<i>Urophycis brasiliensis</i>	Brótola	64	158	18	0.40	0.11
<i>Paralichthys isosceles</i>	Isósceles	40	230	5	0.25	0.16
<i>Lophius gastrophysus</i>	Rape	39	10	6	0.24	0.01
Myctophidae	Mictófidos	23	2310	13	0.14	1.63
<i>Percophis brasiliensis</i>	Pez palo	21	38	2	0.13	0.03
<i>Xystreurus rasile</i>	Lenguado	15	70	11	0.09	0.05
<i>Genypterus blacodes</i>	Abadejo	15	61	12	0.09	0.04
<i>Cynoscion guatucupa</i>	Pescadilla	13	82	2	0.08	0.06
<i>Raneya brasiliensis</i>	Ranela	11	119	2	0.07	0.08
<i>Notopogon fernandezianus</i>	Trompetero	8.8	124	7	0.05	0.09
<i>Dules auriga</i>	Cochero	8.2	161	3	0.05	0.11
<i>Prionotus nudigula</i>	Testolin rojo	6.8	57	2	0.04	0.04
<i>Paralichthys patagonicus</i>	Lenguado	6.1	6	2	0.04	0.00
<i>Lopholatilus villarii</i>	Chancho	5.0	1	1	0.03	0.00
<i>Patagonotothen spp</i>	Nototenia	3.7	33	9	0.02	0.02
<i>Genypterus brasiliensis</i>	Abadejo liso	3.2	6	4	0.02	0.00
<i>Stromateus brasiliensis</i>	Cagavino	2.3	58	2	0.01	0.04
<i>Salilota australis</i>	Brótola de altura	2.2	7	3	0.01	0.00
<i>Congiopodus peruvianus</i>	Torito	1.8	18	5	0.01	0.01
<i>Uranoscopus scaber</i>	Pez rata	1.6	30	7	0.01	0.02
<i>Thyrsopterus lepidopoides</i>	Caballa blanca	1.5	16	6	0.01	0.01
<i>Pagrus pagrus</i>	Pargo rosado	0.6	1	1	0.00	0.00
<i>Porichthys porosissimus</i>	Lucerna	0.5	4	1	0.00	0.00
<i>Etropus longimanus</i>	Lenguado etropus	0.5	1	1	0.00	0.00
<i>Scomber japonicus</i>	Caballa	0.2	1	1	0.00	0.00
<i>Mullus argentinae</i>	Barbo	0.1	1	1	0.00	0.00
TOTAL		15163	137940		94.39	97.06
Peces cartilaginosos						
<i>Squalus spp</i>	Galludos	382	622	24	2.38	0.44
<i>Psammobatis lentiginosa</i>	Raya lenticulada	48	199	23	0.30	0.14
<i>Sympterygia bonapartii</i>	Raya mamorada	46	38	12	0.28	0.03
<i>Discopyge tschudii</i>	Torpedo	28	98	8	0.17	0.07
<i>Dipturus chilensis</i>	Raya hocicuda	27	77	17	0.17	0.05
<i>Schroederichthys bivius</i>	Pintarroja	22	46	10	0.13	0.03
<i>Atlantoraja castelnaui</i>	Raya a lunares	21	2	1	0.13	0.00
<i>Torpedo puelcha</i>	Torpedo puelcha	11	3	3	0.07	0.00
<i>Psammobatis normani</i>	Raya	11	22	7	0.07	0.02
<i>Squatina guggenheim</i>	Angelito	9.3	14	3	0.06	0.01
<i>Bathyraja macloviana</i>	Raya espinosa	7.2	7	4	0.04	0.00
<i>Rioraja agassizi</i>	Raya lisa	3.5	10	6	0.02	0.01
<i>Atlantoraja cyclophora</i>	Raya de círculos	3.2	3	3	0.02	0.00
<i>Atlantoraja platana</i>	Raya oscura	1.4	1	1	0.01	0.00
<i>Psammobatis spp</i>	Raya	1.2	5	2	0.01	0.00
<i>Bathyraja albomaculata</i>	Raya de manchas blancas	0.6	1	1	0.00	0.00
TOTAL		621	1148		3.86	0.81
Moluscos						
<i>Illex argentinus</i>	Calamar	40	814	19	0.25	0.57
<i>Loligo sanpaulensis</i>	Calamarete	7.2	718	6	0.04	0.51
<i>Zidona dufresnei</i>	Caracol fino	3.3	31	1	0.02	0.02
<i>Eledone spp</i>	Pulpo	3.1	31	12	0.02	0.02
<i>Adelomelon ancilla</i>	Caracol pie rosado	1.1	4	3	0.01	0.00
<i>Vosseledone charua</i>	Pulpo	0.7	2	2	0.00	0.00
<i>Zygochlamys patagonica</i>	Vieira	0.7	4	1	0.00	0.00
<i>Pachycymbiola brasiliana</i>	Caracol negro	0.5	2	2	0.00	0.00
<i>Fissurellidea megatrema</i>	Caracol papa	0.3	4	3	0.00	0.00
TOTAL		56	1610		0.35	1.13
Crustáceos						
<i>Chaceon notialis</i>	Cangrejo rojo	49	190	3	0.31	0.13
<i>Lithodes santolla</i>	Centolla	9.8	16	6	0.06	0.01
Paguroidea	Cangrejo ermitaño	0.7	4	2	0.00	0.00
<i>Hemisquilla spp</i>	Estomatópodos	0.2	3	1	0.00	0.00
<i>Libinia spp</i>	Libinia	0.1	1	1	0.00	0.00
TOTAL		60	214		0.37	0.15
Otros grupos						
Cnidaria- Actinidae	Papa de agua	164	1191	13	1.02	0.84
Anélida	Aphrodita	0.2	1	1	0.00	0.00
Equinodermata	Estrellas	0.2	14	2	0.00	0.01
TOTAL		165	1206		1.03	0.85

Tabla 7. Composición específica (o por grupo taxonómico) de las capturas en lances realizados a 3, 9 y 17 millas náuticas de distancia de los barcos sísmicos.

Ensamble especies Distancia 3 mn	Frecuencia ocurrencia (Nº lances)	Captura (kg)	Captura (n)	Porcentaje en peso por grupo taxonómico	Porcentaje del total de la captura (2334 kg)
Peces óseos					
<i>Cheilodactylus bergi</i>	3	20	62	0.9	0.9
<i>Genypterus blacodes</i>	1	0.2	2	0.0	0.0
<i>Genypterus brasiliensis</i>	1	0.4	2	0.0	0.0
<i>Helicolenus dactylopterus</i>	5	1410	13858	64.7	60.4
<i>Lophius gastrophysus</i>	1	7.0	1	0.3	0.3
<i>Merluccius hubbsi</i>	5	532	8672	24.4	22.8
<i>Myctophidae</i>	5	15.5	2060	0.7	0.7
<i>Patagonotothen spp</i>	3	0.5	6.0	0.0	0.0
<i>Salilota australis</i>	1	1.7	5	0.1	0.1
<i>Trichurus lepturus</i>	1	32	42	1.5	1.4
<i>Uranoscopus scaber</i>	4	0.7	14	0.0	0.0
<i>Urophycis brasiliensis</i>	3	6.3	17	0.3	0.3
<i>Zenopsis conchifer</i>	1	152	493	7.0	6.5
TOTAL		2178	25234	100	
Peces cartilaginosos					
<i>Atlantoraja cyclophora</i>	1	1.4	1	1.4	0.06
<i>Atlantoraja platana</i>	1	1.4	1	1.4	0.06
<i>Bathyraja albomaculata</i>	1	0.6	1	0.6	0.03
<i>Dipturus chilensis</i>	2	2.2	8	2.3	0.09
<i>Discopyge tschudii</i>	1	1.9	2	1.9	0.08
<i>Psammobatis lentiginosa</i>	4	9.1	36	9.3	0.39
<i>Psammobatis normani</i>	2	1.6	3	1.6	0.07
<i>Rioraja agassizi</i>	1	0.2	1	0.2	0.01
<i>Sympterygia bonapartii</i>	1	3.1	3	3.2	0.13
<i>Squalus spp</i>	4	74	156	75.3	3.15
<i>Schroederichthys bivirus</i>	1	2.6	4	2.7	0.11
TOTAL		98	216	100	
Moluscos					
<i>Eledone spp</i>	1	0.1	2	0.9	0.00
<i>Ilex argentinus</i>	4	9.5	153	86.4	0.41
<i>Loligo sanpaulensis</i>	1	0.8	60	6.8	0.03
<i>Pachycymbiola brasiliana</i>	1	0.3	1	2.7	0.01
<i>Vosseledone charrua</i>	1	0.4	1	3.2	0.01
TOTAL		11	217	100	
Crustáceos / Cnidarios					
Papa de agua	3	39	442	82.75	1.7
Cangrejo rojo	1	7.9	30	16.61	0.3
Centolla	1	0.2	1	0.42	0.0
<i>Libinia spp</i>	1	0.1	1	0.21	0.0
TOTAL		48	474	100	

Ensamble especies Distancia 9 mn	Frecuencia ocurrencia (Nº lances)	Captura (kg)	Captura (n)	Porcentaje en peso por grupo taxonómico	Porcentaje del total de la captura (1381 kg)
Peces óseos					
<i>Cheilodactylus bergi</i>	4	4.15	16	0.36	0.3
<i>Congiopodus peruvianus</i>	1	0.05	1	0.00	0.0
<i>Genypterus blacodes</i>	2	4.2	9	0.36	0.3
<i>Helicolenus dactylopterus</i>	5	791	8919	67.94	57.3
<i>Lopholatilus villarii</i>	1	5	1	0.43	0.4
<i>Merluccius hubbsi</i>	5	337	4240	28.93	24.4
<i>Myctophidae</i>	4	2.4	135	0.21	0.2
<i>Notopogon fernandezianus</i>	1	0.05	1	0.00	0.0
<i>Patagonotothen spp</i>	1	0.91	12	0.08	0.1
<i>Salilota australis</i>	1	0.2	1	0.02	0.0
<i>Urophycis brasiliensis</i>	4	11.0	46	0.94	0.8
<i>Xystreurus rasile</i>	2	1.65	7	0.14	0.1
<i>Zenopsis conchifer</i>	2	6.9	25	0.59	0.5
TOTAL		1164	13413	100	
Peces cartilaginosos					
<i>Bathyraja macloviana</i>	1	0.45	1	0.2	0.03
<i>Dipturus chilensis</i>	4	6	13.0	3.3	0.43
<i>Psammobatis spp</i>	1	0.2	1	0.1	0.01
<i>Psammobatis lentiginosa</i>	5	11.5	47.0	6.2	0.83
<i>Psammobatis normani</i>	1	0.75	1	0.4	0.05
<i>Rioraja agassizi</i>	1	0.3	2	0.2	0.02
<i>Schroederichthys bivius</i>	3	9.6	24.0	5.2	0.70
<i>Squalus sp</i>	5	143	231	77.4	10.33
<i>Sympterygia bonapartii</i>	1	5.5	5	3.0	0.40
<i>Torpedo puelcha</i>	2	7.3	2	4.0	0.53
TOTAL		184	327	100	
Moluscos					
<i>Eledone spp</i>	2	0.6	8	6.1	0.04
<i>Fissurellidea megatrema</i>	1	0.01	1	0.1	0.00
<i>Ilex argentinus</i>	4	8.75	128	88.4	0.63
<i>Loligo sanpaulensis</i>	1	0.05	1	0.5	0.00
<i>Pachycymbiola brasiliana</i>	1	0.2	1	2.0	0.01
<i>Vosseledone charrua</i>	1	0.3	1	3.0	0.02
TOTAL		9.9	140	100	
Crustáceos / Cnidarios					
Papa de agua	3	15.9	155	71.78	1.15
Centolla	1	6.25	7	28.22	0.45
TOTAL		22.2	162	100	

Ensamble	especies	Distancia 17 mn	Frecuencia ocurrencia (Nº lances)	Captura (kg)	Captura (n)	Porcentaje en peso por grupo taxonómico	Porcentaje del total de la captura (1086 kg)
Peces óseos							
	<i>Cheilodactylus bergi</i>		4	305.1	1376	30.5	28.1
	<i>Congiopodus peruvianus</i>		1	0.05	1	0.0	0.0
	<i>Genypterus blacodes</i>		3	5.25	28	0.5	0.5
	<i>Genypterus brasiliensis</i>		2	2.4	2	0.2	0.2
	<i>Helicolenus dactylopterus</i>		4	67.5	741	6.7	6.2
	<i>Lophius gastrophysus</i>		1	8	2	0.8	0.7
	<i>Merluccius hubbsi</i>		5	516	6993	51.6	47.6
	Myctophidae		1	0.2	2	0.0	0.0
	<i>Paralichthys isosceles</i>		1	0.4	1	0.0	0.0
	<i>Patagonotothen spp</i>		2	0.75	7.0	0.1	0.1
	<i>Stromateus brasiliensis</i>		1	0.4	2	0.0	0.0
	<i>Thyrsitops lepidopoides</i>		1	0.2	1	0.0	0.0
	<i>Trachurus lathami</i>		1	0.05	1	0.0	0.0
	<i>Trichurus lepturus</i>		2	32.4	63.0	3.2	3.0
	<i>Urophycis brasiliensis</i>		2	21	25.0	2.1	1.9
	<i>Xystreurys rasile</i>		3	3.9	16	0.4	0.4
	<i>Zenopsis conchifer</i>		2	37.6	120.0	3.8	3.5
	TOTAL			1002	9381	100	
Peces cartilaginosos							
	<i>Atlantoraja cyclophora</i>		1	0.85	1	1.7	0.08
	<i>Bathyraja macloviana</i>		1	0.6	2	1.2	0.06
	<i>Dipturus chilensis</i>		2	0.8	4	1.6	0.07
	<i>Discopyge tschudii</i>		2	3.25	4	6.4	0.30
	<i>Psammobatis lentiginosa</i>		3	6.85	25.0	13.4	0.63
	<i>Psammobatis normani</i>		2	1.9	7	3.6	0.17
	<i>Rioraja agassizi</i>		1	0.3	1	0.6	0.03
	<i>Schroederichthys biviuis</i>		3	4.05	9	7.9	0.37
	<i>Squalus sp</i>		4	31	48.0	60.8	2.86
	<i>Sympterygia bonapartii</i>		2	1.4	2.0	2.7	0.13
	TOTAL			51.0	103	100	
Moluscos							
	<i>Eledone spp</i>		2	0.15	3.0	0.8	0.0
	<i>Illex argentinus</i>		4	18.75	494.0	95.2	1.7
	<i>Loligo sanpaulensis</i>		1	0.8	145	4.1	0.1
	TOTAL			19.7	642	100	
Crustáceos / Cnidarios							
	Cangrejo rojo		1	0.3	1	2.3	0.03
	Centolla		3	1.7	4.0	13.2	0.16
	Papa de agua		2	10.9	12.0	84.5	1.00
	TOTAL		6	12.9	17	100	

Tabla 8. Porcentaje de ejemplares de merluza con contenido en su estómago (sin digerir, digerido identificable y digerido sin identificar) y estómagos vacíos por lance de pesca y distancia al barco de sísmica.

Lance	Distancia (mn)	% Estómagos con contenido			% Estómagos Vacíos
		sin digerir	digerido e identificable	no identificable	
1a	4	0	0	27	73
2a	9	0	0	5	95
3a	17	26	35	2	36
4a	25	3	5	9	82
5a	3	0	0	9	91
6a	3	0	0	21	79
7a	9	0	2	6	92
8a	17	0	1	23	76
1b	19	0	2	1	96
2b	13	0	3	3	94
3b	25	0	2	13	85
4b	26	0	0	44	56
5b	21	0	2	52	46
8b	17	0	5	73	22
9b	3	0	2	47	51
10b	10	0	0	52	48
12b	16	0	1	87	13
13b	4	0	3	55	42
14b	3	0	0	73	27
15b	11	1	2	49	48
16b	17	0	0	35	65
19b	9	0	0	72	28
21b	25	0	0	22	78

Tabla 9. Porcentaje de peces e invertebrados encontrados en el contenido estomacal de los individuos de merluza muestreados.

Lance	Peces	Invertebrados
1a	78	22
2a	67	33
3a	88	12
4a	50	50
5a	57	43
6a	50	50
7a	44	56
8a	5	95
1b	62	38
2b	0	100
3b	67	33
4b	97	3
5b	78	22
8b	78	22
10b	24	76
11b	89	11
13b	86	14
14b	19	81
15b	22	78
16b	14	86
17b	87	13
20b	74	26
22b	41	59

Tabla 10. Abundancia (N de Individuos) promedio y desvío estándar (DS) de aves marinas registradas durante los muestreos de transecta y de aves asociadas a las maniobras de pesca.

Especie	Muestreo de Transecta		Aves asociadas a la pesca					
	Media	DS	Calado		Arrastre		Virado	
			Media	DS	Media	DS	Media	DS
<i>Diomedea exulans sensu lato</i>	0.01	0.12	-	-	-	-	0.04	0.20
<i>Thalassarche cauta/steady</i>	-	-	-	-	-	-	0.04	0.20
<i>Thalassarche melanophrys</i>	0.01	0.12	0.12	0.43	-	-	0.04	0.20
<i>Thalassarche chlororhynchus</i>	4.11	17.12	80.62	122.95	40.58	54.76	116.50	183.35
<i>Procellaria sp.</i>	0.11	0.39	0.04	0.20	0.04	0.20	0.00	0.00
<i>Procellaria conspicillata</i>	0.27	0.96	5.23	6.56	3.04	3.92	12.46	16.98
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	0.09	0.37	0.69	1.16	0.54	0.90	0.73	0.83
<i>Pterodroma incerta</i>	0.32	1.03	0.50	1.42	1.77	6.84	0.42	0.90
<i>Calonectris diomedea</i>	0.19	0.54	0.50	2.16	0.12	0.43	0.12	0.43
<i>Puffinus gravis</i>	1.79	7.73	37.42	56.16	20.15	29.12	80.88	99.42
<i>Puffinus griseus</i>	0.03	0.16	0.00	0.00	0.08	0.27	0.00	0.00
<i>Oceanites oceanicus</i>	0.03	0.23	0.12	0.33	0.35	0.75	0.15	0.46
<i>Fregetta sp</i>	-	-	0.04	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Stercorarius sp.</i>	0.04	0.20	0.23	0.71	0.35	1.02	0.38	0.98
<i>Catharacta sp.</i>	0.01	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Larus sp.</i>	0.01	0.12	0.04	0.20	0.04	0.20	0.00	0.00

Tabla 11. Resultado de la aplicación de los Modelos Lineales Generalizados para la abundancia (Binomial negativo) y riqueza (Poisson) de aves marinas con relación a la distancia al buque de prospección y la profundidad. Cuando se encontró una relación con alguno de los factores se muestra el modelo final luego de eliminar el término no significativo mediante el Likelihood Ratio Test. Los coeficientes estimados significativos son mostrados en negrita.

	Abundancia	Estimador	Error Standard	Z-valor	P-valor
Calado	Intercepto	3.17	0.14	23.35	<0.01
	Profundidad	0.28	0.13	2.09	0.037
Arrastre	Intercepto	3.32	0.17	19.27	<0.01
	Distancia al buque	0.08	0.20	0.39	0.699
	Profundidad	0.12	0.20	0.58	0.564
Virado	Intercepto	3.70	0.15	24.85	<0.01
	Profundidad	0.29	0.14	2.01	0.045
	Riqueza de Especies				
Calado	Intercepto	1.28	0.10	12.28	<2e-16
	Distancia al buque	0.12	0.13	0.94	0.346
	Profundidad	0.12	0.11	1.07	0.286
Arrastre	Intercepto	1.24	0.45	2.74	0.006
	Distancia al buque	0.01	0.01	0.44	0.6586
	Profundidad	0.00	0.00	0.18	0.8567
Virado	Intercepto	1.15	0.45	2.58	0.01
	Distancia al buque	0.01	0.01	0.45	0.65
	Profundidad	0.00	0.00	0.43	0.667

Tabla 12. Resultado de la aplicación de los Modelos Lineales Generalizados para la abundancia (Trasformada Log_{10}) de mamíferos marinos en relación a la distancia al buque de prospección y la profundidad. Los coeficientes estimados significativos son mostrados en negrita.

	Estimador	Error Standard	Z-valor	P-valor
Intercepto	1.03	0.23	4.57	<0.01
Distancia al barco	0.59	0.27	2.21	0.048
Profundidad	-0.04	0.27	-0.17	0.869

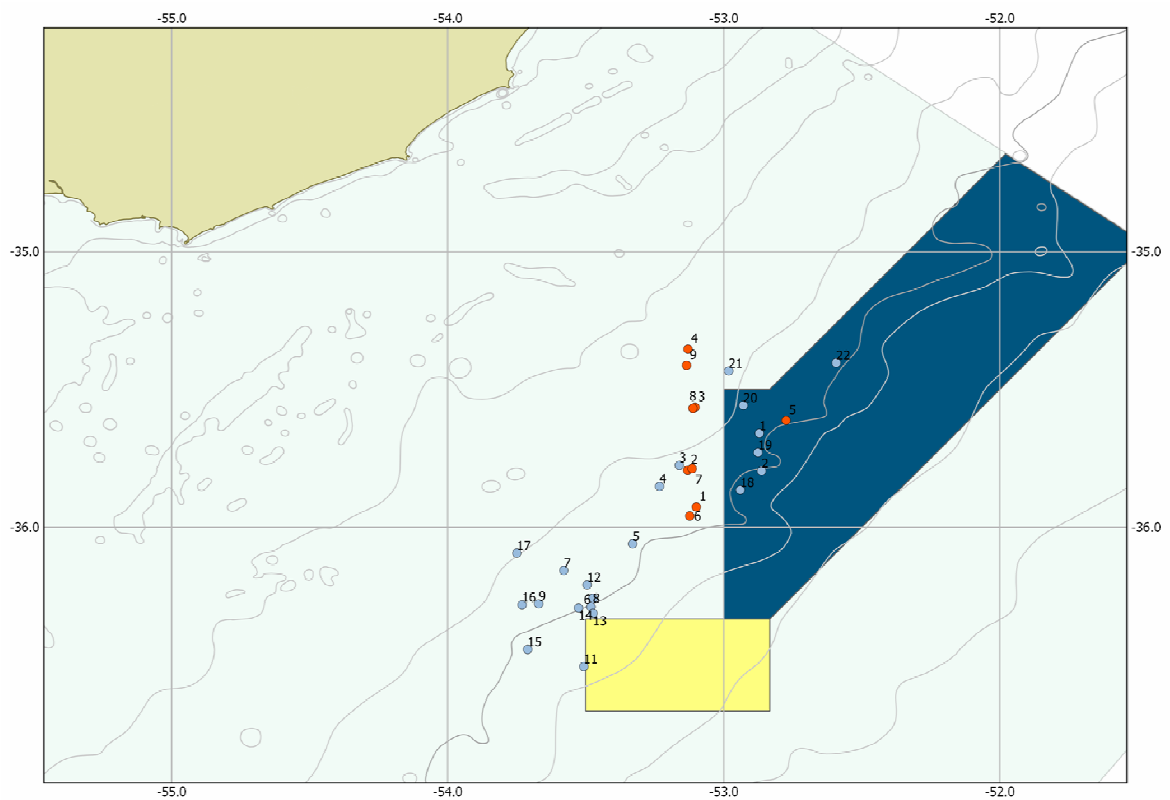


Figura 1. Área de estudio. Se muestran los bloques 12 (azul) y 8 (amarillo) definidos por ANCAP para la segunda ronda de prospección sísmica dentro de los cuales operaron los buques *Ramform Vanguard* y *Polarcus Amani*, respectivamente. Los puntos rojos y celestes corresponden a cada uno de los lances y estaciones oceanográficas del *Aldebarán* en las campañas 2014/01 y 2014/02, respectivamente.

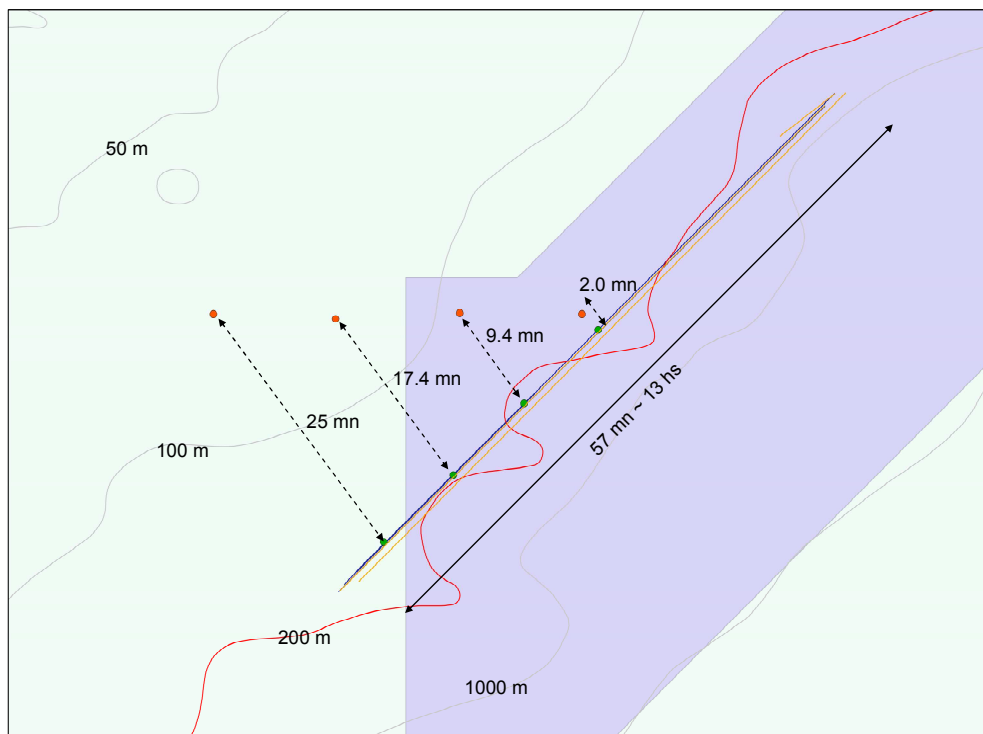


Figura 2. Operativa del B/I “Aldebaran”. En verde se observa la posición del buque de prospección sísmica y en rojo se ubican los lances de pesca a distancias de 3, 9, 17 y 25 millas náuticas con relación a la fuente de sonido.

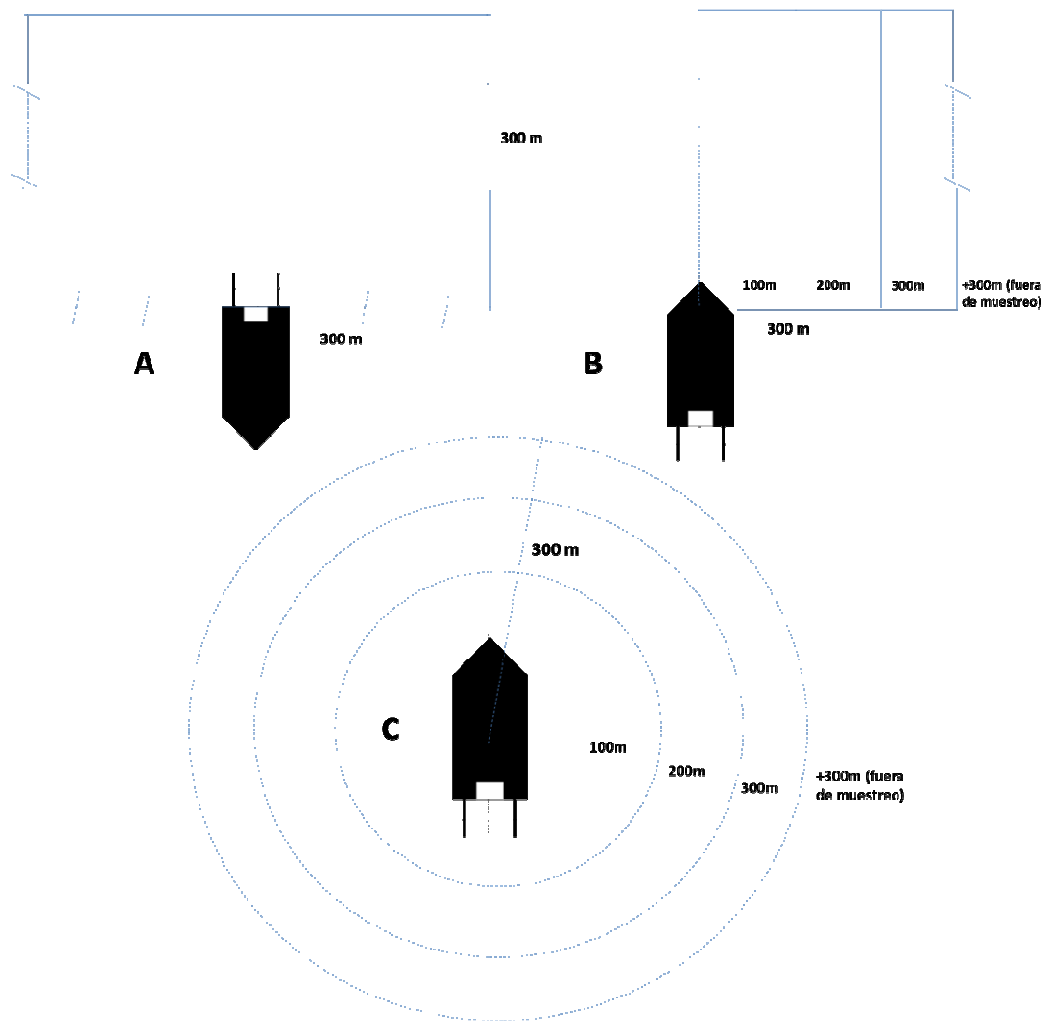


Figura 3. Metodología de muestreo utilizada para cuantificar la abundancia de aves y mamíferos marinos. A) Conteos durante el calado, el arrastre y el virado del arte. B) Transectas por bandas durante la navegación. C) Muestreos de punto usando bandas concéntricas.

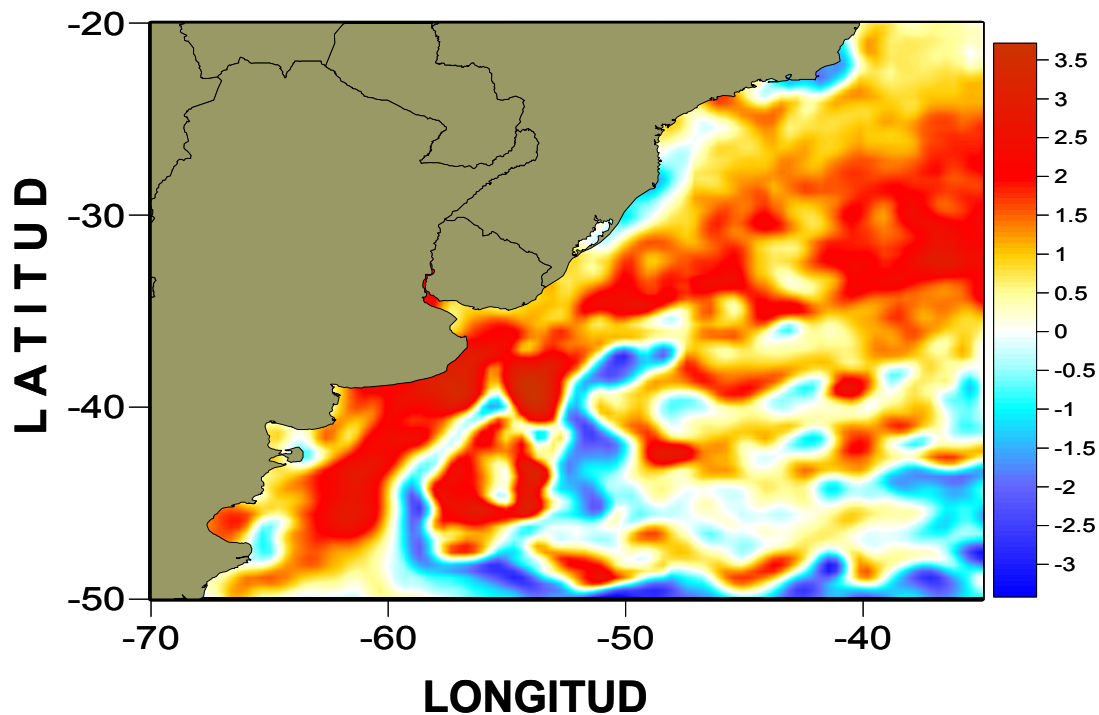


Figura 4. Imagen de la temperatura superficial del mar del día 6 de marzo de 2014 construida a partir de “SST, Blended, Optimun interpolation (OI), Ver. 2, NCDC AVHRR, 0.25 degree.” Datos tomados de NOAA NCDC.

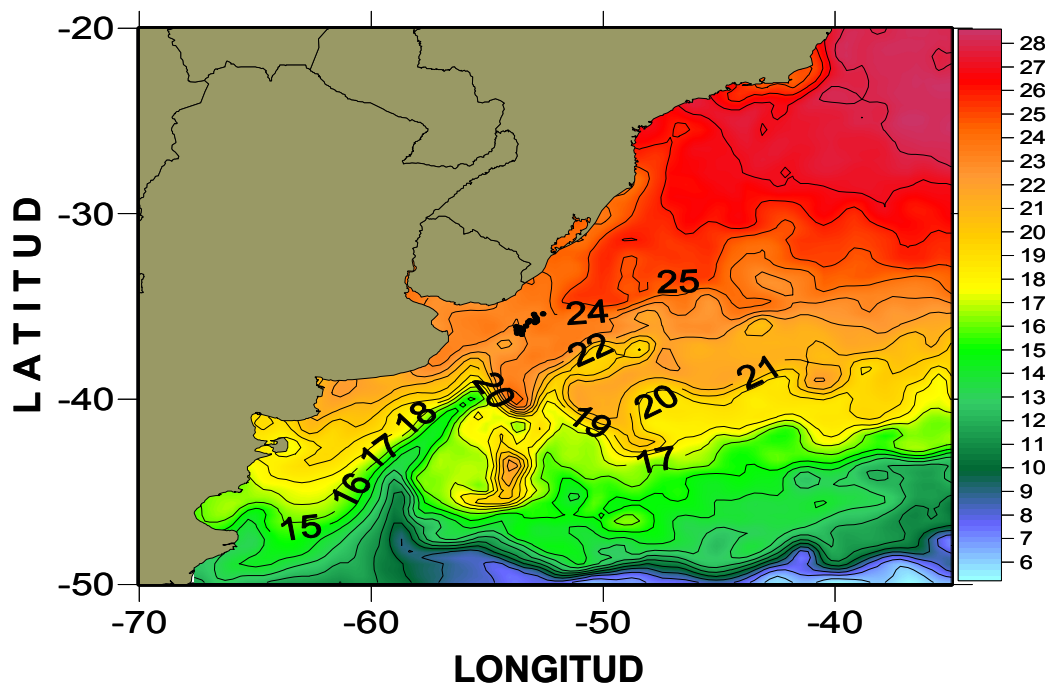


Figura 5. Imagen de la anomalía de temperatura superficial del mar del día 6 de marzo de 2014 construida a partir de “SSTA, Blended, Optimun interpolation (OI), Ver. 2, NCDC AVHRR, 0.25 degree.” Datos tomados de NOAA NCDC.

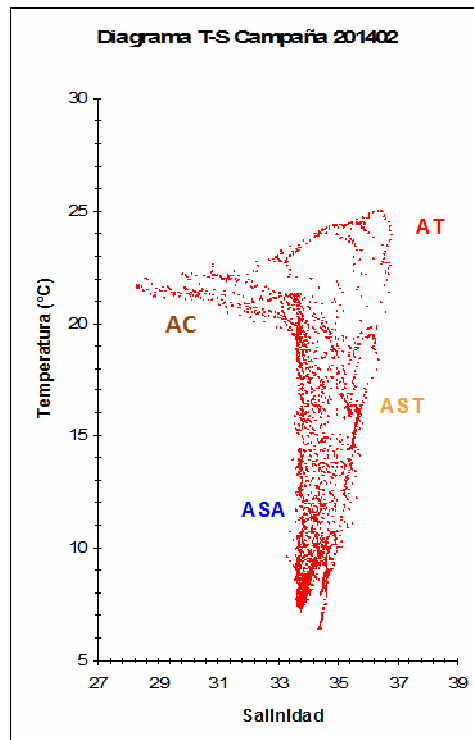


Figura 6. Diagrama T-S. Aguas Tropicales (AT); Aguas Subtropicales (AST); Aguas Subantárticas (ASA) y Aguas Costeras (AC) provenientes de la pluma del Río de la Plata.

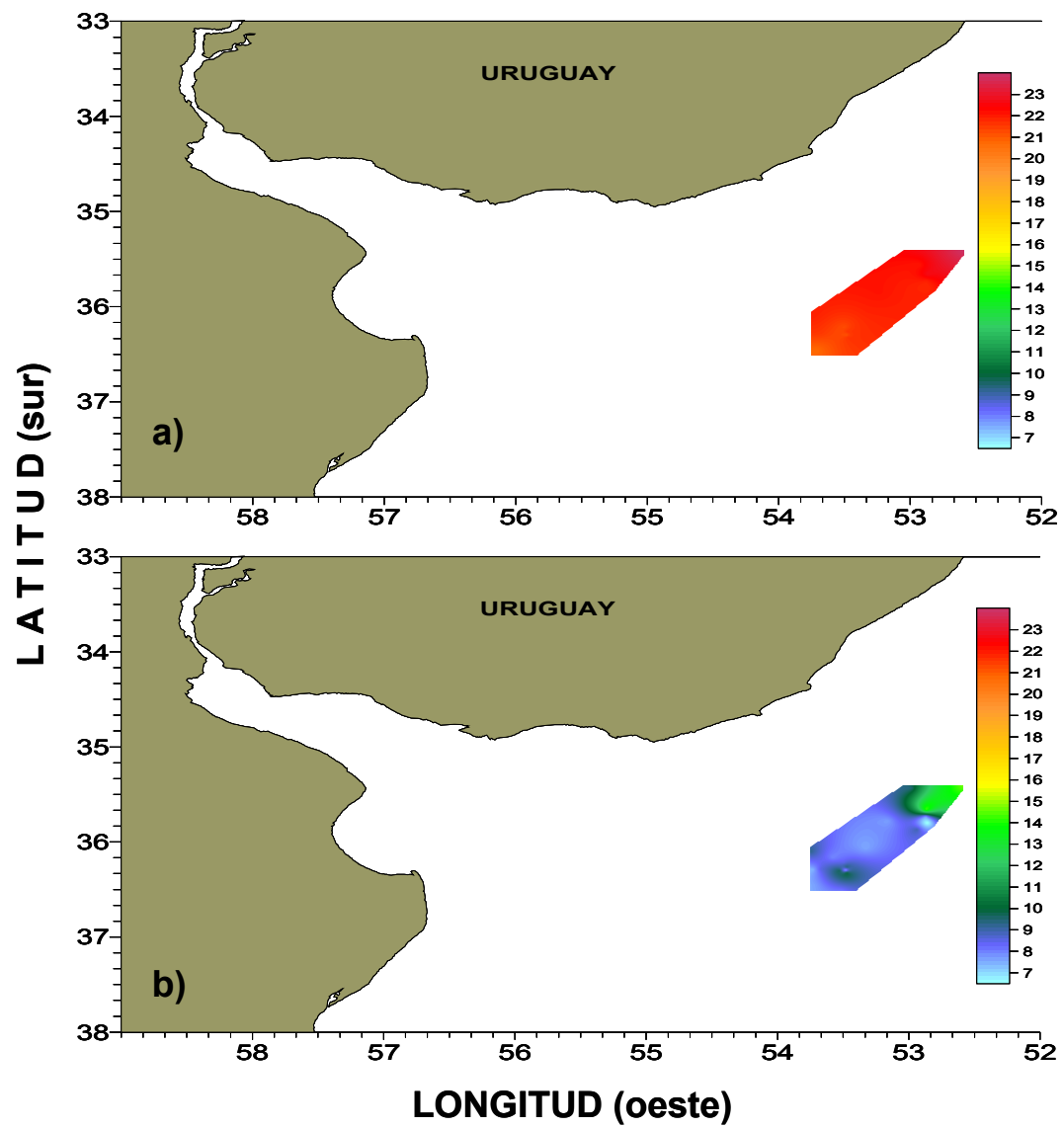


Figura 7. Distribución horizontal de la temperatura (°C) en superficie (a) y fondo (b).

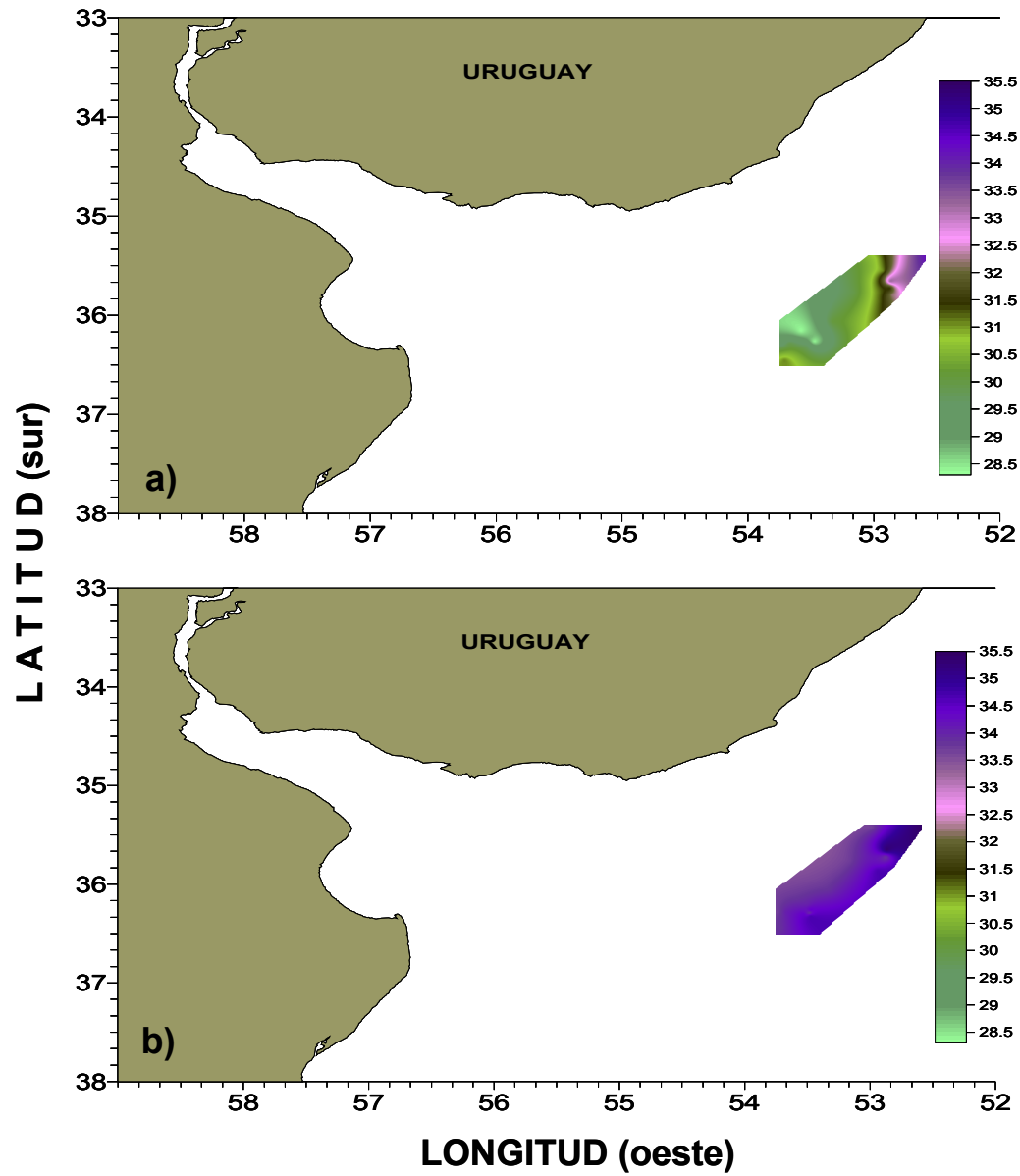


Figura 8. Distribución horizontal de la salinidad en superficie (a) y fondo (b).

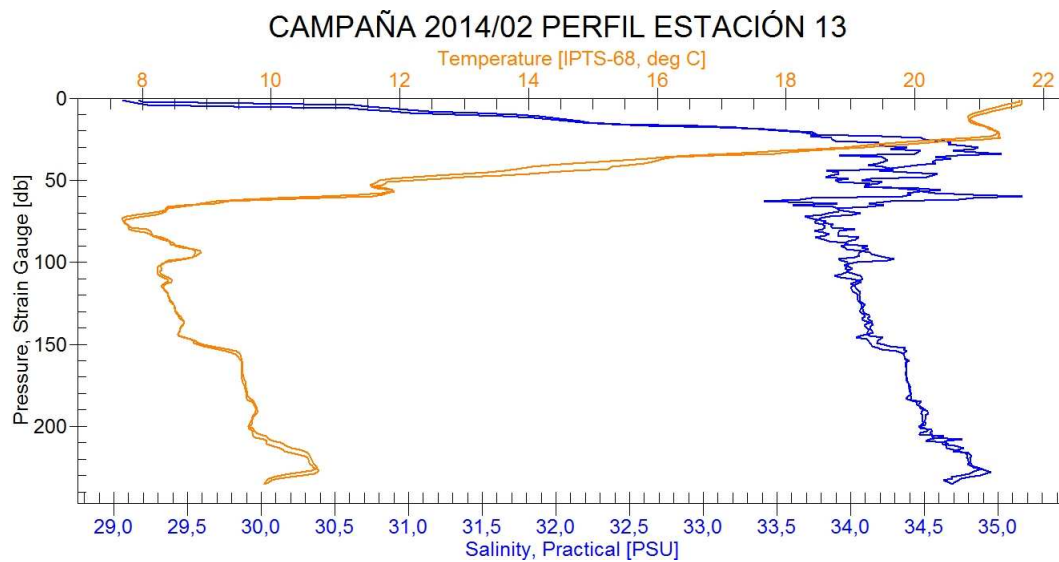


Figura 9. Perfil de salinidad y temperatura de la estación 13.

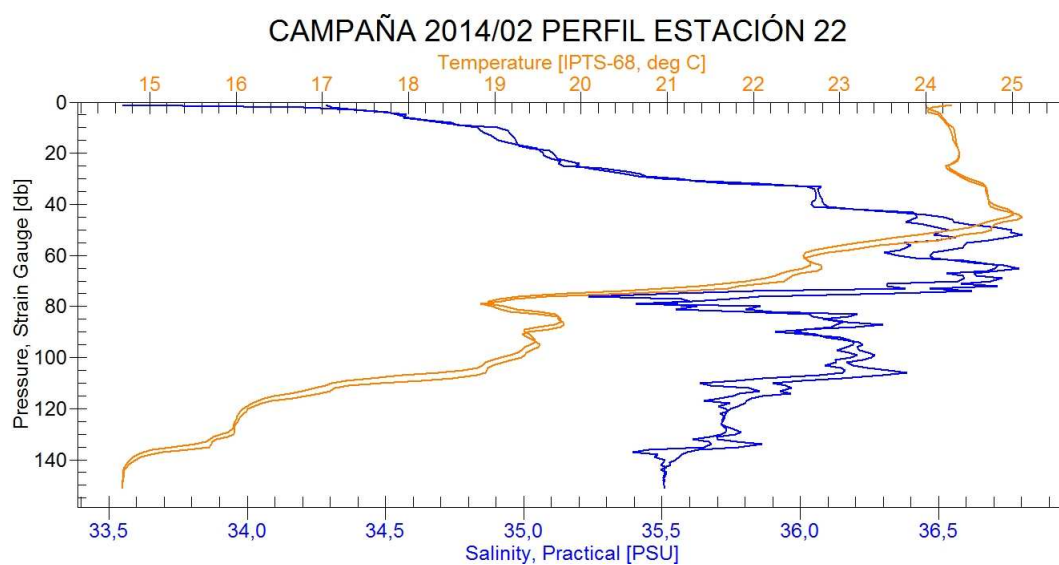


Figura 10. Perfil de salinidad y temperatura de la estación 22.

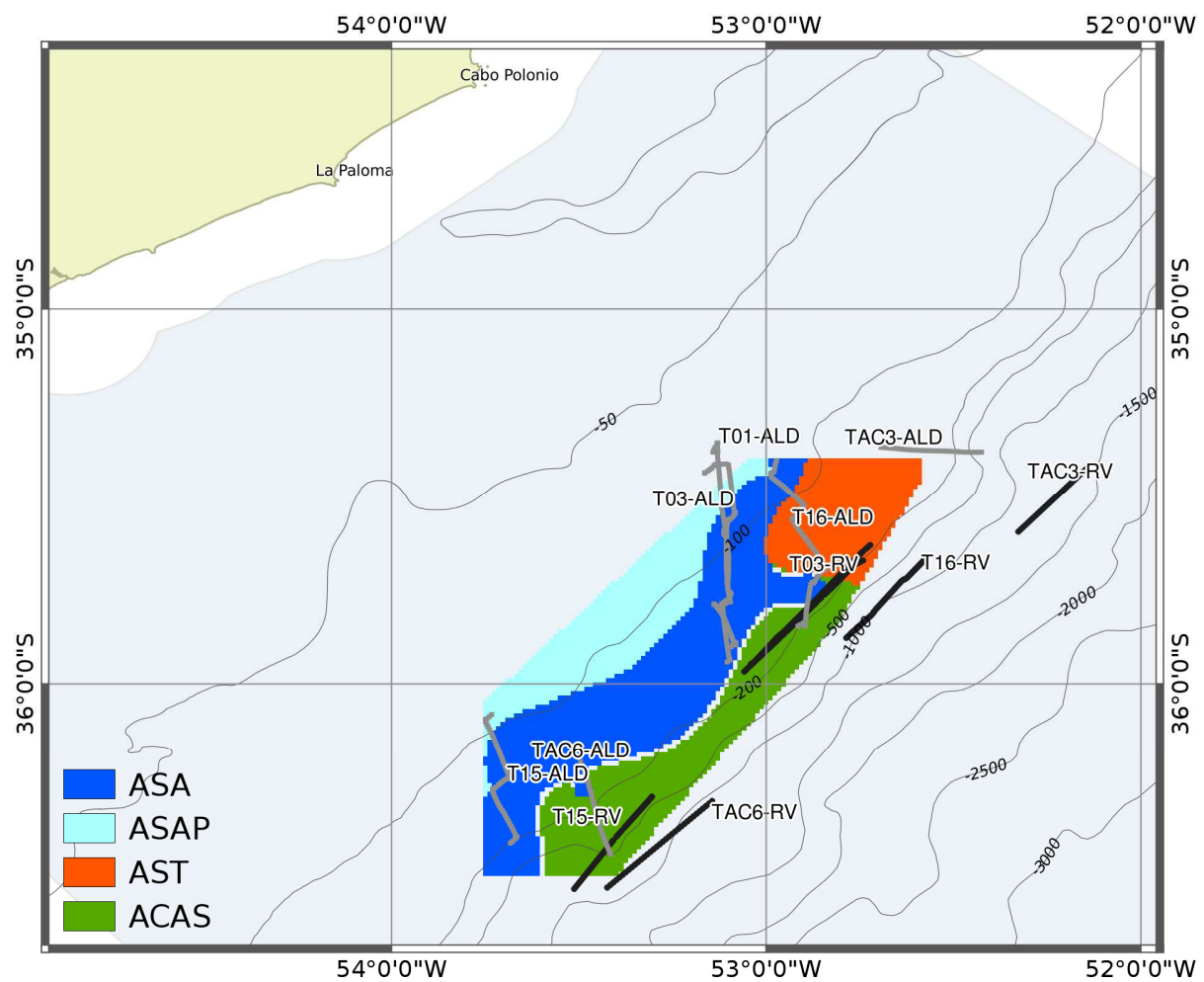


Figura 11. Transectas seleccionadas para el análisis de los registros hidroacústicos. En gris se muestra la derrota del B/I “Aldebaran” (ALD) y en negro la derrota correspondiente al B/S *Ramform Vanguard* (RV). Se muestran las masas de agua registradas en el fondo: Agua Subantártica (ASA), Agua Subantártica de Plataforma (ASAP), Agua Subtropical (AST) y Agua Central del Atlántico Sur (ACAS).

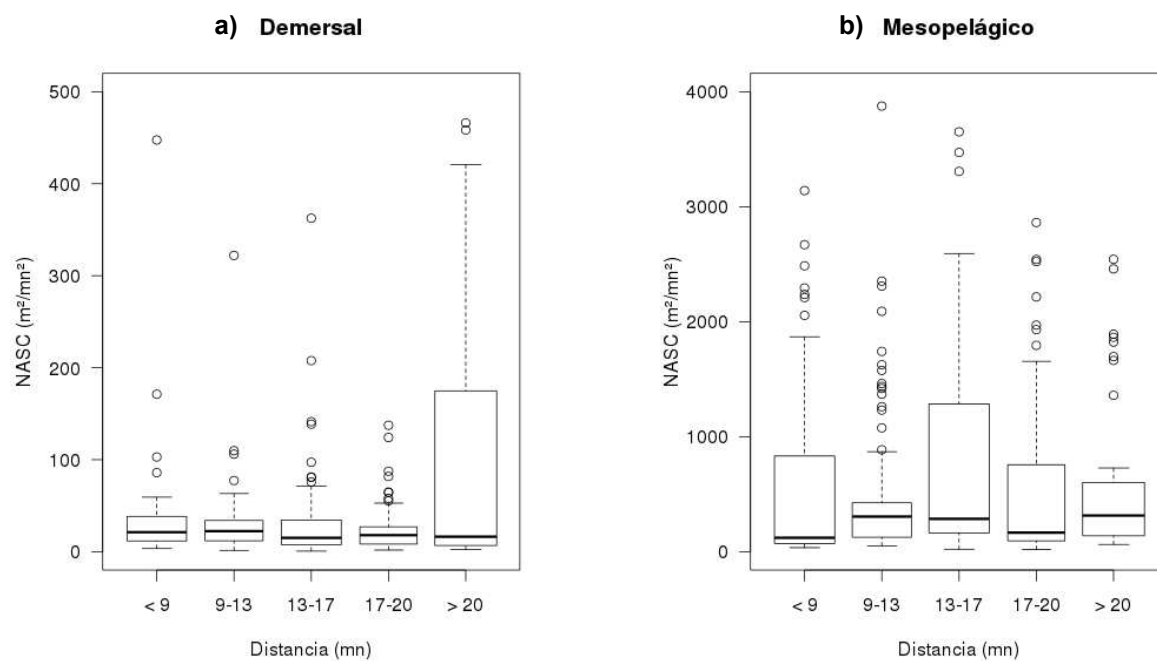


Figura 12. Densidad relativa de peces estimada por métodos acústicos [Nautical Area Scattering Coefficient (NASC)] con respecto a la distancia al B/S “*Ramform Vanguard*” para las capas demersal (a) y mesopelágica (b).

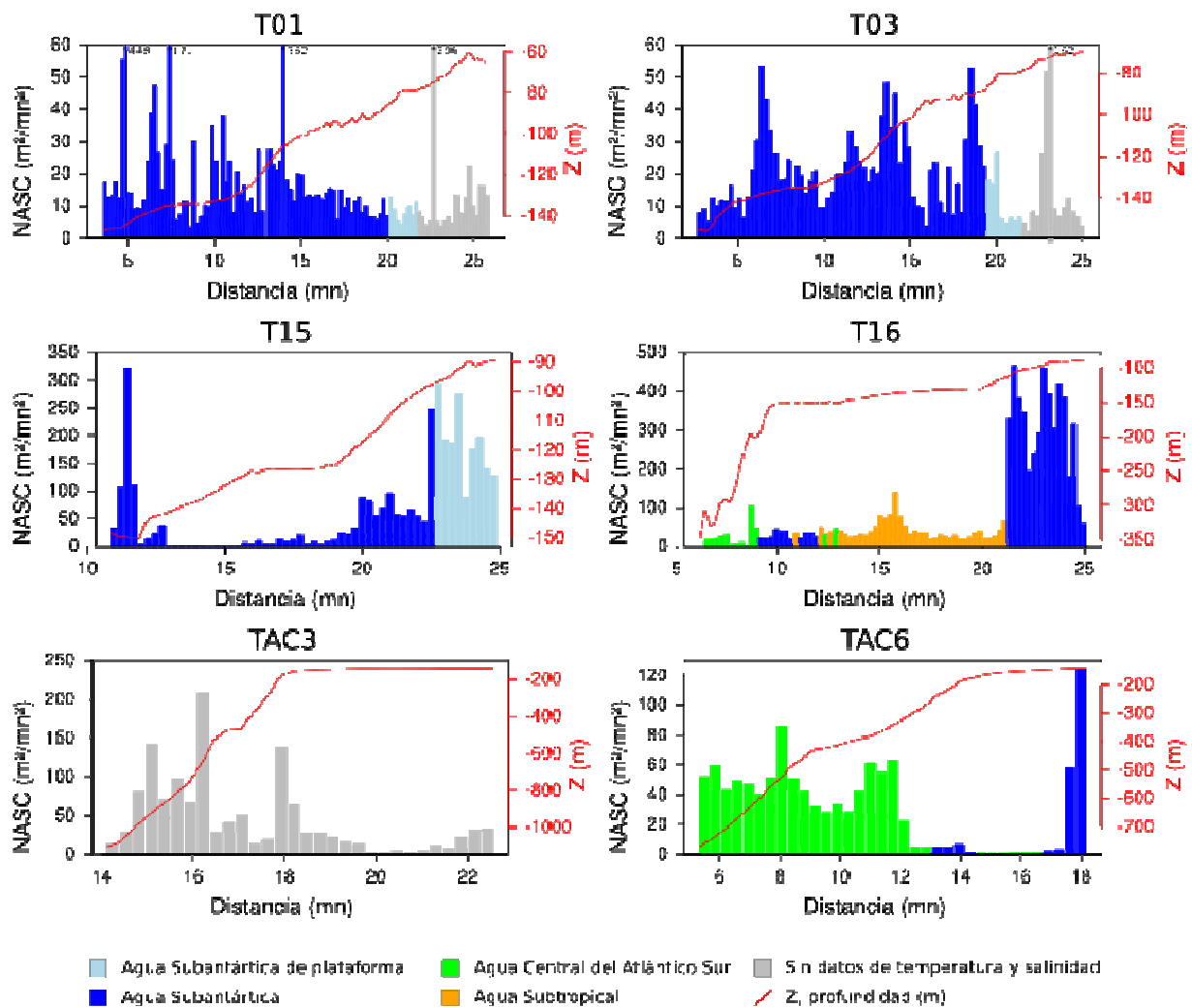


Figura 13. Variación del coeficiente de retrodispersión acústica (NASC) en función de la distancia a la fuente de disparos sísmicos para la capa demersal de las transectas seleccionadas. Se presentan las masas de agua registradas en el fondo y el perfil de profundidad (m) en el eje secundario.

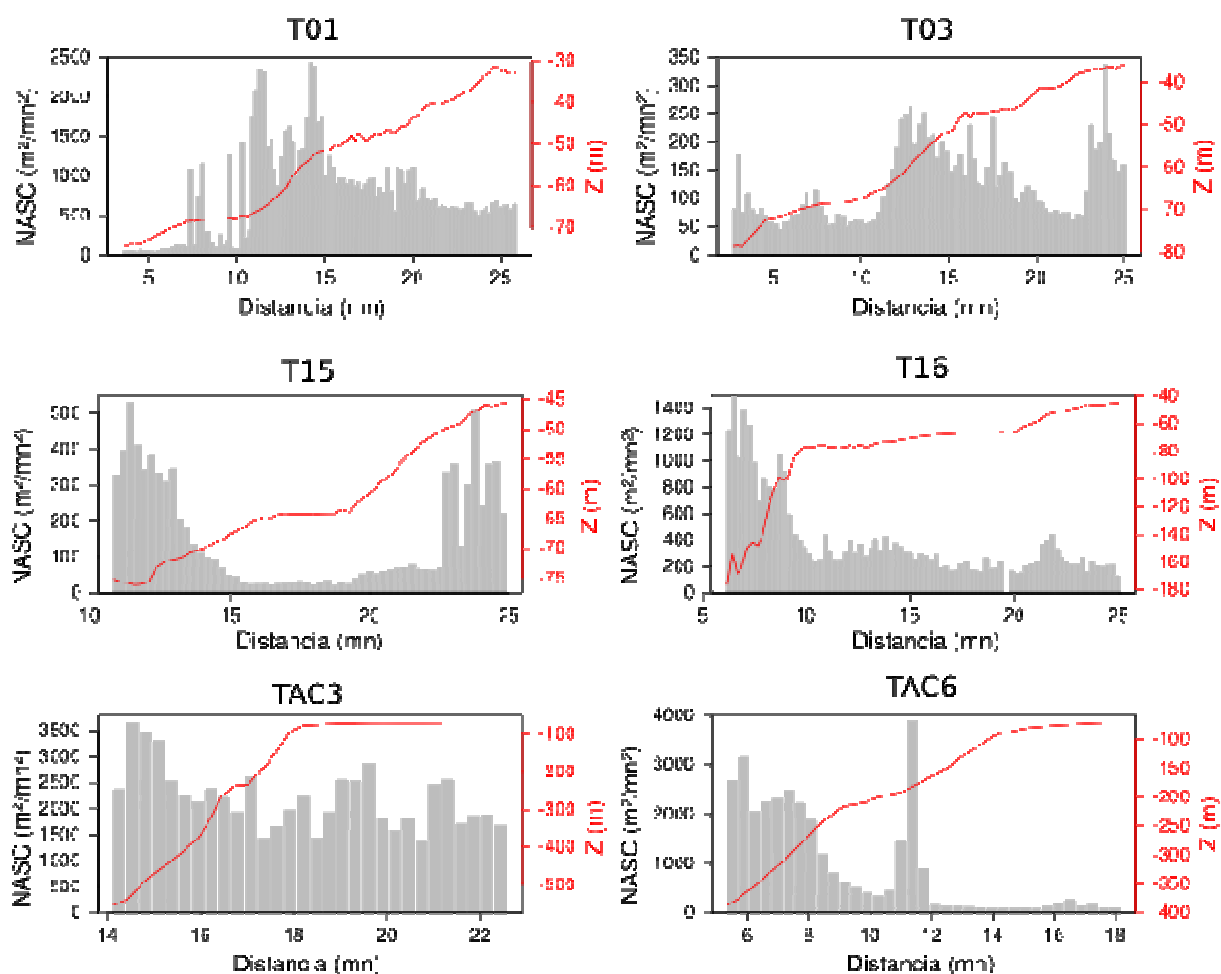


Figura 14. Variación del coeficiente de retrodispersión acústica (NASC) en función de la distancia a la fuente de disparos sísmicos para la capa mesopelágica de las transectas seleccionadas para su análisis. Se presenta el perfil de profundidad (m) en el eje secundario.

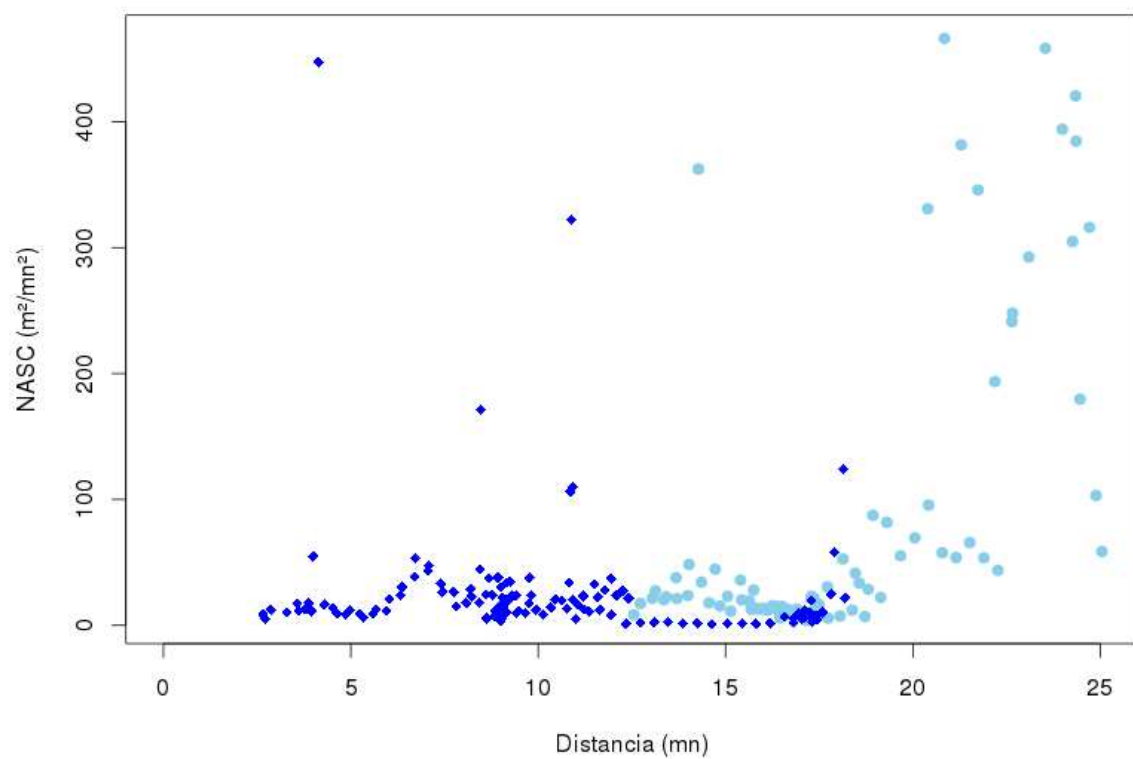


Figura 15. Relación entre el coeficiente de retrodispersión acústica (NASC) y la distancia con respecto al B/S *Ramform Vanguard*. Los valores acotados entre los 80-120 m se muestran en celeste y en azul los valores comprendidos entre los 120-160 m de profundidad.

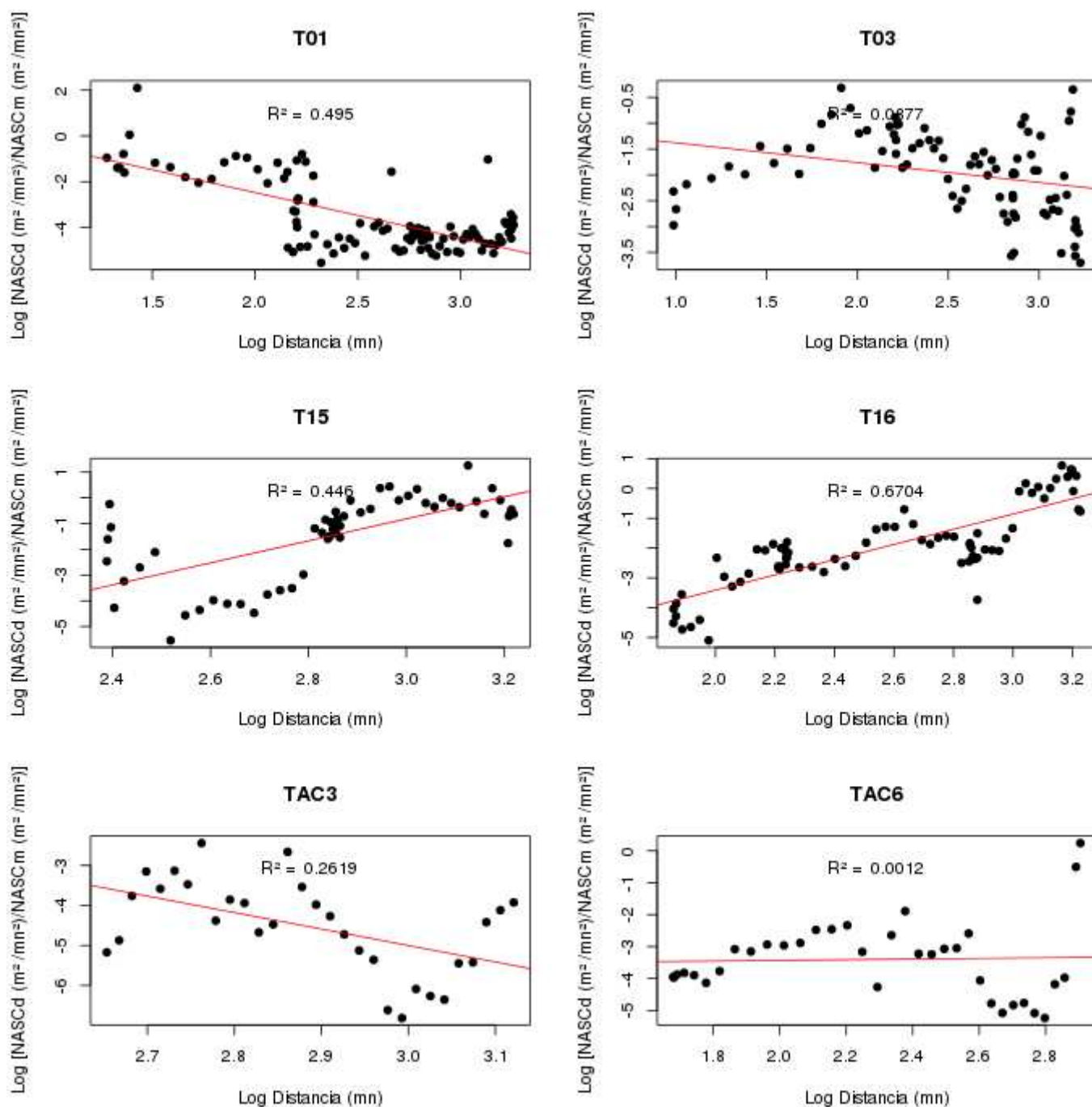


Figura 16. Variación de la relación del coeficiente de retrodispersión acústica (NASC) entre las dos capas de profundidad (demersal y mesopelágica) y la distancia a la fuente de disturbio para cada transecta acústica seleccionada.

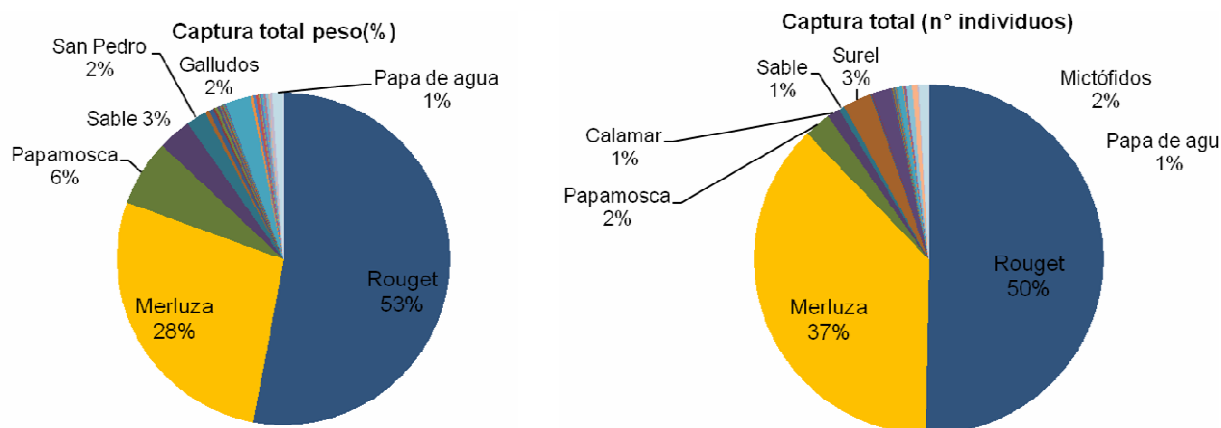


Figura 17. Porcentajes por especie de la captura en peso y número de individuos obtenidos en las dos campañas realizadas por el B/I Aldebarán

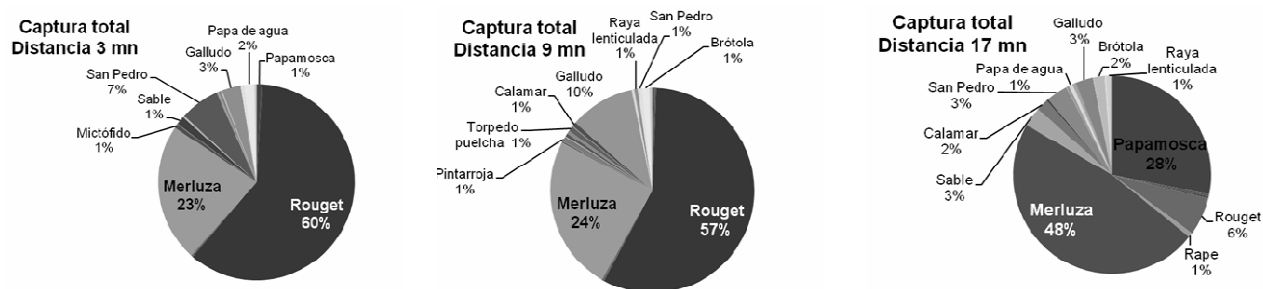


Figura 18. Composición por especie o grupo de especies de la captura en cada una de las áreas asignadas respecto a la posición del buque sísmico. Se presentan las especies con valores de captura mayor a 1 % en el total de la captura para cada área.

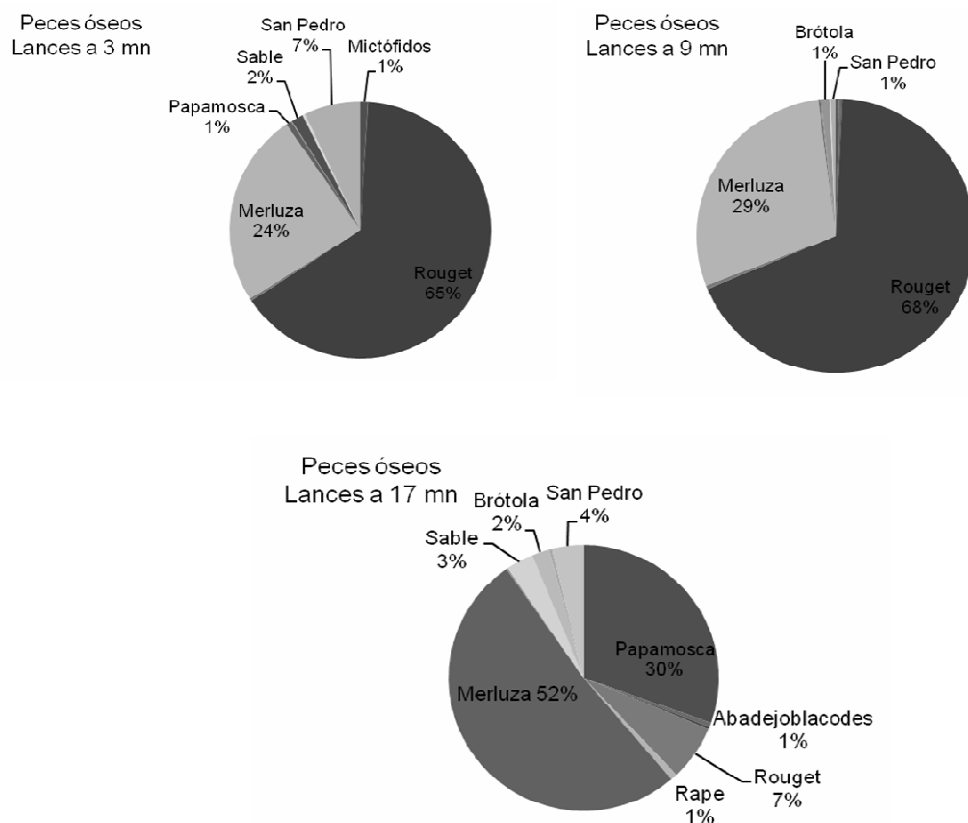


Figura 19. Composición por especie o grupo de especies de la captura de peces óseos para cada una de las áreas. Se presentan las especies con valores de captura mayor a 1 % en el total de la captura para cada área.

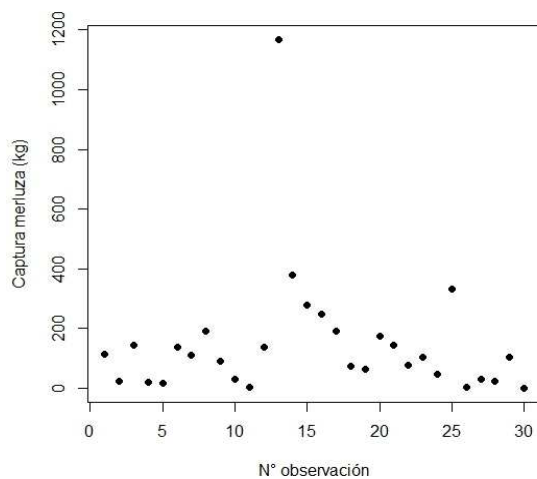


Figura 20. Captura de merluza (kg) por lance de pesca registrado en ambas campañas realizadas por el B/I “Aldebaran”. Se observa un valor de captura máximo en el lance 4b.

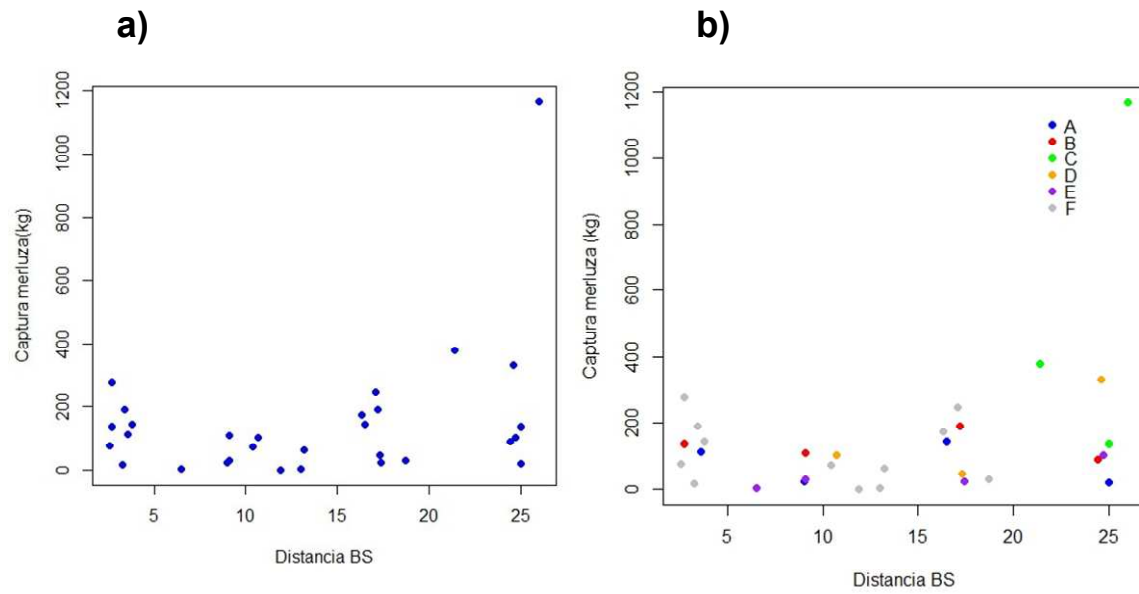


Figura 21. Relación entre la captura de merluza (kg) y la distancia al barco de sismica (mn) para todos los lances (a) y por transecta (b).

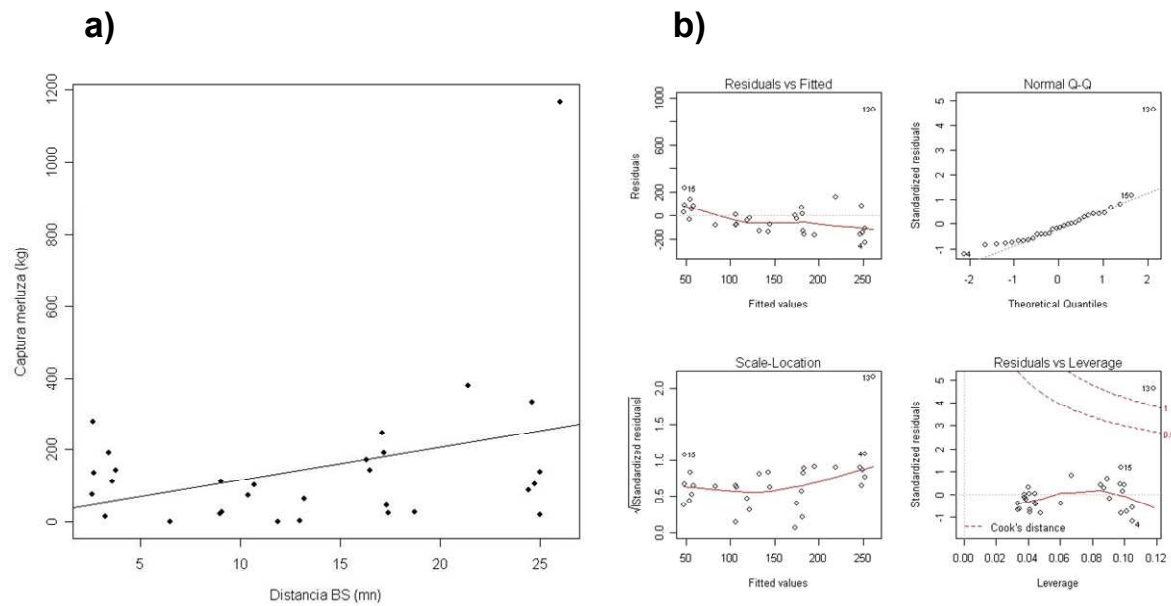


Figura 22. Relación entre la captura de merluza y la distancia al barco de sismica. Modelo con valor máximo de captura. (a) Análisis de los residuos del modelo de regresión lineal simple (b)

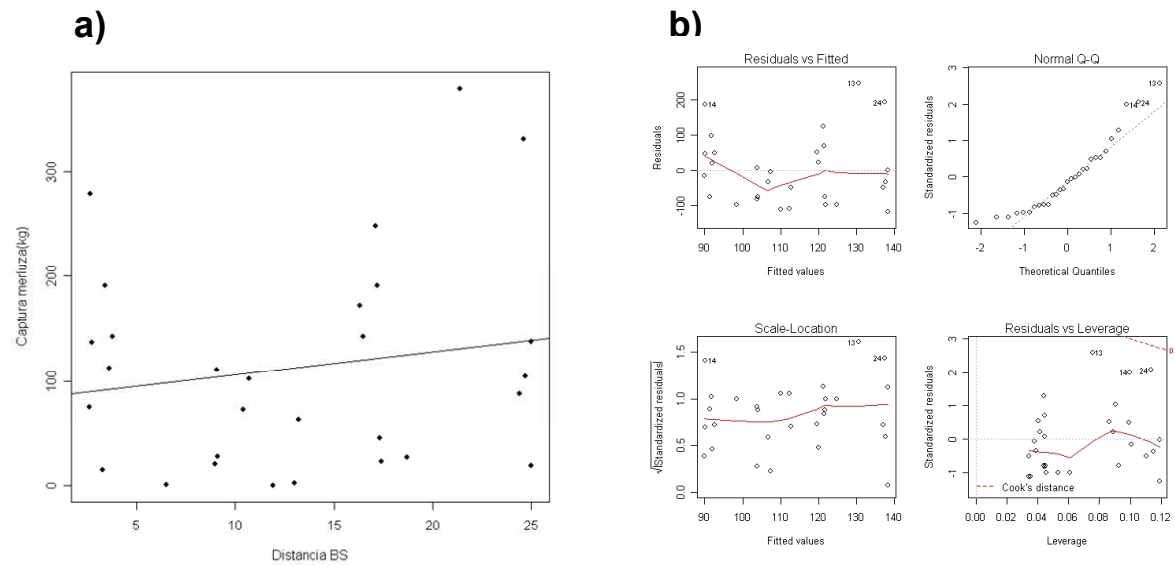


Figura 23. Relación entre la captura de merluza y la distancia al barco de sísmica. Modelo sin el valor máximo de captura (a) Análisis de los residuos del modelo de regresión lineal simple (b).

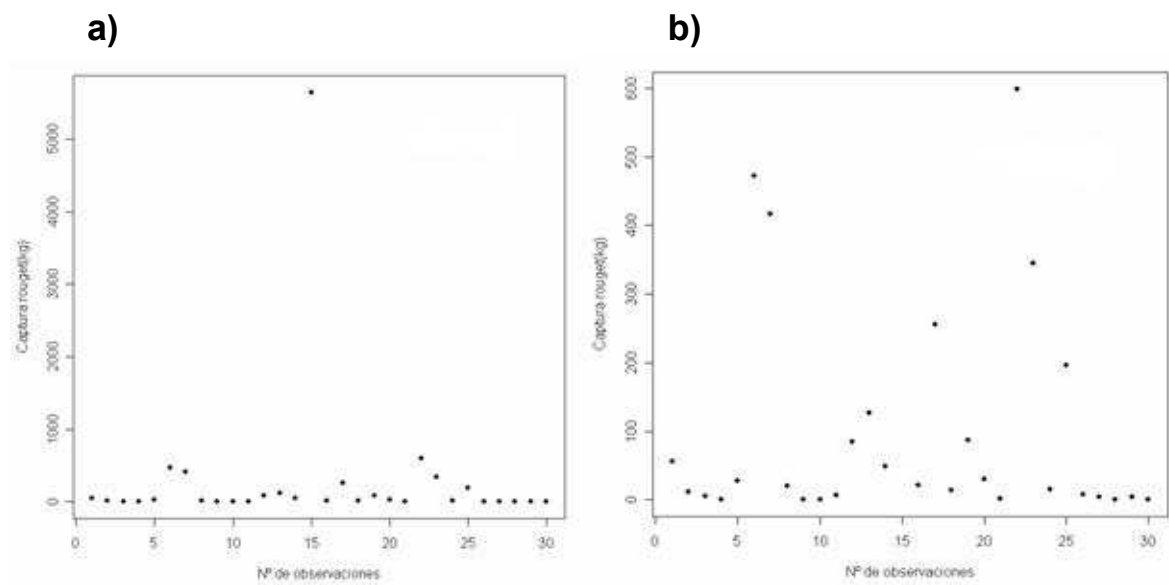


Figura 24. Captura de rouget (kg) por lance de pesca. Con valor de captura máximo en el lance 6b (a), sin dicho valor (b).

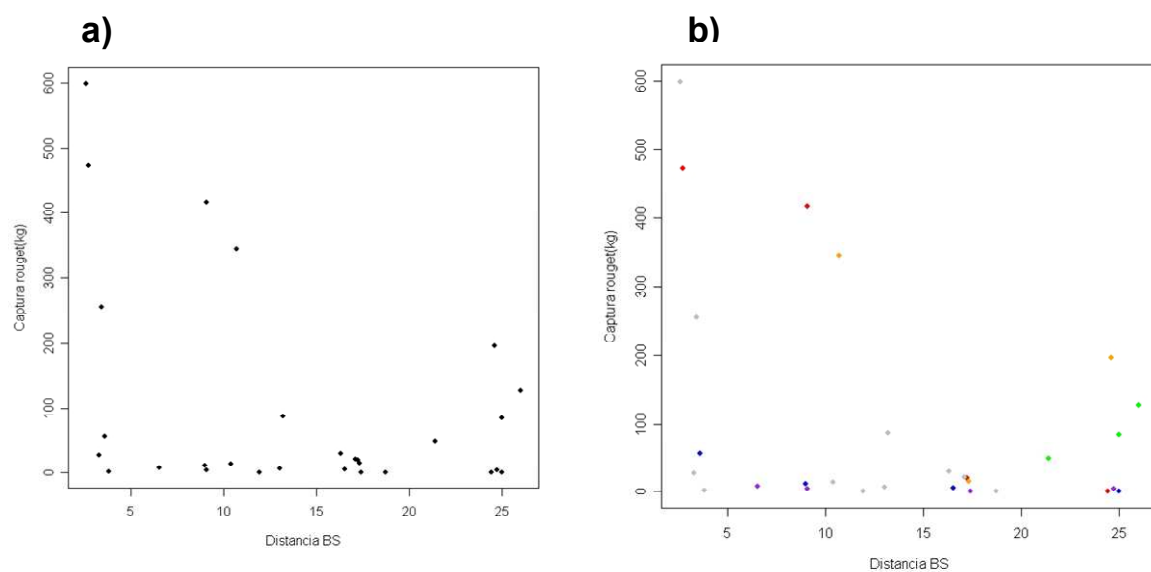


Figura 25. Relación entre la captura de rouget (kg) y la distancia al barco de sísmica (mn) para todos los lances (a) y por transecta (b). El valor de captura máxima de rouget (5649 kg) no se incluye en ambos gráficos.

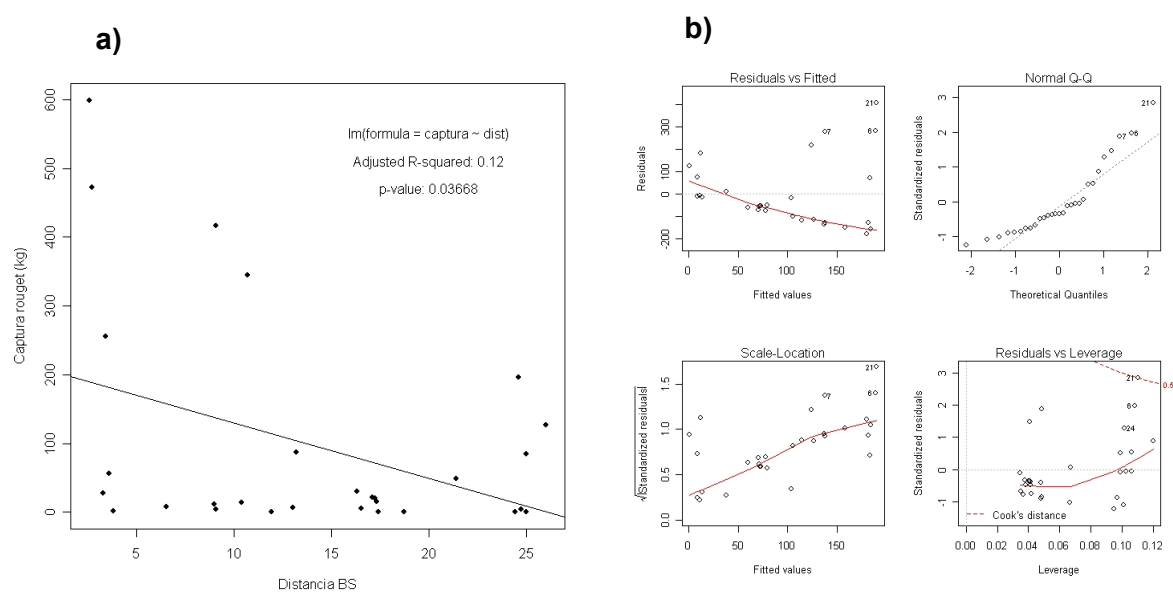


Figura 26. Relación entre la captura de rouget y la distancia al barco de sísmica (a). Análisis de los residuos del modelo de regresión lineal simple (b).

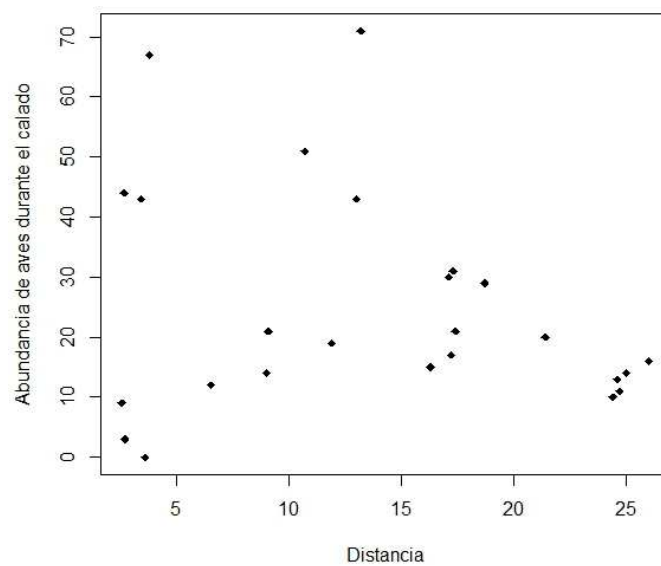


Figura 27. Abundancia (N de individuos) de aves durante el calado del arte de pesca en función de la distancia al buque de prospección (millas náuticas).

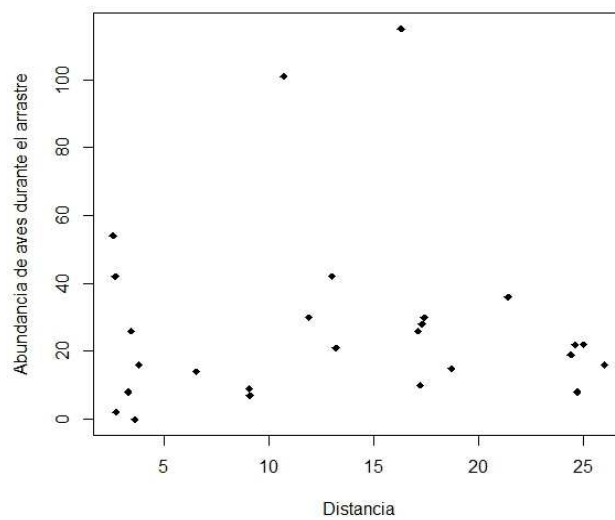


Figura 28. Abundancia (N de individuos) de aves durante el arrastre del arte en función de la distancia al buque de prospección (millas náuticas).

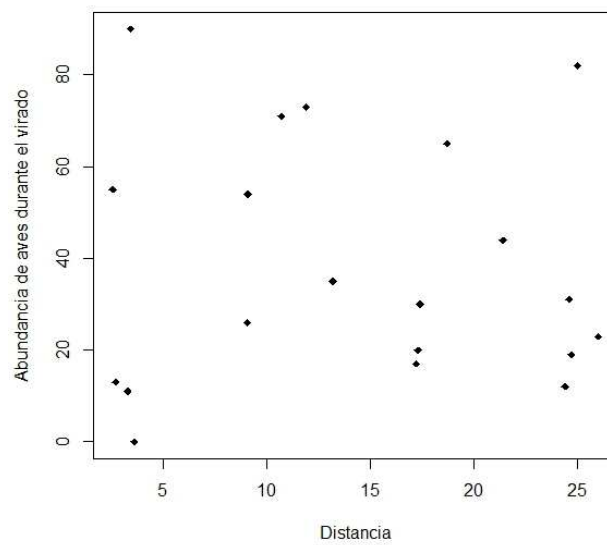


Figura 29. Abundancia (N de individuos) de aves durante el virado del arte en función de la distancia al buque de prospección (millas náuticas).

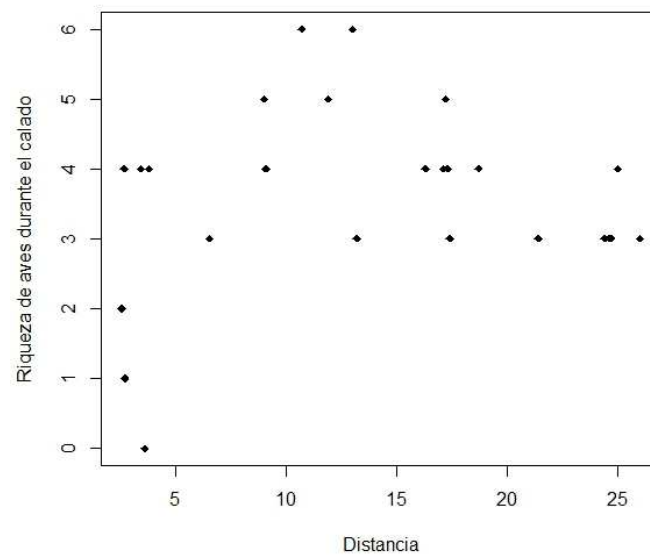


Figura 30. Riqueza (N de especies) de aves durante el calado del arte de pesca en función de la distancia al buque de prospección (millas náuticas).

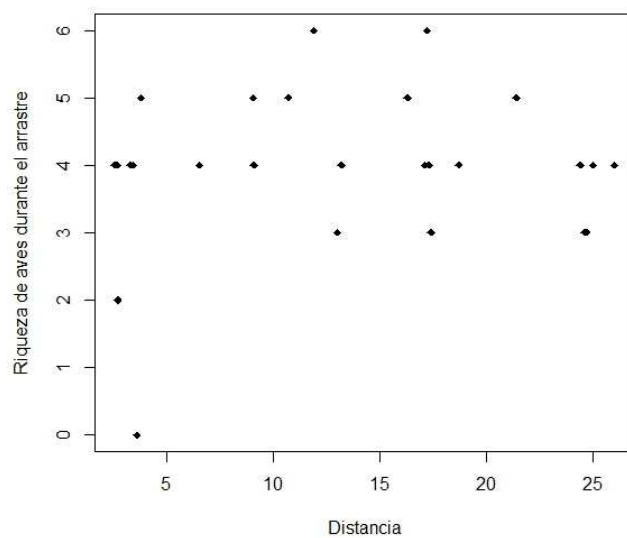


Figura 31. Riqueza (N de especies) de aves durante el arrastre de la red de pesca en función de la distancia al buque de prospección (millas náuticas).

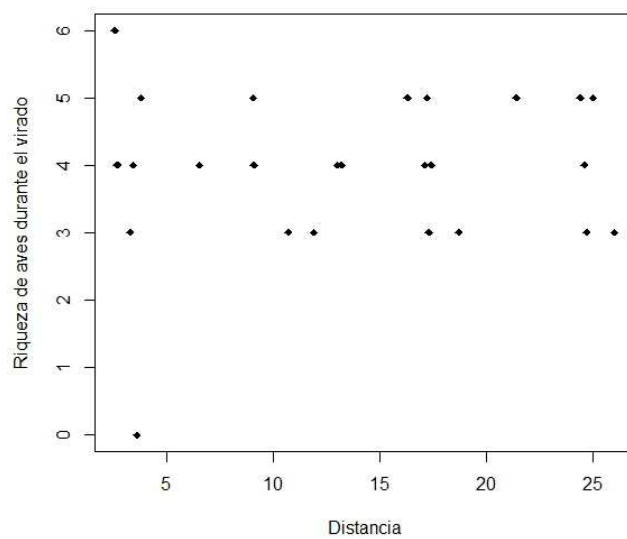


Figura 32. Riqueza (N de especies) de aves durante el virado del arte en función de la distancia al buque de prospección (millas náuticas).

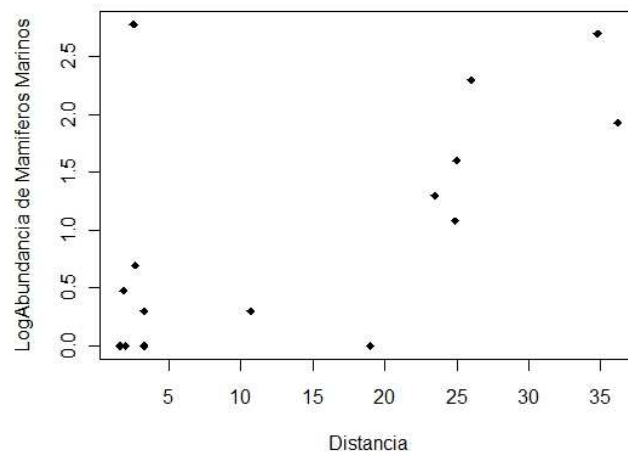


Figura 33. Abundancia de mamíferos marinos (Log10 del número de individuos) en función de la distancia al buque de prospección (millas náuticas).

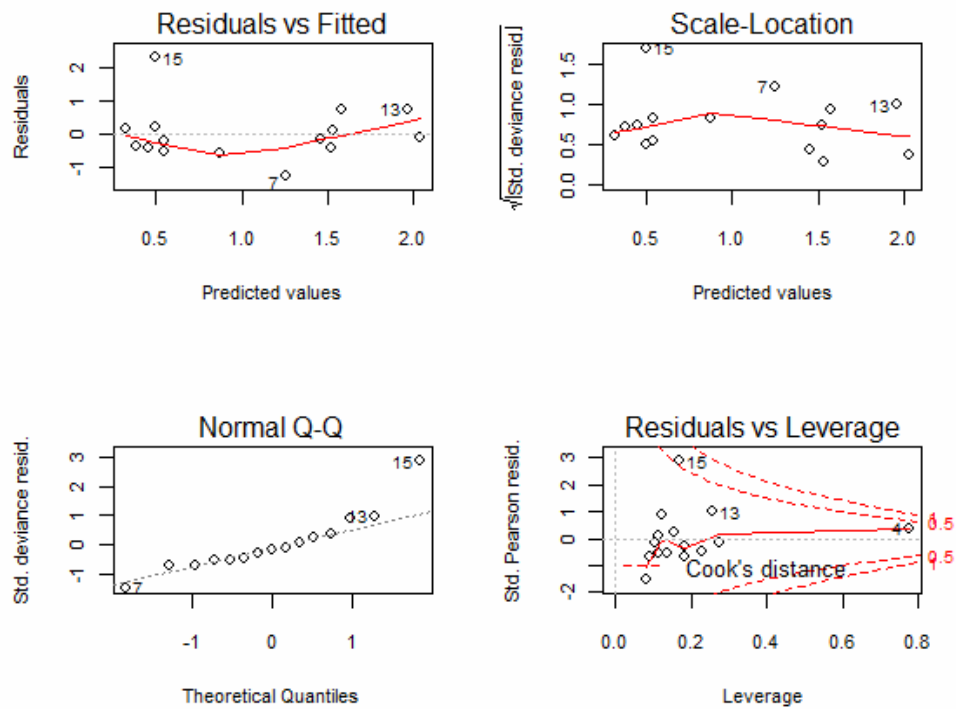


Figura 34. Análisis de los residuos del MLG Log Normal de la abundancia de mamíferos marinos en función de la distancia al buque de prospección (millas náuticas).