

Distribución y abundancia relativa de la ballena franca austral *Eubalaena australis* (Desmoulins 1822) en aguas uruguayas y adyacentes



Paolo Conti Liberbaum

Licenciatura en Ciencias Biológicas

Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay

Orientador: Sebastián Jiménez / Co-orientador: Philip Miller

Agradecimientos

Quería agradecer a la DINARA (Dirección Nacional de Recursos Acuáticos) que me dio la oportunidad de usar estos valiosos datos para realizar un enriquecedor aporte de la especie a la región. Cada paso que fui dando hasta el resultado final fue de sufrimiento, idas y vueltas, pero sobre todo aprendizaje y siempre con mucho amor hacia el objetivo. Aparte, durante el proceso también pude andar por los mares para que el trabajo aparte de teórico sea bien práctico.

Gracias a Philip que me dio para adelante desde un principio para sacarle jugo a los datos y por todo el tiempo que dedicó en el proceso. Gracias a Seba que se involucró de forma muy eficaz en el proyecto, incorporando un punto de vista muy valioso y también dedicando su tiempo. Y al resto del equipo del laboratorio de recursos pelágicos (LaRPe): Andrés, Rodrigo y Fede, que también supieron aportar su granito de arena.

Gracias al tribunal, que fue elegido sabiendo que sus correcciones y aportes enriquecerían el trabajo: Quique Páez, Paula Laporta y Álvaro Soutullo.

A la banda de outfat que han sido años y años de avanzar en la carrera y hoy en día se podría decir que ya estamos casi todos con el objetivo cumplido: Joaco, Tebi, Diego, Maituli, Naomi, Lu y el Agus. Banda hermosa.

A mi familia que siempre estuvo al firme e interesados en como venía la cosa. ¡Costó, pero llegó! Mamá, papá, y todos mis hermanos: Pietro, Gianni, Seba y los más de 20 mawuenos. ¡Qué familia grande y querida!

Y por último y no menos importante, a Juli, que se entrelazó en mi vida al ritmo de la tesis, pero lo hizo con un ritmo más acelerado, y estuvo ahí a pesar del tiempo o del lugar. Gracias por hacer parte, te amo y se viene lo mejor.

Tabla de Contenidos

Agradecimientos	2
Resumen	4
Introducción	5
<i>Objetivos</i>	9
Materiales y Métodos	10
<i>Descripción del protocolo a bordo</i>	11
<i>Análisis de datos</i>	11
Resultados	13
<i>Esfuerzo</i>	13
<i>Avistamientos</i>	15
<i>Variables ambientales</i>	22
<i>Abundancia por Unidad de Esfuerzo (APUE)</i>	26
Discusión	32
<i>Limitaciones metodológicas</i>	32
<i>Distribución espaciotemporal de la BFA</i>	33
<i>Variables ambientales relacionadas al hábitat de la BFA</i>	37
<i>Consideraciones finales</i>	41
Bibliografía	42

Resumen

La ballena franca austral (BFA; *Eubalaena australis*) fue una de las especies de cetáceo más capturada por la industria ballenera, llevando a la especie a una situación crítica de conservación. Los esfuerzos de protección internacional, sumado al cese de esta industria, llevo a que varias poblaciones comenzaran a recuperarse a un buen ritmo. En Uruguay, varias investigaciones han abordado su distribución espaciotemporal y abundancia relativa, uso de hábitat y composición de grupos en la franja costera. Sin embargo, esto corresponde a un área muy reducida de su distribución. La evidencia disponible indica que, al aumentar las densidades de ballenas en la última década, éstas han tendido a expandir su distribución hacia aguas más profundas. Bajo esta hipótesis, para complementar a los estudios existentes, la presente tesis pretende abordar el vacío de información de la distribución de la BFA en aguas no someras uruguayas y la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (ZCPAU), mediante el uso de datos recopilados a bordo del buque de investigación de la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA) durante el periodo 2015-2019. El principal objetivo de esta investigación fue determinar la distribución y abundancia relativa de la ballena franca austral en aguas uruguayas y la ZCPAU, caracterizando sus preferencias ambientales. Durante 11 campañas de investigación dirigidas a la evaluación de recursos pesqueros, se llevaron a cabo 505 piernas (distancia media: 13 km), totalizando aproximadamente 6600 km recorridos y 430 horas de esfuerzo de observación. Se registraron 488 individuos en 249 avistamientos, de los cuales 60,4% fueron producto del monitoreo visual y el resto de registros oportunistas. Del total de los avistamientos registrados, 114 ($n = 352$ individuos) fueron observados en grupos de entre 2-11 individuos (media=3,10). La distribución espacial de la BFA no fue homogénea en el área de estudio, restringiéndose principalmente a la plataforma media y externa (51-200 m de profundidad), donde ocurrieron un 89,2% de los avistamientos. La tasa de Abundancia por Unidad de Esfuerzo (APUE) en la plataforma externa (101-200 m) fue significativamente mayor a la encontrada en el resto de las zonas, con un valor medio de 0,156 ind/km. Los avistamientos se realizaron en áreas con una profundidad media de 177 ± 17 m. En setiembre se registró la mayor APUE media (0,103 ind/km) y fue significativamente mayor que la de los otros meses muestreados, mientras que en octubre ocurrieron la mayor cantidad de avistamientos (53,8%). Las piernas realizadas con TSM entre $10,1 - 15,0$ °C tuvieron la mayor APUE media (0,081 ind/km) y la TSM media de los avistamientos fue de $12,11 \pm 0,12$ °C. No se registraron avistamientos en aguas oligo y mesotróficas (Clorofila $a < 0,3$ mg/m³). La APUE media en aguas enriquecidas ($> 1,0$ mg/m³) fue significativamente mayor con respecto a los valores encontrados en el resto de las categorías, situándose en 0,065 ind/km. Esta tesis representa un estudio sin precedentes para la región, abordando datos obtenidos durante varios muestreos realizados sobre una extensa área (miles de km²) distante a la abordada en los estudios previos. La gran cantidad de avistamientos obtenidos indican que las aguas alejadas de la costa en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (ZCPAU) son de suma importancia para la especie, arrojando a su vez información crucial para entender las preferencias de hábitat en esta zona. Se alienta a desarrollar más estudios de este tipo en la región de modo de obtener información útil para la conservación de la especie.

Introducción

Las ballenas han sido perseguidas alrededor de todo el mundo y cazadas en gran número para utilizar su aceite como lubricante o combustible, sus barbas de queratina como fibra e incluso en algunas culturas, su carne y grasa como alimento. Esta práctica se ha llevado a cabo durante milenios de forma rudimentaria en antiguas civilizaciones costeras, como por ejemplo los vikingos (región Escandinava) o los Inuit (región Ártica) (Vichí *et al.*, 2021). Sin embargo, se convirtió en una actividad industrial a mayor escala a partir del siglo XI con la caza vasca (“Basque whaling”) que continuó hasta finales del siglo XVII (Aguilar, 1986). Este período se caracterizó por la captura de estos cetáceos desde estaciones terrestres como método principal, para lo cual se utilizaban arpones y redes que se lanzaban desde embarcaciones a remo, en zonas costeras. Luego de varios siglos de caza ballenera, el mayor pico se registró durante los siglos XVIII y XIX, alcanzando una escala global con la revolución industrial, donde surge la caza de ballenas en bote a mar abierto. Esto implicaba la persecución de ballenas por pequeños botes lanzados desde grandes embarcaciones que podían navegar durante varios meses y procesar ballenas a bordo (Vighi *et al.*, 2021). Hacia finales del siglo XIX, los balleneros agotaron considerablemente las poblaciones de ballena franca boreal (*Eubalaena glacialis* y *E. japonica*), franca austral (*Eubalaena australis*), de Groenlandia (*Balaena mysticetus*), gris (*Eschrichtius robustus*) y, en algunas regiones, cachalotes (*Physeter macrocephalus*). Comenzando el 1904, la “caza moderna” en el hemisferio sur fue dirigida primero a la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), luego a la azul (*Balaenoptera musculus*), rorcual común (*Balaenoptera physalus*) y rorcual boreal (*Balaenoptera borealis*) (Jackson *et al.*, 2008). Luego de una vasta explotación, el recurso dejó de ser económicamente rentable por su poca abundancia. Además, el aceite de ballena que por mucho tiempo se empleó para la iluminación, fue reemplazado por otros procedimientos (queroseno a partir del carbón y el descubrimiento del petróleo) que condujeron a un cese gradual en las actividades de caza ballenera.

La ballena franca austral (BFA) (*Eubalaena australis*) fue una de las especies más capturadas entre finales del siglo XVIII hasta inicios del XX (Groch *et al.*, 2005). Más de 76.000 BFA fueron atrapadas por la industria ballenera entre 1820 y 1940, estimando que la especie haya alcanzado valores mínimos de entre 200 a 400 individuos en el año 1920 (IWC, 2001; Jackson *et al.*, 2008). Era considerada una de las especies más rentables debido a su gran producción de aceite y barbas de alta calidad, sumado al hecho de que eran relativamente fáciles de atrapar debido a su comportamiento generalmente no agresivo y a la flotabilidad positiva de su cadáver (Vighi *et al.*, 2021). En el año 1935 las BFA comenzaron a ser internacionalmente protegidas por la primera Convención Internacional para la Regulación de la Caza Ballenera (Cooke & Zerbini, 2018). Los acuerdos allí establecidos fueron ratificados por la Comisión Ballenera Internacional (CBI) en 1946, cuando ésta fue creada. Sin embargo, Tormosov *et al.* (1998) describieron capturas soviéticas de BFA en los mediados del siglo XX en aguas internacionales cercanas a Península Valdés, Argentina, con capturas mayores a 3300 individuos, llegando a cazar 1300 ballenas en una sola temporada (1961–1962). También se registraron cazas ilegales en aguas brasileiras, donde por lo

menos 350 BFA fueron atrapadas entre 1950 y 1973 (Palazzo & Carter, 1983). Estas capturas, en la zona del Océano Atlántico sudoccidental, con seguridad retrasaron la recuperación por algún tiempo, pero luego la población comenzó a dar indicios de un crecimiento sostenido (Crespo *et al.*, 2018).

La ballena franca austral está ampliamente distribuida en todos los océanos del hemisferio sur, habitando generalmente las aguas entre las latitudes 20° S y 60° S (Ohsumi & Kasamatsu, 1986). Al igual que la mayoría de los misticetos, la BFA se caracteriza por desarrollar extensas migraciones. Estas permanecen alimentándose durante el verano y otoño predominantemente en latitudes altas, en áreas que no están claramente definidas. Luego de generar grandes cantidades de reservas alimenticias, las ballenas comienzan a migrar hacia latitudes medias (~40° S) y bajas (~20° S) hasta llegar a las áreas reproductivas. La IWC (2001) definió cuatro categorías para el hábitat de las BFA que no son necesariamente exclusivas: **(i)** áreas de alimentación: de uso estacional y ricas en copépodos y krill; **(ii)** áreas de nacimiento: zonas utilizadas exclusivamente para el cuidado neonatal y dar a luz; **(iii)** áreas “guardería”: zonas de agregación de ballenas donde las madres se alimentan y cuidan a su cría y **(iv)** áreas reproductivas: zonas donde el comportamiento de cortejo es predominante y ocurre la cópula.

Las ballenas francas pueden ser identificadas individualmente por la forma y ubicación de parches de engrosamientos de piel áspera o callosidades en la parte superior y laterales de sus cabezas y por la forma de los patrones de pigmentación blancos o grises en sus lomos (Best *et al.*, 1993). Esas características son únicas en cada individuo. El uso de la técnica de fotoidentificación resulta muy útil para distinguir a individuos de diferentes poblaciones y poder llegar a inferir una ruta migratoria entre dos regiones. Esta ruta se evidencia con mayor precisión a través de la aplicación de nuevas tecnologías como el uso de transmisores satelitales (Zerbini *et al.*, 2016, 2018). En un mismo año, se pudo demostrar el tránsito hacia zonas de alimentación (South Georgia) (~54° S) desde una zona reproductiva (Península Valdés, Argentina) (~42° S), donde se haya una de las poblaciones más numerosas de BFA (Zerbini *et al.*, 2016). En 2009 se estimó en esa región una abundancia cercana a los 4200 individuos, con una tasa de crecimiento anual de 6-7% en los últimos 40 años (Cooke *et al.*, 2001; Cooke, 2013). El estudio de Crespo *et al.* (2018) en esa área sostuvo que el número de ballenas se triplicó entre 1999 y 2016, pero mediante modelos se pudo afirmar que su tasa de crecimiento se ha desacelerado y seguramente esto se deba a variaciones a lo largo de los años en las preferencias de hábitat de los distintos grupos de la población. El trabajo de Groch *et al.* (2005) llevado a cabo en la región de agregación reproductiva al norte, ubicada frente a Santa Catarina (Brasil) (~28° S), también obtuvo resultados de crecimiento poblacional. Entre los años 1997 y 2003 se halló que el número de hembras reproductivas creció a una tasa de 29,8% por año.

Es importante estudiar a las ballenas en sus zonas reproductivas y de alimentación, así como a lo largo de su viaje migratorio entre las zonas, donde por varios meses se desplazan en búsqueda de condiciones favorables para reproducirse o alimentarse, según la época del año. El trabajo de Mandiola *et al.* (2019) buscó obtener conocimiento acerca de este traslado. El mismo fue llevado a cabo en Mar

del Plata (Argentina), donde se puede avistar con claridad a las BFA debido a la geografía del lugar, que cuenta con una extensa costa con grandes acantilados haciendo que las observaciones desde tierra sean muy efectivas. La investigación incluyó cincuenta años de avistamientos en el período de 1966 a 2016, recolectando datos de suma importancia para la región. Se observó un pico de avistamientos en los meses de agosto y setiembre, registrando 718 individuos en 344 avistamientos.

Al igual que en Mar del Plata, también se esperaría encontrar un gran número de ballenas en su migración por las costas uruguayas y su ZEE (Zona Económica Exclusiva) y en la ZCPAU (Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya). Estas regiones pertenecen al Atlántico sudoccidental y tienen el gran aporte de nutrientes del Río de la Plata, que drena la segunda cuenca más grande de Sudamérica con un área de drenaje que cubre aproximadamente $3,1 \times 10^6$ km² (Acha *et al.*, 2008). El Atlántico sudoccidental ha sido catalogado en varias ocasiones como la intersección de la circulación oceánica mundial, encontrándose allí un gran frente termohalino conocido como la Confluencia Brasil-Malvinas (BMC). Esta se forma por el choque de dos grandes corrientes con características muy opuestas: la corriente de Brasil (subtropical) proveniente del norte, de aguas cálidas y pobres en nutrientes, con la corriente de Malvinas (subantártica) que proviene del sur con aguas muy frías y ricas en nutrientes. El choque entre estas masas de agua tan diferentes genera una de las regiones oceánicas más energéticas del mundo (Piola & Matano, 2001). Estas características oceanográficas favorecen a la trama trófica hasta llegar a organismos superiores como los cetáceos, los cuales se congregan en dichas regiones, aprovechando su productividad.

El interés de conocer la abundancia de BFA en Uruguay luego de su explotación en la región comenzó en el año 1975 con avistamientos oportunistas llevados a cabo por observadores distribuidos a lo largo de la costa, contemplando un período que fue hasta 1990 (Costa *et al.*, 2005). En ese período las localidades con mayor frecuencia de avistamientos fueron Punta del Este (Departamento de Maldonado) y La Paloma (Departamento de Rocha). A partir de los años 2000 se llevaron a cabo otros trabajos para tener más conocimiento acerca de las BFA en la región como el de Danilewicz *et al.* (2016) que propone la integración de las aguas uruguayas con las de Rio Grande do Sul (Brasil) como una región de uso similar para la especie. En Uruguay, los estudios se basaron en avistamientos costeros para conocer abundancias relativas (Costa *et al.*, 2005), distribución espacial y temporal, uso de hábitat y composición de grupos (Costa *et al.*, 2007; Riet-Sapirza *et al.*, 2011) y comportamiento (Costa *et al.*, 2007; Jorge *et al.*, 2011; Riet-Sapirza *et al.*, 2011) mediante relevamientos aéreos y técnica de fotoidentificación. También han sido identificadas BFA mediante monitoreo acústico pasivo en la costa uruguaya (Tellechea & Norbis, 2012).

Si tomamos en cuenta la investigación del período 1975-1990 (67 avistamientos, 190 individuos) y la del período 2001-2003 (38 avistamientos, 149 individuos) (Costa *et al.*, 2005), se nota un aumento considerable en el número de ballenas y avistamientos en la costa uruguaya en el segundo período. Esto se podría relacionar a un mayor esfuerzo en esa investigación, ya que los avistamientos del período

1975-1990 no fueron llevados a cabo de forma sistemática o tal vez, y como es esperado, por un incremento en la población de BFA, que se vería reflejado en aguas uruguayas (Zerbini *et al.*, 2016; Crespo *et al.*, 2018; Groch *et al.*, 2005). Se ha notado que en las zonas donde se han realizado los trabajos mencionados anteriormente, la presencia de la BFA es marcadamente estacional, comenzando a avistar las primeras ballenas a fines del mes de junio y hasta fines de noviembre, con un pico que varía de agosto a octubre. Luego, durante el verano y otoño, no hay registros de BFA en aguas costeras de Uruguay. La enorme mayoría de los avistamientos se dan en los departamentos de Rocha y Maldonado, principales sitios de estudio de estos trabajos. Tan solo se enumeran tres avistamientos en el Río de la Plata, departamento de Montevideo, en el período 1975-1990 (Costa *et al.*, 2005).

Se ha encontrado evidencia de que la costa Atlántica uruguaya es una importante área de agregación en invierno en aguas someras (Costa *et al.*, 2007). La gran proporción de ballenas solitarias y grupos interactivos avistados en ese trabajo (siendo el cortejo y la cópula el comportamiento más frecuente) indicaría que la costa Atlántica uruguaya podría ser un área sumamente importante de índole social para la especie. Si nos basamos en la evidencia obtenida en los distintos trabajos de la costa uruguaya y sus deducciones hacia el uso del hábitat, podríamos concluir que la categoría definida por la IWC (2001) para el hábitat de las BFA que mejor se ajustaría sería la **(iv)**: zonas donde el comportamiento de cortejo es predominante y ocurre la cópula. Según Costa *et al.* (2007), se podría describir a las áreas adyacentes de las costas uruguayas y de Rio Grande do Sul (Brasil) como una única región donde predomina fuertemente lo descrito en **(iv)**, al sur de la principal área reproductiva brasilera (Santa Catarina).

A pesar de contar con diversos trabajos (Costa *et al.*, 2005; 2007; Jorge *et al.*, 2011; Riet-Sapirza *et al.*, 2011; Tellechea & Norbis, 2012) debemos tomar en cuenta de que los mismos fueron llevados a cabo tanto desde el continente (lugar fijo, buscando los puntos con mayor visibilidad en cuanto a su elevación) como desde el espacio aéreo (a una distancia de la costa constante de 500 metros, con registros máximos a 2000 metros de ésta). Estos sitios de avistaje nos dan una gran cobertura de la franja costera, con resultados que están limitados a esa pequeña área. Sin embargo, pueden ser muy diferentes a lo que ocurre en aguas alejadas de la costa, donde no existen estimaciones de abundancia de BFA. Esta limitación ha sido considerada en otros trabajos (Crespo *et al.*, 2018), donde se ha indicado que, al aumentar las densidades de ballenas en la última década, estas tienden a expandir su distribución hacia aguas más profundas, comenzándose a ver con mayor frecuencia en áreas alejadas de la franja costera, necesitando más información para aclarar la proporción de ballenas que se pueden encontrar allí.

Bajo este argumento, para complementar a los estudios existentes, la presente tesis pretender abordar el vacío de información de BFA para la mayoría de las aguas de Uruguay mediante el uso de datos recopilados desde 2015 hasta 2019 por la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). Los mismos fueron obtenidos en campañas de

investigación dirigidas a evaluar los distintos recursos pesqueros uruguayos a bordo del B/I Aldebarán, en las cuales se realizaron avistamientos sistemáticos de mamíferos marinos. Si bien el objetivo principal de las campañas consistió en muestrear los recursos pesqueros durante las distintas estaciones del año, el buque fue utilizado como plataforma de oportunidad para avistar mamíferos marinos ya que se trató de una ocasión única para obtener una cobertura sin precedentes de avistamientos sistemáticos y oportunistas de cetáceos en aguas uruguayas. La información proveniente de estos cruceros de investigación representa el primer intento para obtener datos cuantitativos y cualitativos de la composición y distribución de especies de cetáceos en aguas uruguayas distantes a la línea de costa y parte de la ZCPAU.

En este trabajo se estudió la distribución y abundancia relativa de la ballena franca austral en una extensa área del Atlántico sudoccidental. Se pretendió a través de esta investigación generar información de importancia para la conservación de la especie, en una zona sin estudios previos. En base a los antecedentes anteriormente mencionados para aguas costeras, se espera que la distribución espacial y temporal de la ocurrencia de BFA en el área de estudio no sean homogéneas, si no que haya preferencias por condiciones particulares en el hábitat.

Objetivos

Objetivo general

Determinar la distribución y abundancia relativa de la ballena franca austral en aguas uruguayas y la ZCPAU caracterizando sus preferencias ambientales.

Objetivos específicos

1. Evaluar su distribución espaciotemporal en el área de estudio.
2. Determinar cuáles son las zonas y épocas de mayor abundancia relativa.
3. Interpretar la distribución espaciotemporal de la abundancia relativa en función de las características ambientales.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo con datos obtenidos durante el monitoreo de megafauna a bordo del B/I Aldebarán en campañas de investigación efectuadas en el periodo 2015-2019. Todas las campañas fueron comprendidas dentro del Río de la Plata, la Zona Económica Exclusiva (ZEE) uruguaya y la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (ZCPAU). La ZEE comprende el área marítima situada más allá del mar territorial (anchura: 12 millas) y adyacente a éste que se extiende hasta las 200 millas náuticas de la línea de costa. A través del Art. 73 del Tratado del Río de la Plata y su Frente Marítimo, Uruguay y Argentina acuerdan establecer una zona común de pesca (ZCPAU), más allá de las doce millas náuticas medidas desde las correspondientes líneas de base costeras.

En total se desarrollaron 12 campañas de investigación (Tabla 1). Las mismas consistieron en dos campañas de investigación y evaluación de recursos demersales costeros, distribuidas en el río de la Plata, plataforma interna y media de la ZCPAU, cuatro campañas de investigación y evaluación de recursos demersales de altura, llevadas a cabo sobre la plataforma media y externa de la ZCPAU y seis campañas de investigación de grandes peces pelágicos, efectuadas en la plataforma externa y talud continental de la ZCPAU (Tabla 1).

Tabla 1. Tipo de campaña de investigación, año y periodo llevado a cabo, días muestreados, número de piernas, horas de observación y kilómetros recorridos durante el monitoreo de mamíferos marinos realizado en el B/I Aldebarán, operando en el Río de la Plata y la ZCPAU, en el periodo 2015-2019. **Costera** = campaña de recursos demersales costeros; **Altura** = campaña de recursos demersales de altura; **Pelágica** = campaña de grandes peces pelágicos.

N°	Tipo	Año	Periodo	Días muestreados	N° piernas	Esfuerzo (hs)	Esfuerzo (km)
1	Altura	2015	Oct	7	10	4:28	70
2	Pelágica	2015	Dic	4	12	15:11	201
3	Costera	2016	Oct- Nov	17	75	55:52	976
4	Pelágica	2016	Jun - Jul	10	36	33:45	482
5	Pelágica	2016	Dic	7	25	24:36	391
6	Altura	2016	Ago - Set	16	54	45:28	766
7	Costera	2017	Dic	12	50	45:33	656
8	Pelágica	2017	Mar - Abr	7	31	30:04	447
9	Altura	2018	Oct	22	107	85:34	1308
10	Pelágica	2018	Nov - Dic	6	12	10:58	147
11	Altura	2019	Oct - Nov	11	54	44:36	663
12	Pelágica	2019	Ago - Set	11	39	33:28	480

Parte de los datos fueron digitalizados ya que se encontraban en el formulario de papel original, mientras que otros que se encontraban en formato digital fueron revisados para evaluar posibles errores de tipeo.

Descripción del protocolo a bordo

Se realizaron piernas que no fueron determinadas previo al inicio de las campañas de investigación si no que se adaptaron a la operativa del buque, al tratarse de una plataforma de oportunidad. El desarrollo de cada campaña tuvo su inicio en el extremo noreste de su área de estudio y fue progresando hacia el suroeste hasta alcanzar el final de la misma. De este modo, cada sitio de muestreo fue visitado una sola vez durante cada campaña. Se buscó que la duración de las piernas fuera de una hora y se efectuaran exclusivamente con el barco navegando con rumbo definido y velocidad constante, durante la navegación entre sitios de muestreo. Para estandarizar lo máximo posible el esfuerzo, ante un cambio de rumbo, la pierna se dio por finalizada y se comenzó una nueva. Las observaciones fueron llevadas a cabo a ojo descubierto y también se contó con binoculares. Se emplearon cámaras fotográficas con lentes teleobjetivos para asistir en la identificación de la especie y la determinación de los tamaños de grupo.

La ballena franca austral es relativamente fácil de reconocer, las principales características diagnósticas incluyen la presencia de callosidades en la región de la cabeza y ausencia de aleta dorsal. Se registraron datos abióticos al inicio de cada pierna: hora inicial, latitud y longitud, rumbo, banda de observación, intensidad y dirección del viento, temperatura superficial del mar, profundidad, nubosidad, visibilidad, estado del mar, sol, velocidad de navegación, presión atmosférica. Al avistar una BFA o un grupo de BFA, se registraron los siguientes datos del avistamiento: hora inicial, número de individuos y distancia aproximada del barco.

También fueron considerados los avistamientos oportunistas, los cuales ocurrieron en momentos donde no hubo esfuerzo efectivo de monitoreo visual. Los mismos no están asociados a una pierna, si no que a una única posición geográfica. La obtención de los datos estuvo a cargo de un único observador con experiencia en la identificación de mamíferos marinos, al cual se le sumaba en algunas instancias un ayudante.

Análisis de datos

Para el análisis de los datos, se categorizaron distintas variables ambientales de las piernas y de los avistamientos: temperatura superficial del mar (TSM) (°C), concentración de Clorofila *a* (mg/m³), profundidad (m) y distancia a la costa (km). La TSM fue agrupada en cuatro categorías: < 10,0 °C; 10,0 – 15,0 °C; 15,0 – 20,0 °C y > 20,0 °C. Se definieron cuatro categorías tróficas, según la productividad

medida en concentración superficial de Clo α : aguas oligotróficas ($< 0,1 \text{ mg/m}^3$); aguas mesotróficas ($0,1 - 0,3 \text{ mg/m}^3$); aguas eutróficas ($0,3 - 1,0 \text{ mg/m}^3$) y aguas enriquecidas ($> 1,0 \text{ mg/m}^3$). Se distinguieron cinco zonas según la batimetría: zona costera/plataforma interior: 0-50 m; plataforma media: 51-100 m; plataforma externa: 101-200 m; talud superior: 201-1000 m y talud medio e inferior: 1001-3500 m. La distancia a la costa no fue discriminada en grupos para análisis posteriores debido a que se encuentra altamente correlacionada con la profundidad. Sin embargo, esta variable fue utilizada para describir espacialmente las piernas y los avistamientos.

Se utilizaron las variables visibilidad y estado del mar para determinar la relevancia de las condiciones de muestreo sobre los avistamientos. Se combinaron las piernas con visibilidad “buena” ($> 5 \text{ km}$) o “moderada” ($1 - 5 \text{ km}$) y estado del mar “glass” (mar como un espejo) o “slight” (ausencia o pocos corderitos) para establecer condiciones de monitoreo buenas. Las piernas con condiciones de monitoreo regulares fueron aquellas con visibilidad “pobre” ($< 1 \text{ km}$) y estado del mar “choppy” (corderitos abundantes) o “rough” (grandes olas, espuma).

Todos los análisis fueron desarrollados en el software R (v4.2.0; R Core Team, 2021). Para las piernas se utilizó el punto de inicio de las mismas a los efectos de la asignación de las variables ambientales a cada una de ellas. La TSM fue medida *in situ* mediante un termómetro ubicado en el casco del barco. Cuando esta medida no estuvo disponible, se recurrió a datos de TSM del servidor ERDDAP de la NOAA (<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/>), extraídos mediante el paquete “rerddapXtracto” (v1.1.3; Mendelssohn, 2022). Se utilizó el producto “jplMURSST41” (<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/info/jplMURSST41/index.html>), con una resolución temporal diaria y resolución espacial de 0,01 grados. Para el caso de la concentración de Clo α , todos los datos utilizados para los análisis fueron también obtenidos del servidor ERDDAP, utilizándose el producto “pmlEsaCCI500OceanColor8Day” (<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/info/pmlEsaCCI500OceanColor8Day/index.html>) con resolución temporal de 8 días y 0,0417 grados. Para un 5,7% de las piernas no había valores de Clo α disponibles, entonces se recurrió a una resolución temporal mensual. La profundidad fue medida en el campo con la sonda del barco. Cuando este dato no estuvo disponible, se utilizó la base de datos “General Bathymetric Chart of the Oceans” (GEBCO, versión 2022). Los datos fueron extraídos de un archivo netCDF utilizando el paquete “marmap” (v1.0.7; Pante & Simon-Bouhet, 2013). La distancia a la costa también fue obtenida a partir de los datos de GEBCO y se fijó la isóbata de 2 m como línea de costa ya que la isóbata de 0 m incluía ciertos bancos del Río de la Plata, generando inconsistencias entre algunas de las distancias obtenidas.

Se mapearon todas las piernas para visualizar la distribución del esfuerzo realizado en el área de investigación. La distribución espacial de la ocurrencia de la BFA se determinó a partir de los avistamientos obtenidos tanto durante los muestreos como de forma oportunista. Se generaron distintos mapas del área de estudio con los avistamientos para visualizar zonas de agregación y para ver la distribución temporal a través de comparaciones mensuales. Para facilitar los análisis, los meses de

marzo y abril, así como junio y julio fueron agrupados en pares debido al bajo número de piernas y la poca cantidad de esfuerzo que hubo en cada uno de ellos. La abundancia relativa de BFA se estimó mediante la APUE (Abundancia Por Unidad de Esfuerzo) y se expresó en el número de ballenas avistadas por distancia recorrida (kilómetros) en las piernas. Se generaron mapas para interpretar las zonas con mayor APUE junto a las abundancias obtenidas en los avistamientos oportunistas.

Todos los mapas fueron realizados utilizando el paquete “tmap” (v3.3.3; Tennekes, 2018) mientras que para los gráficos se utilizó el paquete “ggplot2” (v3.4.0; Wickham, 2016) y para los cálculos de longitud de pierna se utilizó el paquete “sf” (v1.0.9; Pebesma, 2018). Se utilizó el test no paramétrico de Kruskal-Wallis (KW) para evaluar diferencias en la APUE entre los distintos grupos definidos para las variables ambientales (profundidad, TSM y Clo *a*) y durante los meses muestreados, utilizándose en todos los casos un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Para los casos en donde el test de KW fue significativo, se utilizó como comparación post-hoc, el test de Dunn (DN) para determinar qué grupos difirieron entre sí. Para evaluar diferencias en la APUE de las condiciones de muestreo, se utilizó el test no paramétrico de Mann-Whitney (MW), ya que se trató únicamente de dos grupos. Para realizar las pruebas estadísticas, se utilizó el paquete “FSA” (v0.9.3; Ogle *et al.*, 2022).

Resultados

Esfuerzo

Entre los años 2015 y 2019, se realizaron un total de 505 piernas. La zona de operación incluyó las aguas de la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (ZCPAU), Río de la Plata y aguas jurisdiccionales uruguayas de la costa Atlántica (Fig. 1). Se registraron muestreos entre las latitudes 34° 13. 7' S – 39° 29. 4' S y las longitudes 50° 57. 2' W – 58° 16. 2' W. Las mismas fueron llevadas a cabo durante doce campañas de investigación a bordo del B/I Aldebarán, en el período de marzo a diciembre. No fue registrado esfuerzo en los meses de enero y febrero. Se registraron un total de 429 horas y 33 minutos de esfuerzo de observación hacia mamíferos marinos, en 6587 km recorridos (Tabla 2). El promedio de duración de las piernas fue de 51 minutos y 13 km de distancia recorrida.

Tabla 2. Número de piernas, horas de observación y kilómetros recorridos por meses en el monitoreo de mamíferos marinos durante campañas de investigación realizadas en el B/I Aldebarán, operando en el Río de la Plata y la ZCPAU, durante el periodo 2015-2019.

	Marzo y abril	Junio y julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
PIERNAS	31	36	30	63	170	78	97	505
ESFUERZO (hs)	30:04	33:45	24:32	54:24	132:10	60:18	94:20	429:33
ESFUERZO (km)	446	482	419	826	2046	1000	1367	6587

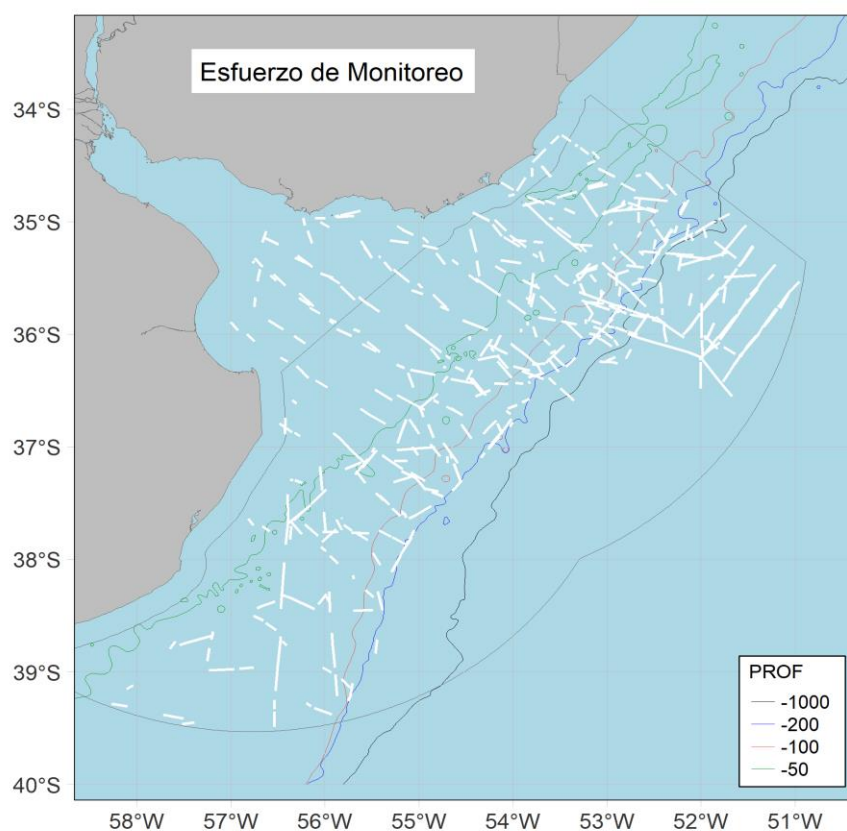


Figura 1. Área de estudio y esfuerzo total (piernas) donde fue llevado a cabo el monitoreo de mamíferos marinos durante campañas de investigación realizadas en el B/I Aldebarán, durante el periodo 2015-2019. Se representa la ZCPAU (Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya).

En cuanto al esfuerzo realizado, se obtuvo una gran cobertura espacial a lo largo de todas las zonas del área de estudio, con predominancia en la plataforma media (51-100 m de profundidad) con un 32,1% de las piernas totales llevadas a cabo, seguido de la plataforma interior (0-50 m) (23,6%), talud medio e inferior (>1000 m) (19,8%), plataforma externa (101-200 m) (16,2%) y la zona del talud superior (201-1000 m) con un 8,3% del total de las piernas (Tabla 4).

Los meses con mayor cantidad de esfuerzo de monitoreo fueron octubre y diciembre (33,7% y 19,2% del total de las piernas, respectivamente) seguido de noviembre (15,4%), setiembre (12,5%), junio y julio (7,1%), marzo y abril (6,1%) y agosto (5,9%) (Tabla 2).

Avistamientos

Se registraron un total de 249 avistamientos de ballena franca austral, totalizando 488 individuos (media = 1,96 individuos). Del total de los avistamientos registrados, 114 (n = 352 individuos) fueron observados en grupos de entre 2-11 individuos (media = 3,10) mientras que el resto de los avistamientos (n=136) fueron individuos solitarios (Fig. 2).

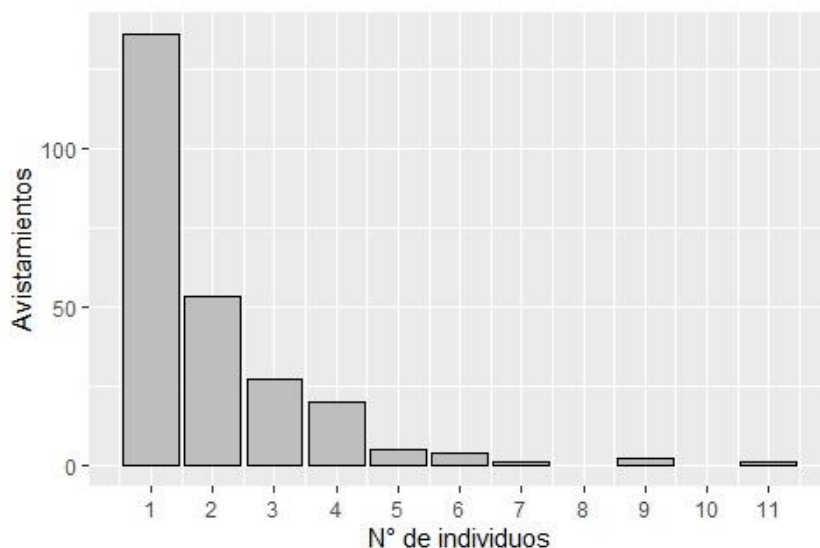


Figura 2. Número de individuos estimado para el total de los avistamientos (provenientes de esfuerzo y oportunistas) durante campañas de investigación realizadas en el B/I Aldebarán, operando en el Río de la Plata y la ZCPAU durante el periodo 2015-2019.

Dentro del área de estudio, los avistamientos estuvieron comprendidos entre las latitudes 34° 51.4' S – 39° 11.8' S y las longitudes 52° 24.2' W – 56° 36.5' W (Fig. 3).

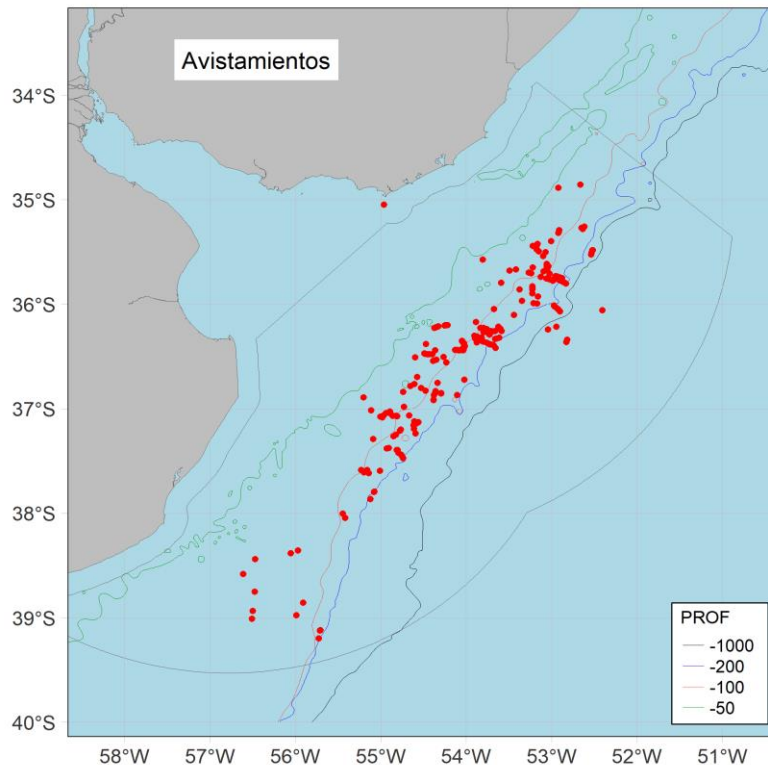


Figura 3. Área de estudio y avistamientos totales (provenientes de esfuerzo y oportunistas) registrados en el monitoreo de mamíferos marinos durante campañas de investigación realizadas en el B/I Aldebarán, durante el periodo 2015-2019. Se representa la ZCPAU (Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya).

Del total de avistamientos, 151 fueron registrados durante las piernas, donde se avistaron 274 individuos (media = 1,81 individuos). De estos avistamientos, 64 ($n = 186$ individuos) correspondieron a grupos de entre 2-11 individuos (media = 2,95). Un total de 98 avistamientos fueron registrados de forma oportunista, habiéndose avistado un total de 214 individuos (media = 2,18 individuos). Cincuenta avistamientos ($n = 166$ individuos) correspondieron a grupos de entre 2-9 individuos (media = 3,32).

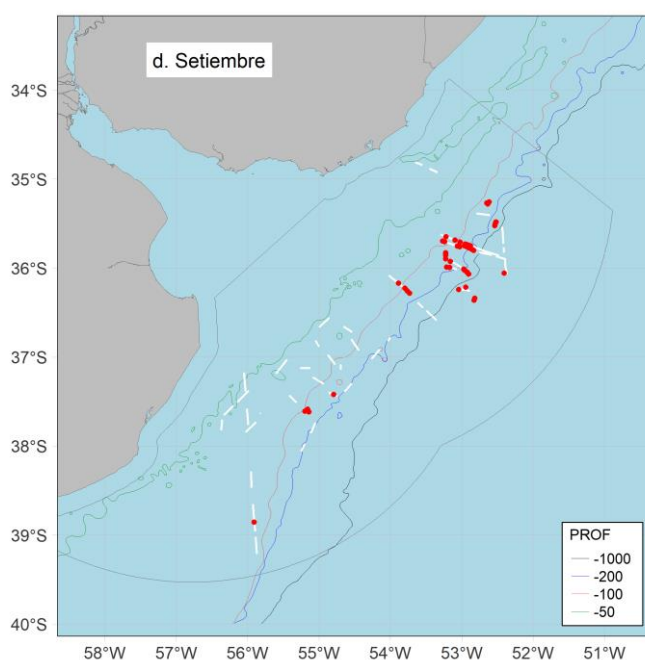
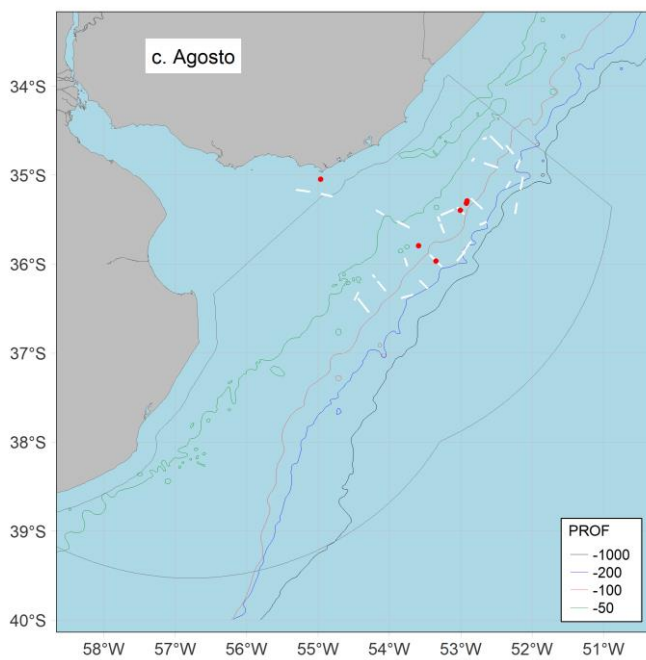
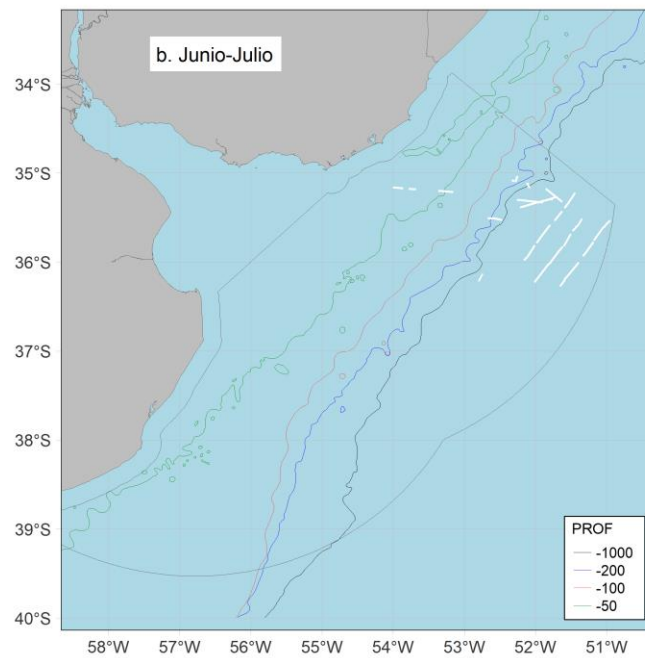
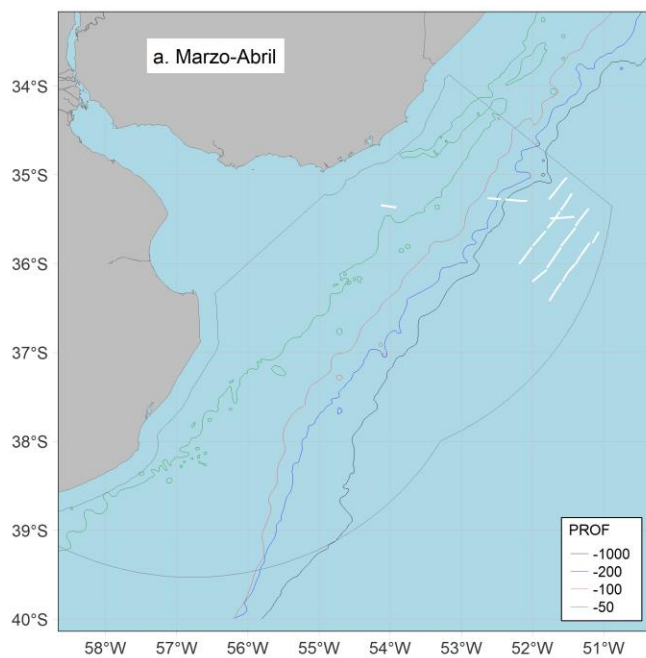
La mayoría de los avistamientos ocurrieron en el mes de octubre, con 134 de los 249 avistamientos totales (53,8%). Lo sigue setiembre con 60 avistamientos (24,1%) y noviembre con 46 avistamientos (18,5%). Por su parte, en agosto ocurrieron 7 avistamientos (2,8%) y en diciembre solo 2 (0,8%). No se obtuvieron registros de avistamientos en los meses marzo, abril, junio y julio, a pesar de haber esfuerzo de monitoreo (Tabla 3, Fig. 4).

Para los avistamientos registrados durante el esfuerzo de monitoreo (piernas), se observó una distribución temporal similar a lo largo de los meses (Fig. 5). Octubre fue el mes con mayor cantidad de avistamientos (45,0% de los avistamientos provenientes de piernas). Setiembre contó un 27,8%, noviembre 23,2%, agosto 2,6% y diciembre 1,3%. No se registraron avistamientos en los meses marzo, abril, junio y julio, a pesar de haberse monitoreado durante 67 piernas, un 13,2% de las piernas totales

(Tabla 3). Por su parte, la mayor proporción de los avistamientos oportunistas (67,3%) fueron registrados en el mes de octubre. Setiembre, noviembre y agosto obtuvieron el 18,4%, 11,2% y 3,1% de los avistamientos oportunistas, respectivamente. No ocurrieron avistamientos oportunistas durante marzo, abril, junio, julio y diciembre.

Tabla 3. Número de piernas y avistamientos registrados (totales, provenientes de piernas y oportunistas) por meses en el monitoreo de mamíferos marinos durante campañas de investigación realizadas en el B/I Aldebarán, operando en el Río de la Plata y la ZCPAU durante el periodo 2015-2019.

	Marzo y abril	Junio y julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
PIERNAS	31	36	30	63	170	78	97	505
	6,1%	7,1%	5,9%	12,5%	33,7%	15,4%	19,2%	
AVISTAMIENTOS de PIERNAS	0	0	4	42	68	35	2	151
	0,0%	0,0%	2,6%	27,8%	45,0%	23,2%	1,3%	
AVISTAMIENTOS OPORTUNISTAS	0	0	3	18	66	11	0	98
	0,0%	0,0%	3,1%	18,4%	67,3%	11,2%	0,0%	
AVISTAMIENTOS TOTALES	0	0	7	60	134	46	2	249
	0,0%	0,0%	2,8%	24,1%	53,8%	18,5%	0,8%	



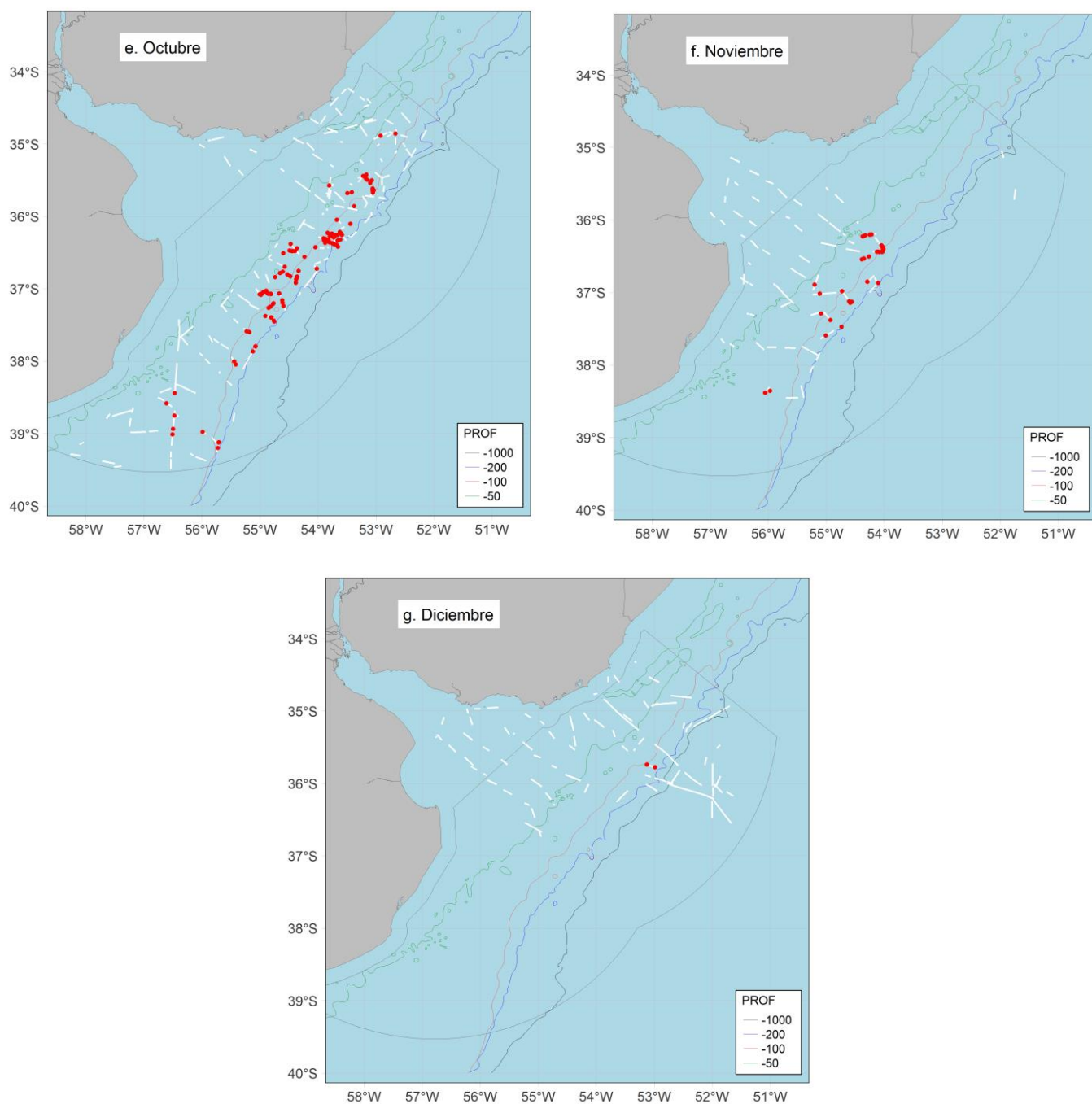


Figura 4. Distribución espacial del esfuerzo de monitoreo (piernas) y avistamientos totales agregados por mes durante campañas de investigación realizadas en el B/I Aldebarán, durante el periodo 2015-2019. Se representa la ZCPAU (Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya). **a.** Marzo-Abril; **b.** Junio-Julio; **c.** Agosto; **d.** Setiembre; **e.** Octubre; **f.** Noviembre; **g.** Diciembre.

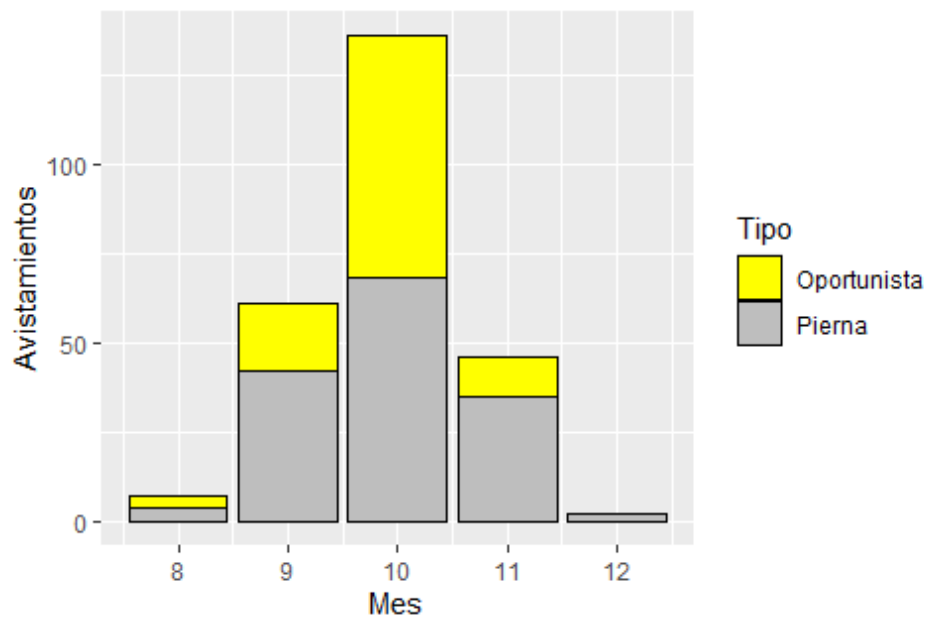


Figura 5. Distribución mensual del total de avistamientos, discriminados por tipo (durante piernas y oportunistas), registrados en el monitoreo de mamíferos marinos durante campañas de investigación en el B/I Aldebarán, operando en el Río de la Plata y la ZCPAU durante el periodo 2015-2019.

La mayoría de los avistamientos fueron registrados en la plataforma media (51-100 m de profundidad) y externa (101-200 m), con 89,2% de los avistamientos totales (35,0% y 54,2% respectivamente). Veinte de los 249 avistamientos totales fueron registrados en el talud superior (201-1000 m), representando un 8,0% de los avistamientos totales. Un 2,4% se avistaron en el talud medio e inferior (>1000 m) y un 0,4% en la plataforma interior (0-50 m) (Tabla 4).

Tabla 4. Número de piernas, avistamientos totales, avistamientos de piernas y avistamientos oportunistas registrados para distintas zonas batimétricas en el monitoreo de mamíferos marinos durante campañas de investigación realizadas en el B/I Aldebarán, operando en el Río de la Plata y la ZCPAU durante el periodo 2015-2019.

	Plataforma interior (0-50 m)	Plataforma media (51-100 m)	Plataforma externa (101-200 m)	Talud superior (201-1000 m)	Talud medio e inferior (>1000 m)	TOTAL
PIERNAS	119	162	82	42	100	505
	23,6%	32,1%	16,2%	8,3%	19,8%	
AVISTAMIENTOS de PIERNAS	0	51	86	11	3	151
	0,0%	33,8%	56,9%	7,3%	2,0%	
AVISTAMIENTOS OPORTUNISTAS	1	36	49	9	3	98
	1,0%	36,7%	50,0%	9,2%	3,1%	
AVISTAMIENTOS TOTALES	1	87	135	20	6	249
	0,4%	35,0%	54,2%	8,0%	2,4%	

Se observó una distribución muy similar en las distintas zonas batimétricas tanto para los avistamientos registrados durante el esfuerzo de monitoreo como para los avistamientos oportunistas (Tabla 4, Fig. 6). La gran mayoría de los avistamientos de piernas (90,7%) y oportunistas (86,7%) se situaron en la plataforma media (51-100 m) y externa (101-200 m). En el talud superior (201-1000 m) fueron observados un 7,3% de avistamientos de piernas y un 9,2% de avistamientos oportunistas. En el talud medio e inferior (>1000 m) se detectaron un 2,0% de avistamientos durante el esfuerzo y 3,1% de avistamientos de forma oportuna, mientras que en la plataforma interior (0-50 m) no se divisaron ballenas francas durante las piernas, pero hubo un avistamiento oportunista (Tabla 4).

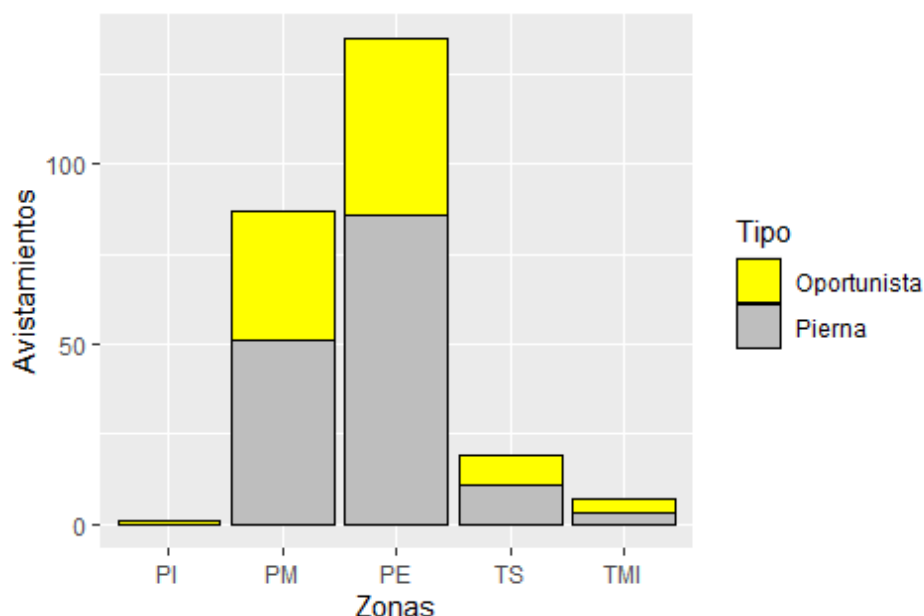


Figura 6. Distribución del total de avistamientos en cada una de las zonas batimétricas, discriminados por tipo (durante piernas y oportunistas), registrados en el monitoreo de mamíferos marinos durante campañas de investigación realizadas en el B/I Aldebarán, operando en el Río de la Plata y la ZCPAU durante el periodo 2015-2019. **(PI)**: zona costera/plataforma interior (0-50 m); **(PM)**: plataforma media (51-100 m); **(PE)**: plataforma externa (101-200 m); **(TS)**: talud superior (201-1000 m) y **(TMI)**: talud medio e inferior (1001-3500 m).

Variables ambientales

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

La TSM media registrada durante el esfuerzo de monitoreo se ubicó en $14,99 \pm 0,17$ °C (rango = 6,8 - 24,0 °C). Para el total de los avistamientos registrados la misma se situó en $12,11 \pm 0,12$ °C (rango = 7,7 - 18,0 °C), mientras que los avistamientos de piernas tuvieron una TSM media de $12,43 \pm 0,16$ °C (rango = 7,7 - 18,0 °C). Los avistamientos oportunistas fueron registrados en TSM medias de $11,63 \pm 0,18$ °C (rango = 8,2 - 17,6 °C) (Tabla 5). Se visualizó una gran diferencia en la distribución del esfuerzo y los avistamientos para las mismas clases de temperatura (Fig. 7a, b). A pesar de que hubo una gran proporción del esfuerzo que fue realizado en aguas con TSM mayores a 15,0 °C (45,9%) (Fig. 7a), apenas un 2,4% de los avistamientos ocurrieron en dichas aguas (Fig. 7b).

Clorofila *a*

La Clo *a* media registrada durante el esfuerzo se situó en $1,91 \pm 0,08$ mg/m³ (rango = 0,13 - 12,38 mg/m³). Para el total de los avistamientos registrados la misma se ubicó en $2,05 \pm 0,08$ mg/m³ (rango = 0,43 - 7,17 mg/m³), mientras que los avistamientos de piernas tuvieron una Clo *a* media de $2,26 \pm 0,11$ mg/m³ (rango = 0,44 - 5,25 mg/m³). Los avistamientos oportunistas fueron registrados en

concentraciones de Clo *a* medias de $1,74 \pm 0,12$ mg/m³ (rango = 0,43 - 7,17 mg/m³) (Tabla 5). No se registraron piernas en aguas oligotróficas (< 0,1 mg/m³). No se registraron avistamientos en aguas oligo y mesotróficas (< 0,3 mg/m³), ya que la concentración mínima de Clo *a* fue 0,43 mg/m³.

Profundidad

La profundidad media registrada durante el esfuerzo se situó en 561 ± 43 m (rango = 4 - 3611 m). Para el total de los avistamientos registrados la misma se ubicó en 177 ± 17 m (rango = 31 - 2340 m), mientras que los avistamientos de piernas tuvieron una profundidad media de 165 ± 16 m (rango = 52 - 1370 m). Los avistamientos oportunistas fueron registrados en profundidades medias de 195 ± 36 m (rango = 31 - 2340 m) (Tabla 5). Debido a la gran extensión de la plataforma continental en comparación con la zona del talud muestreada, tanto el esfuerzo de monitoreo como los avistamientos se concentraron sobre la misma (Fig. 7e, f).

Distancia a la costa

La distancia a la costa media registrada durante el esfuerzo fue de $141,6 \pm 3,0$ km (rango = 6 - 305 km). Para el total de los avistamientos registrados la misma se situó en $167,2 \pm 1,6$ km (rango = 8 - 224 km), mientras que los avistamientos de piernas tuvieron una distancia a la costa media de $165,9 \pm 1,8$ km (rango = 95 - 212 km). Los avistamientos oportunistas fueron registrados en una distancia a la costa media de $169,3 \pm 2,8$ km (rango = 8 - 224 km) (Tabla 5). Se visualizó una gran diferencia en la distribución del esfuerzo y los avistamientos en las mismas clases de distancia a la costa (Fig. 7g, h). No hubo registros de BFA durante el monitoreo en distancias a la costa menores a 95 km y mayores a 224 km, a pesar de haberse llevado a cabo en estos sitios un 37,8% del total de las piernas (25,7 y 12,1%, respectivamente). La única excepción fue un avistamiento oportunista a 8 km de la costa.

Tabla 5. Profundidad (m), Temperatura Superficial del Mar (°C), Clorofila *a* (mg/m³) y distancia a la costa (km) de las piernas llevadas a cabo y los distintos tipos de avistamientos registrados durante el monitoreo de mamíferos marinos en distintas campañas de investigación en el B/I Aldebarán, operando en el Río de la Plata y la ZCPAU durante el periodo 2015-2019. ES = Error Estándar.

	PIERNAS	AVISTAMIENTOS de PIERNAS	AVISTAMIENTOS OPORTUNISTAS	AVISTAMIENTOS TOTALES
Profundidad (m)				
<i>Media ± ES</i>	561 ± 43	165 ± 16	195 ± 36	177 ± 17
<i>Rango</i>	4 / 3611	52 / 1370	31 / 2340	31 / 2340
TSM (°C)				
<i>Media ± ES</i>	14,99 ± 0,17	12,43 ± 0,16	11,63 ± 0,18	12,11 ± 0,12
<i>Rango</i>	6,8 / 24,0	7,7 / 18,0	8,2 / 17,6	7,7 / 18,0
Clo <i>a</i> (mg/m³)				
<i>Media ± ES</i>	1,91 ± 0,08	2,26 ± 0,11	1,74 ± 0,12	2,05 ± 0,08
<i>Rango</i>	0,13 / 12,38	0,44 / 5,25	0,43 / 7,17	0,43 / 7,17
Distancia a la costa (km)				
<i>Media ± ES</i>	141,6 ± 3,0	165,9 ± 1,8	169,3 ± 2,8	167,2 ± 1,6
<i>Rango</i>	6 / 305	95 / 212	8 / 224	8 / 224

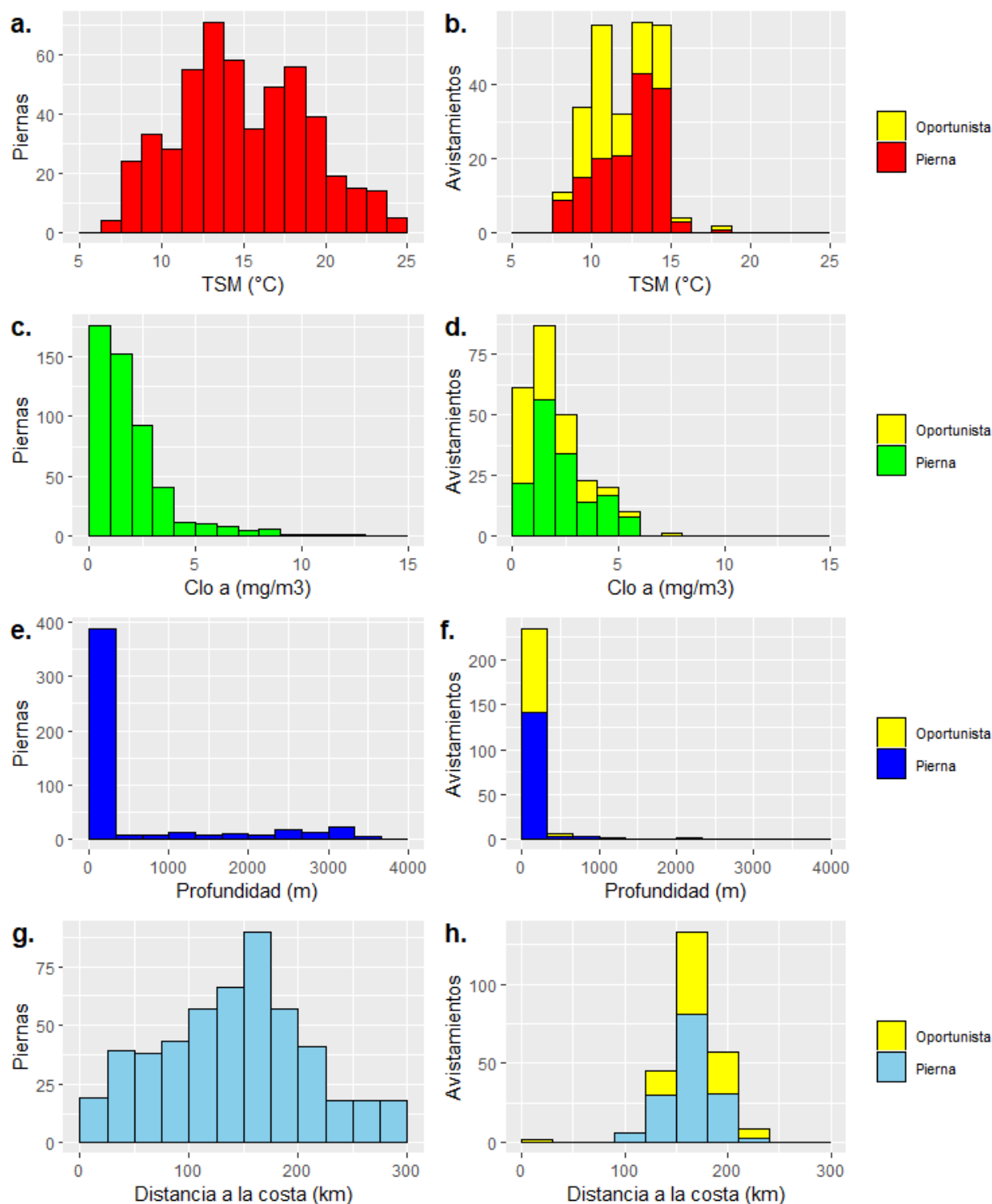


Figura 7. Distribución por clases definidas para las variables: **a.** y **b.** Temperatura Superficial del Mar (°C), **c.** y **d.** Clorofila *a* (mg/m³), **e.** y **f.** profundidad (m), **g.** y **h.** distancia a la costa (km) de las piernas llevadas a cabo (gráficos de la izquierda) y los distintos tipos de avistamientos registrados (gráficos de la derecha) en el monitoreo de mamíferos durante campañas de investigación realizadas en el B/I Aldebarán, operando en el Río de la Plata y la ZCPAU durante el periodo 2015-2019.

Abundancia por Unidad de Esfuerzo (APUE)

Dentro del total de las piernas llevadas a cabo, en un 87,5% la APUE tuvo un valor de 0 individuos/kilómetro recorrido. En un 12,5% del total de las piernas se registraron avistamientos. El valor medio general de APUE se situó en 0,045 ind/km, con un valor mínimo de 0 ind/km y un máximo de 1,250 ind/km. La porción de las piernas en las cuales se registró al menos un avistamiento alcanzó en conjunto un valor medio de APUE de 0,361 ind/km.

La mayor APUE fue encontrada en la zona de la plataforma externa (profundidad: 101-200 m), con un valor medio de 0,156 ind/km. En el talud superior (201-1000 m) la APUE media fue 0,053 ind/km, mientras que en la plataforma media (51-100 m) se ubicó en 0,044 ind/km. En la zona del talud medio e inferior (1001-3500 m) la media se situó en 0,006 ind/km. En la zona costera/plataforma interior (0-50 m) no se registraron avistamientos por lo que la APUE fue de 0 ind/km (Fig. 8). Se encontraron diferencias significativas entre la APUE de las diferentes zonas batimétricas (KW, $H = 40,10$ $p < 0,05$). La APUE en la zona de la plataforma externa fue significativamente mayor con respecto a los valores encontrados en el resto de las zonas (DN, $p < 0,05$). No se encontraron diferencias significativas particularmente entre la zona de la plataforma media con el talud superior (DN, $Z = -0,11$, $p > 0,05$) y entre la plataforma interior con el talud medio e inferior (DN, $Z = -0,45$, $p > 0,05$).

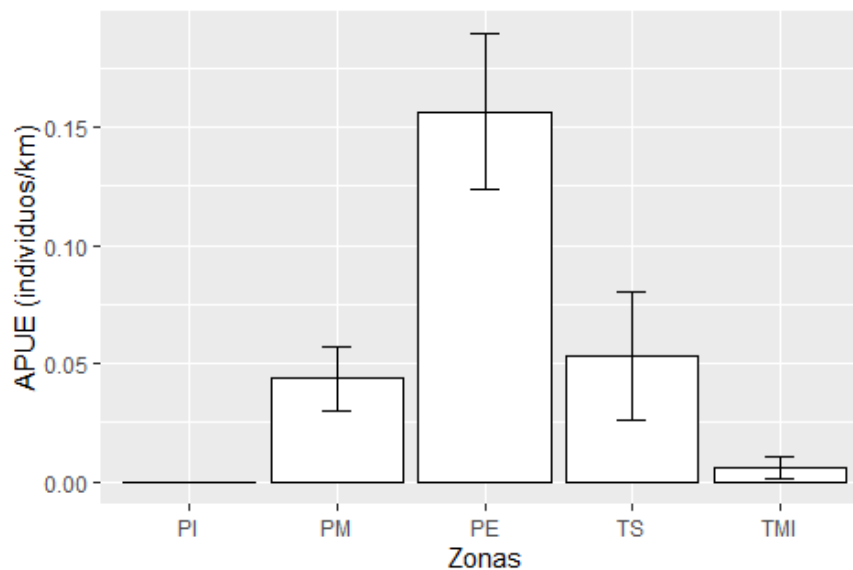


Figura 8. Valor medio de la Abundancia Por Unidad de Esfuerzo (APUE) de *Eubalaena australis* obtenido para distintas zonas batimétricas durante campañas de investigación realizadas en el B/I Aldebarán, operando en el Río de la Plata y la ZCPAU durante el periodo 2015-2019, con sus respectivos errores estándar. **(PI)**: zona costera/plataforma interior (0-50 m); **(PM)**: plataforma media (51-100 m); **(PE)**: plataforma externa (101-200 m); **(TS)**: talud superior (201-1000 m) y **(TMI)**: talud medio e inferior (1001-3500 m).

Con relación a la categorización por temperaturas superficiales del mar (TSM), las piernas realizadas con TSM entre 10,1 – 15,0 °C tuvieron la mayor APUE media (0,081 ind/km), seguidas por aquellas con TSM < 10,0 °C, donde la APUE media fue de 0,059 ind/km. Para el rango de TSM entre 15,1 – 20,0 °C, la APUE se situó en 0,011 ind/km. No se registraron avistamientos (APUE = 0 ind/km) durante el esfuerzo realizado en las aguas más cálidas (TSM > 20,1 °C; Fig. 9). Se hallaron diferencias significativas entre la APUE de las categorías de TSM (KW, $H = 41,36$, $p < 0,05$). Mediante comparaciones pareadas se encontró que la APUE de la categoría de TSM < 10,0 °C fue significativamente mayor que las APUE de las categorías de TSM 15,1 – 20,0 °C (DN, $Z = -3,38$, $p < 0,05$) y TSM > 20,1 °C (DN, $Z = -3,14$, $p < 0,05$). Lo mismo ocurrió con la APUE de la categoría de TSM 10,1 – 15,0 °C que fue significativamente mayor que las APUE de las categorías de TSM 15,1 – 20,0 °C (DN, $Z = -5,56$, $p < 0,05$) y TSM > 20,1 °C (DN, $Z = -4,25$, $p < 0,05$). Sin embargo, se encontró que la APUE no varió significativamente entre las categorías TSM < 10,0 °C y TSM 10,1 – 15,0 °C (DN, $Z = -0,43$, $p > 0,05$) y entre las categorías TSM 15,1 – 20,0 °C y TSM > 20,1 °C (DN, $Z = -0,56$, $p > 0,05$).

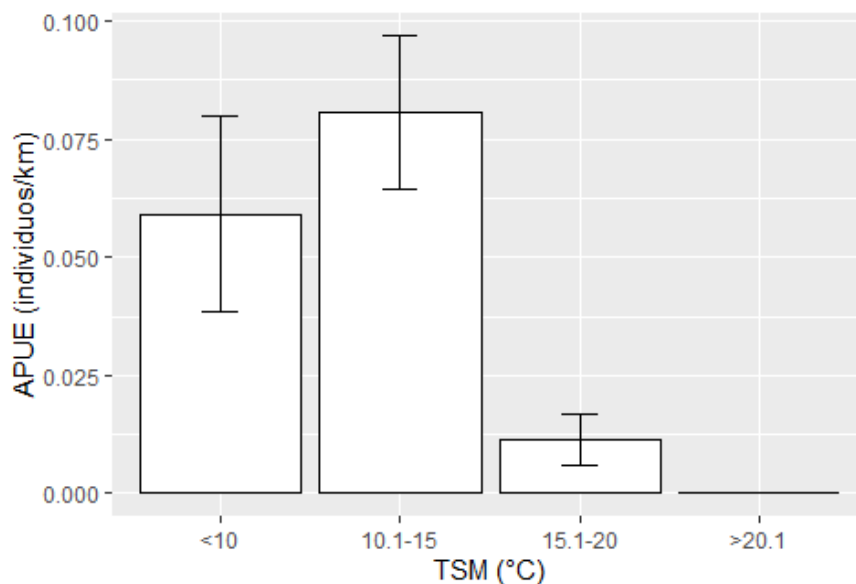


Figura 9. Valor medio de la Abundancia Por Unidad de Esfuerzo (APUE) de *Eubalaena australis* obtenido para diferentes categorías de temperatura superficial del mar (TSM) durante campañas de investigación realizadas en el B/I Aldebarán, operando el Río de la Plata y la ZCPAU durante el periodo 2015-2019, con sus respectivos errores estándar.

En cuanto a las categorías tróficas, ninguna pierna fue realizada en aguas oligotróficas ($Clo\ a < 0,1\ mg/m^3$), siendo el valor mínimo de $Clo\ a$ obtenido de $0,13\ mg/m^3$. La mayoría de las piernas (65,2%) ingresaron en la categoría de aguas enriquecidas y tuvieron una APUE media de $0,065\ ind/km$. La APUE media para las aguas eutróficas se situó en $0,010\ ind/km$, en donde se atribuyen un 25,9% de las piernas. Para las aguas mesotróficas, en donde se llevaron a cabo un 8,9% de las piernas, no se registraron avistamientos ($APUE = 0\ ind/km$; Fig. 10). Se encontró que la APUE de las distintas categorías tróficas variaron significativamente (KW, $H = 17,40$, $p < 0,05$). Las comparaciones pareadas demostraron que la APUE en las aguas enriquecidas fue significativamente mayor con respecto a los valores encontrados en el resto de las categorías (DN, $p < 0,05$).

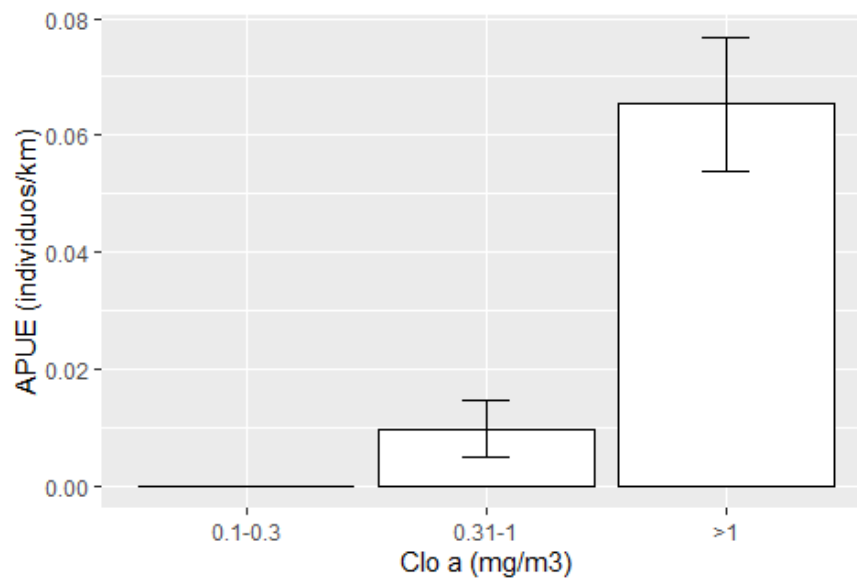


Figura 10. Valor medio de la Abundancia Por Unidad de Esfuerzo (APUE) de *Eubalaena australis* obtenido para diferentes categorías de Clorofila *a* durante campañas de investigación realizadas en el B/I Aldebarán, operando en el Río de la Plata y la ZCPAU durante el periodo 2015-2019, con sus respectivos errores estándar.

El mes con la mayor APUE media fue setiembre, con 0,103 ind/km. Octubre registró una APUE media de 0,061 ind/km mientras que la de noviembre fue 0,060 ind/km. En el mes de agosto se obtuvo una APUE media de 0,023 ind/km y en el mes de diciembre la misma se situó en 0,005 ind/km. Los meses de marzo, abril, junio y julio registraron una APUE de 0 ind/km (Fig. 11). Se encontraron diferencias significativas entre los meses muestreados (KW, $H = 40,10$, $p < 0.05$). La APUE del mes de setiembre fue significativamente mayor que la APUE del resto de los meses (DN, $p < 0,05$).

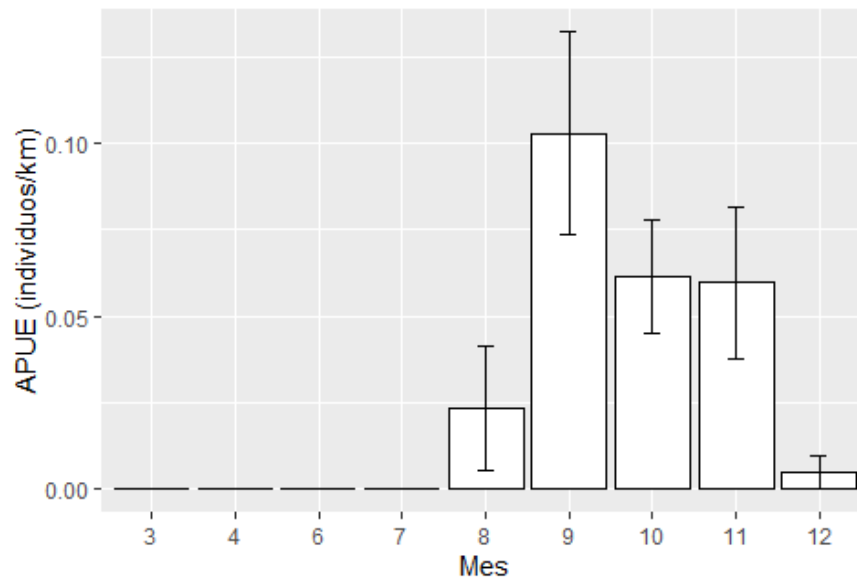


Figura 11. Valor medio de la Abundancia Por Unidad de Esfuerzo (APUE) de *Eubalaena australis* obtenido por meses durante campañas de investigación realizadas en el B/I Aldebarán, operando en el Río de la Plata y la ZCPAU durante el periodo 2015-2019, con sus respectivos errores estándar.

Las condiciones de muestreo buenas tuvieron en media una APUE de 0,052 ind/km, mientras que las condiciones de muestreo regulares registraron una APUE media de 0,029 ind/km (Fig. 12). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre la APUE de ambas categorías (MW, $U = 28701$, $p > 0,05$).



Figura 12. Valor medio de la Abundancia Por Unidad de Esfuerzo (APUE) de *Eubalaena australis* obtenido en condiciones de monitoreo buenas y regulares, durante campañas de investigación realizadas en el B/I Aldebarán, operando en el Río de la Plata y la ZCPAU durante el periodo 2015-2019, con sus respectivos errores estándar.

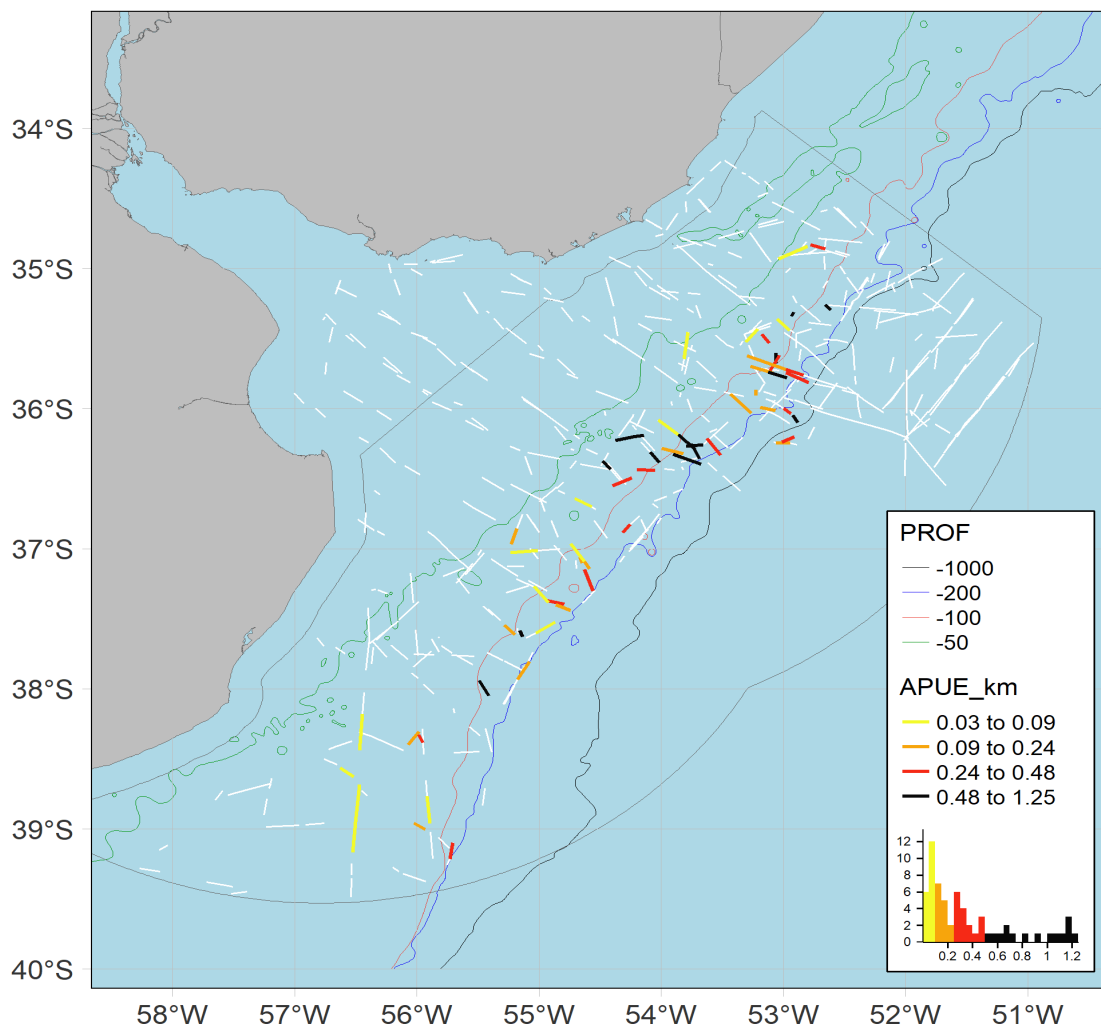


Figura 13. Distribución espacial de la APUE de cada pierna llevada a cabo en el monitoreo de mamíferos marinos durante campañas de investigación realizadas en el B/I Aldebarán, durante el periodo 2015-2019. Se representa la ZCPAU (Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya). Piernas blancas: APUE = 0 ind/km; Piernas de color: APUE > 0 ind/km.

Las piernas representadas con color blanco en la Fig. 13 indican una gran proporción de piernas (87,5%) con APUE nulo. Las 63 piernas que tuvieron avistamientos (12,5% del total) están identificadas con colores y se concentraron principalmente en la zona de la plataforma externa (hasta 200 m de profundidad). Se vio también que las piernas que alcanzaron altos valores de APUE tendieron a estar agrupadas en ciertas zonas, cercanas a la intersección de la latitud 36 ° S con las longitudes 53 ° W y 54 ° W (Fig. 13).

Discusión

Varios trabajos indican que la población de BFA viene creciendo luego de finalizar su explotación masiva por parte de la industria ballenera (Cooke *et al.*, 2001; Cooke, 2013; Crespo *et al.*, 2018; Groch *et al.*, 2005; Romero *et al.*, 2022), lo que posiblemente haya llevado a una expansión de su distribución hacia aguas más profundas (Crespo *et al.*, 2018). Conocer los patrones espaciotemporales de distribución de la especie, tanto en las áreas reproductivas como a lo largo de su extensa área de migración (Mandiola *et al.*, 2019; Costa *et al.*, 2005, 2007; Jorge *et al.*, 2011; Weir & Stanworth, 2019), es extremadamente esencial para su conservación y manejo, y ha sido destacado como prioridad por el Plan de Manejo para la Conservación (PMC) de la BFA del Atlántico sudoccidental (Iñíguez Bessega *et al.*, 2012). Previo a la presente investigación, los estudios sobre la ocurrencia y distribución de BFA realizados en Uruguay se restringían a aguas rasas, cubriendo una distancia de escasos kilómetros a la línea de costa (Costa *et al.*, 2005; Costa *et al.*, 2007; Jorge *et al.*, 2011; Riet-Saprizza *et al.*, 2011; Tellechea & Norbis, 2012). En esta tesis, se presenta un estudio sin precedentes para la región, abordando datos obtenidos durante varios muestreos realizados sobre un área de varios miles de km², ubicada en una zona completamente diferente y muy alejada de las áreas de estudio de la mayoría de los estudios previos. La gran cantidad de avistamientos de BFA registrados en la presente investigación indican que las aguas alejadas de la costa en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (ZCPAU) son de suma importancia para la especie, arrojando a su vez información crucial para entender las preferencias de hábitat en esta zona previamente no estudiada, ubicada entre las dos áreas costeras donde más estudios se han realizado sobre la especie en el Atlántico sudoccidental.

Limitaciones metodológicas

La zona muestreada de la ZCPAU, Río de la Plata y costa Atlántica, así como el tipo de metodología aplicada a bordo de un buque de investigación para obtener los datos no tiene precedentes similares para Uruguay, donde sólo existían estudios que reportaban avistamientos en la franja costera, ya sea desde tierra (Costa *et al.*, 2005) o mediante relevamientos aéreos costeros (Costa *et al.*, 2007; Jorge *et al.*, 2011; Riet-Saprizza *et al.*, 2011). Obtener datos de avistamientos de cetáceos desde el mar representa un gran desafío, principalmente debido a su elevado costo y logísticas a menudo complejas. A pesar de estas limitaciones, la información obtenida mediante piernas en el medio marino es muy importante y presenta un valioso complemento para los estudios previos.

El esfuerzo del presente trabajo provino del monitoreo visual de mamíferos marinos, asociado a piernas que fueron llevadas a cabo durante doce campañas de investigación (dos de recursos demersales costeros, cuatro de demersales de altura y seis de grandes peces pelágicos). No hay una relación equitativa entre el tipo de campañas muestreadas, lo que podría tener implicancias en los resultados obtenidos. Por ejemplo, no fueron halladas ballenas en la plataforma interior (área de trabajo de las campañas costeras). A pesar de que en esa zona fue donde hubo menos campañas realizadas,

correspondientes a dos campañas costeras, el esfuerzo de monitoreo durante las mismas representó un 24,8% de las piernas totales, llevadas a cabo entre octubre y diciembre. La distancia media recorrida de las 505 piernas llevadas a cabo durante el estudio fue de 13 ± 6 km (rango = 1 - 35 km). Sin embargo, el 95% de las piernas estuvieron entre 3 y 26 km.

La gran amplitud en el rango de distancia recorrida durante las piernas estuvo dada por las características diferenciales de cada campaña, las cuales responden a objetivos relacionados con la investigación biológico-pesquera de distintos recursos ícticos. Por ende, no existió la posibilidad de direccionar el diseño y distribución temporal de las campañas para atender a objetivos vinculados con los mamíferos marinos. Aunque no fue siempre posible planificar el recorrido de las piernas previo a su realización, se buscó optimizar la asignación de estas para maximizar el esfuerzo de monitoreo y la cobertura del área de estudio en cada campaña. A pesar de que todas las zonas fueron representadas (plataforma interior, media y externa, talud), estas no fueron muestreadas en los mismos meses a lo largo de los años, ya que cada campaña tuvo su zona de estudio particular, atendiendo a los objetivos de la misma. El hecho de que el esfuerzo no haya sido homogéneo en espacio y tiempo durante el estudio podría generar sesgos en los resultados dado que la BFA tiene claros hábitos migratorios y no reside todo el año en nuestra región. Por esto, para futuros estudios de este tipo sería ideal que la embarcación pueda estar enfocada únicamente en el monitoreo de mamíferos marinos y no dependa de otras actividades.

Distribución espaciotemporal de la BFA

Los resultados de la presente investigación indican que la distribución espacial de BFA no fue homogénea en el área de estudio, si no que estuvo restringida principalmente a la plataforma media y externa (51-200 m de profundidad), donde se registraron el 89,2% del total de los avistamientos (35,0% y 54,2% respectivamente). Aparte de registrar la mayor cantidad de avistamientos en la zona de la plataforma externa, también se obtuvo allí la mayor APUE ($\bar{x} = 0,156$ ind/km). La APUE media de la plataforma media fue considerablemente menor (0,044 ind/km). Estos datos no solo corresponden a los primeros registros de avistamientos de BFA en aguas uruguayas y adyacentes fuera de la franja costera, sino que demuestran que en la región estudiada la distribución no se restringe a la costa, sino que también ocupa zonas menos someras muy alejadas de la costa. Algunos datos de telemetría satelital para nuestra región disponibles en la literatura (Zerbini *et al.*, 2018) corresponden a los años 2016 y 2017, ubicándose dentro de nuestro período de estudio (2015 – 2019). Esta información reveló que todas las ballenas marcadas en el Golfo San Matías (Argentina) se trasladaron al este hacia aguas alejadas de la costa en la plataforma continental externa y el quiebre de plataforma y talud continental a lo largo de la costa de América del Sur.

No se obtuvo esfuerzo de monitoreo para los meses de enero y febrero. El hecho de que no se hayan registrado avistamientos de BFA en el período de marzo a julio (67 piernas; 928 km recorridos) coincide con la estacionalidad de la especie durante sus movimientos migratorios. Estudios previos

indican que, durante el verano y otoño, se observan ballenas alimentándose en latitudes predominantes altas (Jackson *et al.*, 2020; Nijs & Rowntree, 2016; Hamner *et al.*, 1988). Sin embargo, hay que considerar que el 85,1% de las piernas de monitoreo realizadas durante el período de marzo hasta julio fueron llevadas a cabo en la zona del talud medio e inferior, en donde se hallaron tan sólo un 2,4% del total de los avistamientos. Diciembre fue el segundo mes más muestreado y sin embargo solo se registraron dos avistamientos (APUE, $\bar{x} = 0,005$ ind/km), lo que también es consistente con la estacionalidad marcada en nuestra zona. No obstante, el 71,1% de las piernas efectuadas en diciembre fueron realizadas sobre la plataforma interior y el talud medio e inferior. En esas dos zonas es en donde se encontró la menor cantidad de avistamientos totales, sumando un 2,8% entre las mismas. Estos resultados demuestran que es importante poder monitorear las zonas donde más se avistaron ballenas (plataforma media y externa) durante los “meses límite de distribución” como junio, julio y diciembre, en los cuales no se han realizado campañas de investigación.

Los resultados temporales del presente trabajo indican que el mes con mayor cantidad de avistamientos fue octubre, con un 53,8% de los avistamientos totales, coincidiendo con el 51,3% obtenido en Costa *et al.* (2005). Para el trabajo realizado por Costa *et al.* (2007) no se registró un mes con mayores registros de BFA, sino que un período: de agosto a octubre. Riet-Saprizza *et al.* (2011) encontraron diferencias en los patrones de agregación de la BFA en la costa uruguaya entre meses. El mes con la mayor APUE media fue setiembre (0,103 ind/km), mientras que octubre registró una APUE media de 0,061 ind/km. A pesar de que agosto cuenta con una baja APUE media (0,023 ind/km) y proporción de avistamientos (2,8%), entre los meses de agosto a octubre se encuentran un 80,7% de los avistamientos totales, resultados que coinciden con lo reportado para el mismo período (90,0%) por Costa *et al.* (2007). La investigación de Mandiola *et al.* (2019) en Mar del Plata, Argentina, también encontró que la mayoría de los avistamientos ocurrieron en el período de agosto a octubre. En el estado de Santa Catarina, Brasil, la mayoría de los avistamientos fueron reportados en agosto y setiembre (Danilewicz *et al.*, 2016; Groch *et al.*, 2005) mientras que Seyboth *et al.* (2015) y Renault-Braga *et al.* (2018) registraron la mayor cantidad de avistamientos en setiembre.

A pesar de que en Brasil Renault-Braga *et al.* (2018) hallaron un descenso pronunciado en los avistamientos costeros para el mes de noviembre, en el presente trabajo noviembre contó con un 18,5% del total de los avistamientos y una APUE media de 0,060 ind/km, muy similar al mes con mayor cantidad de avistamientos (octubre). Costa *et al.* (2005) no registró esfuerzo en la costa uruguaya para el mes de noviembre, mientras que Costa *et al.* (2007) obtuvo un 3,2% de los individuos totales avistados para ese mes en la franja costera. Jorge *et al.* (2011) encontraron que algunos individuos permanecieron de 20 a 41 días en las proximidades de su área de estudio, entre setiembre y octubre, pero sin re-identificaciones en noviembre. Los estudios costeros en la región indican que los avistamientos en noviembre comienzan a ser más escasos con respecto a setiembre-octubre. Sin embargo, en este trabajo los avistamientos registrados durante noviembre en aguas distantes a la costa corresponden a una parte considerable del total.

Por más que es necesaria mayor investigación sobre patrones de movimiento de la BFA espacial y temporalmente, en Zerbini *et al.* (2016, 2018) se contemplan individuos de diferentes clases, lo que viene ayudando a conocer la diversidad de patrones. Se ha registrado una falta de patrones claros en los movimientos de las ballenas y el uso de diferentes estrategias durante su dispersión en Nueva Zelanda (Mate *et al.*, 2011) y Sudáfrica (Mackay *et al.*, 2020). Se vio que cuatro ballenas de nueve marcadas en el Golfo San Matías (Zerbini *et al.*, 2018) a mediados de setiembre se desplazaron hacia el norte a lo largo de la costa de la provincia de Buenos Aires en Argentina y de Uruguay. Dos de estos individuos posteriormente utilizaron gran parte del área de estudio del presente trabajo, desplazándose hacia el este y concentrándose sobre la plataforma externa y talud superior (100 – 1000 m). Otro individuo luego de recorrer la zona costera se dirigió hacia aguas de plataforma media y externa, ingresando en instancias al área de estudio de la presente investigación, cerca del extremo sur de la misma. El cuarto individuo no ingresó al área de estudio si no que al llegar cerca de Necochea (Argentina) regresó también por la costa en dirección sur hacia el Golfo. Los demás individuos analizados por Zerbini *et al.* (2018), así como los monitoreados en Zerbini *et al.* (2016), utilizaron áreas sobre la plataforma externa y talud superior (100 - 1000 m) en zonas situadas al sur de la analizada en el presente trabajo. Sin embargo, un individuo analizado por Zerbini *et al.* (2016) utilizó el área de estudio de la presente investigación en el mes de octubre y noviembre del 2015, coincidiendo con nuestro período de estudio. Este individuo accedió a la ZCPAU por aguas distantes a la costa y no por la franja costera como lo hicieron los individuos mencionados de Zerbini *et al.*, 2018.

Una de las categorías de hábitat para las BFA reconocida por la IWC (2001) son las áreas reproductivas en las que predominan el cortejo y el apareamiento. Tales áreas han sido descritas en Saldanha Bay en Sudáfrica (Barendse & Best, 2014), en las islas Malvinas (Weir & Stanworth, 2019) y a lo largo de la costa de Uruguay (Costa *et al.*, 2007; Jorge *et al.*, 2011). En la presente investigación no se estudiaron aspectos comportamentales, pero la distribución observada en el espacio y en el tiempo mencionada anteriormente nos otorga información acerca de preferencias del hábitat. El trabajo de Weir & Stanworth (2019) encontró diferencias en la distribución espaciotemporal de la BFA alrededor de la isla, sugiriendo usos múltiples en el hábitat. Las ballenas utilizarían las aguas de las Malvinas para diferentes propósitos según el ambiente y la época del año. Algo similar podría ocurrir en las aguas uruguayas y adyacentes. Aunque tanto en la costa como en aguas alejadas de la misma la mayor proporción de avistamientos se dio en octubre, sólo en la segunda zona las ballenas ocurrieron de forma importante en noviembre. Esto puede tener que ver con preferencias temporales hacia la costa o aguas de plataforma para llevar a cabo comportamientos sociales y/o reproductivos.

Los avistamientos oportunistas representaron un 39,6% del total de avistamientos. Esto indica que la información que nos provee este tipo de avistamiento es valiosa a pesar de no tener un esfuerzo asociado. Carroll *et al.* (2014) resaltó la importancia de los avistamientos oportunistas en su investigación en Nueva Zelanda. La frecuencia de la distribución espacial y temporal para el presente trabajo fue muy similar tanto para los avistamientos de piernas como para los avistamientos

oportunistas. Las semejanzas observadas en los distintos meses y en las diferentes zonas batimétricas indican que los avistamientos registrados durante el monitoreo, en conjunto con los oportunistas, representan en buena forma la distribución espaciotemporal de BFA en el área de estudio. Otra utilidad que provee el dato del avistamiento oportunista es que nos indica posibles zonas de agregación que el monitoreo pudo no haber identificado por diferentes motivos. Mediante la superposición de los registros de avistamientos oportunistas con las piernas efectuadas (Fig. 14), podemos visualizar si hay coincidencias entre los sitios con mayores abundancias de ballenas avistadas de forma oportunista y las zonas en donde hubo valores más altos de APUE. El hecho de que hayan aparecido diferentes zonas de agregación producto del oportunismo, cercanas a la latitud 37° S y longitudes 54° W - 55° W (Fig. 14), nos indica que esa zona puede ser importante para la especie y debería ser considerada para futuros estudios, aparte de las zonas de agregación identificadas con mayores valores de APUE.

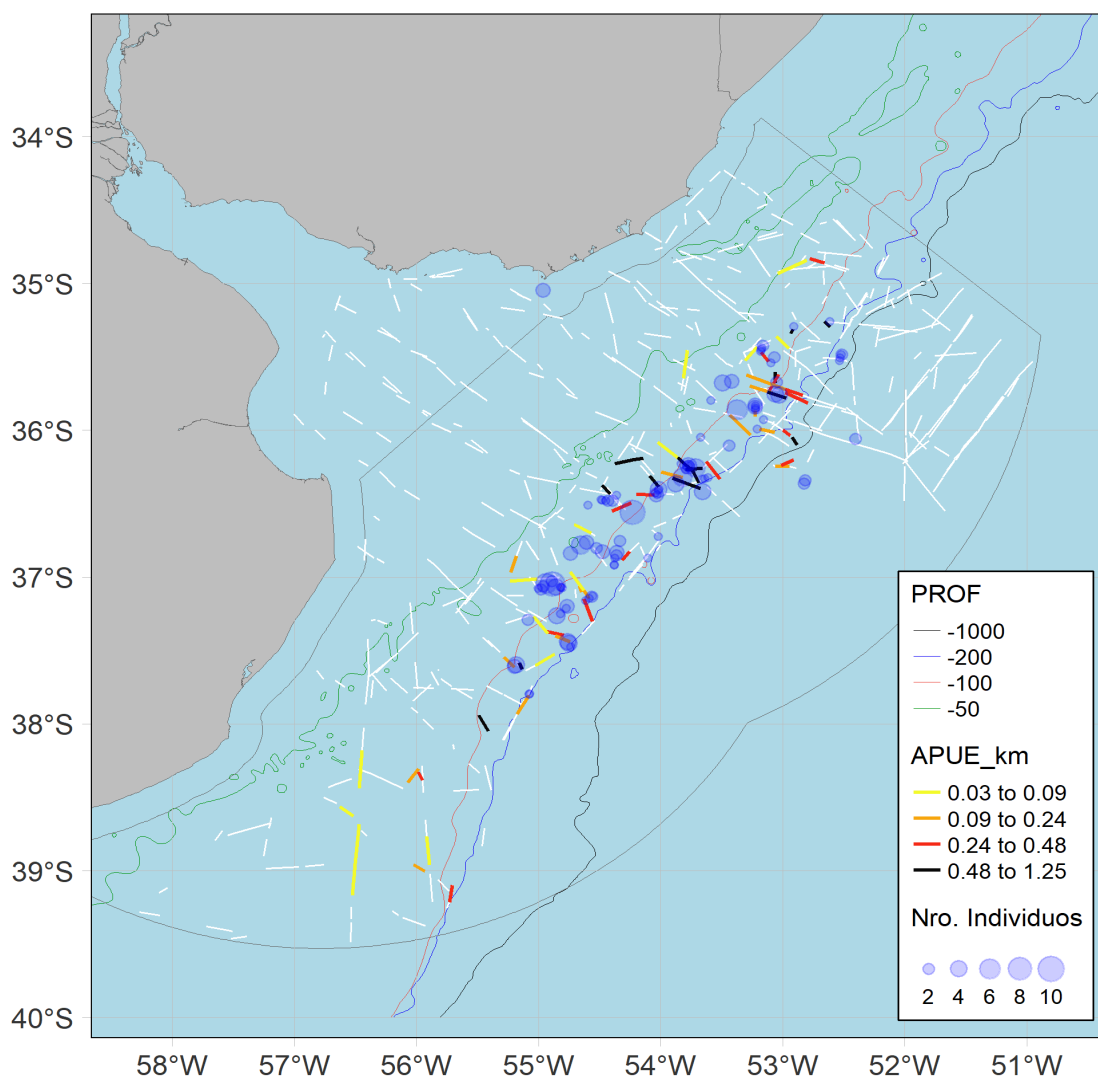


Figura 14. Distribución espacial de la APUE de cada pierna (blancas: APUE = 0 ind/km; de color: APUE > 0 ind/km) solapado con los avistamientos oportunistas (puntos azules) registrados en el monitoreo de mamíferos marinos durante campañas de investigación realizadas en el B/I Aldebarán, durante el periodo 2015-2019. Se representa la ZCPAU (Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya).

Variables ambientales relacionadas al hábitat de la BFA

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

El esfuerzo realizado en el presente trabajo comprende piernas que se realizaron en áreas con una TSM media de $14,99 \pm 0,17$ °C. Al haberse llevado a cabo campañas de investigación dirigidas hacia distintos recursos pesqueros, las mismas son representativas de distintas zonas del área de estudio, incluyendo la zona costera, la zona de plataforma, talud continental y aguas oceánicas. Por este motivo

se obtuvo un amplio rango de TSM (6,8 - 24,0 °C). Aparte, los muestreos llevados a cabo a lo largo de los años fueron en distintas estaciones (otoño, invierno y primavera), por lo que podemos inferir que gran parte de esta variación se debe a los factores climáticos propios de cada estación. Obtener datos de la distribución de la ballena franca, tanto en áreas de alimentación como en áreas reproductivas en conjunto con la TSM es de suma importancia. Se ha analizado el éxito reproductivo de la BFA en los principales sitios reproductivos del ASO en relación con las variaciones de la TSM por el cambio climático y su influencia con la disponibilidad de alimento en las áreas de alimentación. Tanto en Santa Catarina, Brasil (Seyboth *et al.*, 2016) como en Península Valdés, Argentina (Leaper *et al.*, 2006) se sugirió una correlación significativa entre ambas variables. Se encontró que las ballenas francas del Atlántico norte (*Eubalaena glacialis*) no se distribuyen al azar en relación con la TSM, sugiriendo que esta variable probablemente juegue un papel importante en la distribución de la especie en esa región (Keller *et al.*, 2006).

A pesar de haberse efectuado monitoreo para un amplio rango de TSM en el presente trabajo, los avistamientos totales, de piernas y oportunistas, estuvieron restringidos a un rango menor, con un mínimo de 7,7 °C y un máximo de 18,0 °C. El rango de TSM para los avistamientos de *E. glacialis* registrados en el Atlántico norte (Keller *et al.*, 2006) tuvo un mínimo de 8,0 °C y un máximo de 22,0 °C. La TSM media durante el presente trabajo también varió considerablemente con respecto al valor obtenido durante el esfuerzo, situándose en $12,11 \pm 0,12$ °C para el total de los avistamientos, $12,43 \pm 0,16$ °C para los avistamientos de piernas y $11,63 \pm 0,18$ °C en los avistamientos oportunistas. Keller *et al.* (2006) registró una TSM media de $14,3 \pm 2,1$ °C en la distribución de los avistamientos de *E. glacialis* en el Atlántico norte. La mayoría de los individuos marcados satelitalmente en Australasia (Mackay *et al.*, 2020) permanecieron en aguas con TSM cercanas a los 10,0 °C durante los meses de octubre y noviembre, alcanzando hasta valores próximos a los 20,0 °C en áreas cercanas al continente. Los resultados obtenidos en la presente investigación nos dan la pauta de una clara preferencia de las BFA hacia aguas frías/templadas y nos muestra que a pesar de que los muestreos con TSM > 18,0 °C corresponden a un 23,8% del total, no se avistaron BFA para esas temperaturas. El área en donde se registraron la mayoría de los avistamientos se encuentra cercana al extremo norte de la corriente de Malvinas. En su fuente la TSM es cercana a los 4,0 °C y aumenta hacia el norte hasta los 16,0 °C en la latitud donde la corriente se separa del límite continental (~39–40°S) (Piola & Matano, 2017). Allí es donde se encuentra la Confluencia Brasil-Malvinas (BMC), al chocar con la corriente de Brasil proveniente del norte y de aguas cálidas. El choque entre estas masas de agua tan diferentes favorece la productividad, generando agregaciones de individuos de los distintos niveles tróficos. La BFA no es una excepción y aprovecharía estas regiones productivas para congregarse.

Clorofila a

Las elevadas concentraciones de Clo *a* registradas para el esfuerzo de monitoreo, avistamientos totales, de piernas y oportunistas ($\bar{x} = 1,91 \pm 0,08$ mg/m³; $\bar{x} = 2,05 \pm 0,08$ mg/m³; $\bar{x} = 2,26 \pm 0,11$ mg/m³;

$\bar{x} = 1,74 \pm 0,12 \text{ mg/m}^3$) indicarían que esta variable podría jugar un rol muy importante en la distribución espacial de la especie en el área de estudio, ya que indica el estado trófico de las aguas. Estudios comportamentales enfocados en la BFA en Uruguay (Costa *et al.*, 2007; Jorge *et al.*, 2011) indican que estas aguas entrarían en la categoría de la IWC (2001) “áreas reproductivas: zonas donde el comportamiento de cortejo es predominante y ocurre la cópula”, sin embargo, según las elevadas concentraciones de Clo *a* encontradas en nuestro trabajo, se podría desprender la hipótesis de que las BFA buscan esta área del Atlántico sudoccidental para alimentarse, aparte de los comportamientos asociados a aspectos reproductivos.

Las intrusiones de la corriente de Malvinas sobre la plataforma continental aportan nutrientes que favorecen la producción primaria, viéndose esto reflejado en las altas concentraciones de Clo *a*, y por lo tanto en la disponibilidad de alimento para las ballenas. La concentración mínima de Clo *a* registrada durante el esfuerzo fue $0,13 \text{ mg/m}^3$ mientras que para los avistamientos se situó en $0,43 \text{ mg/m}^3$. A pesar de que los muestreos en aguas mesotróficas (Clo *a* < $0,30 \text{ mg/m}^3$) fueron solo un 8,9% del total, no se obtuvieron registros de BFA allí. Todos los avistamientos ingresaron en “aguas eutróficas” o “aguas enriquecidas” ya que la Clo *a* > $0,31 \text{ mg/m}^3$. A pesar de que no ha sido estudiado en la región el efecto de la productividad en la distribución de la BFA, en Australia se vieron asociaciones en los movimientos de algunos individuos con distintos frentes oceanográficos (Mackay *et al.*, 2020).

Profundidad

El rango de batimetría para el total de los avistamientos (27 - 2340 m) fue considerablemente menor frente a las profundidades obtenidas durante el monitoreo ($\bar{x} = 561 \pm 43 \text{ m}$; rango = 4 – 3611 m). Los avistamientos registrados únicamente durante las piernas tuvieron un rango más acotado (52 - 1370 m). Un 40,8% del total de las piernas fueron llevadas a cabo en profundidades menores a 52 m o mayores a 1370 m (23,8% y 17,0%, respectivamente), sin embargo, solo se registraron tres avistamientos oportunistas a más de 1370 m. Las profundidades de los avistamientos totales, de piernas y oportunistas ($\bar{x} = 177 \pm 17 \text{ m}$; $\bar{x} = 165 \pm 16 \text{ m}$; $\bar{x} = 195 \pm 36 \text{ m}$) fueron muy inferiores frente a las obtenidas durante el monitoreo.

Las profundidades medias obtenidas para los avistamientos coinciden con la zona de la plataforma externa (101-200 m), donde se registraron la mayoría de los avistamientos (54,2%; Fig. 6). Se encontró que las isóbatas de 100 y 200 m fueron áreas de alto uso de la especie (Zerbini *et al.*, 2016) por datos obtenidos de individuos marcados satelitalmente en Argentina en los años 2014 y 2015. Aparte, Zerbini *et al.* (2018) encontró que la mayoría de las ballenas marcadas en 2016 y 2017 permanecieron gran parte del tiempo entre las isóbatas de 100 y 1000 m desde el Río de la Plata hasta los alrededores de las Islas Malvinas. Para el presente trabajo se registraron un 54,2% del total de avistamientos entre las isóbatas de 100 y 200 m y un 62,2% entre las isóbatas de 100 y 1000 m.

Distancia a la costa

La enorme mayoría del conocimiento sobre la BFA tiene que ver con estudios realizados en aguas someras muy próximas a la costa. Los relevamientos aéreos llevados a cabo en Península Valdés, Argentina, cubrieron una distancia máxima de 1,5 km de la costa (Crespo *et al.*, 2018). El trabajo de Mandiola *et al.* (2019) en Mar del Plata, Argentina, se basó en avistamientos realizados desde la tierra, por ende, la distancia a la costa máxima son unos pocos kilómetros, a pesar de contar con cerca de un 5% de avistamientos oportunistas registrados en campañas oceanográficas en el mar. La distancia a la costa para los avistamientos registrados en el sur de Brasil (Danilewicz *et al.*, 2016) varió entre 0,5 y 8,9 km ($\bar{x}$ =2,4 km) desde la tierra y hasta un máximo de 1,5 km durante relevamientos aéreos (Groch *et al.*, 2005; Seyboth *et al.*, 2016). Los registros actuales en aguas uruguayas (Costa *et al.*, 2005, 2007; Jorge *et al.*, 2011; Riet-Saprizza *et al.*, 2011; Tellechea & Norbis, 2012) abarcan hasta un máximo de 2 km de la costa.

Son escasos los registros de BFA en aguas alejadas de la franja costera. En el presente trabajo se muestra la distancia a la costa de los 488 individuos registrados durante 249 avistamientos en la ZCPAU. El esfuerzo fue realizado en áreas con una distancia a la costa mínima de 6 km, una máxima de 305 km y una media de 141,6 km, mientras que la distancia a la costa media durante los avistamientos fue de 167,2 km y la máxima 224 km. Vermeulen *et al.* (2021) revisó todos los trabajos publicados y no publicados, así como cualquier información disponible en la literatura acerca de la ocurrencia global de BFA en aguas a más de 5 millas náuticas de la costa, al sur de los 40°S en el período entre 1980 y 2020. Otros registros provienen de la época de la caza, en la cual los balleneros generaban bitácoras donde registraban las posiciones geográficas de las capturas (Townsend, 1935; Richards, 2009). Estos datos tienen un sesgo muy grande ya que en ese momento la población de la especie era considerablemente mayor, pero nos otorga referencias de zonas de agregación históricas. Best *et al.* (1993) registraron mediante fotoidentificación algunos movimientos importantes de ballenas en el Atlántico sur, que sumado a los registros históricos de balleneros determinaron un área de importante uso en la región sudoccidental, aproximadamente entre las latitudes 40 ° S – 60 ° S y longitudes 30 ° W – 55 ° W. Recientemente se ha registrado mediante telemetría satelital la migración de algunos individuos marcados en Península Valdés (Zerbini *et al.*, 2016,2018), ayudando a conocer la naturaleza del desplazamiento y evidenciar el uso de aguas distantes de la costa, observando que la especie utiliza con alta frecuencia zonas de plataforma externa y talud continental.

A pesar de que en la presente investigación se registró un único avistamiento oportunista a 8 km de la costa, durante el monitoreo visual la distancia mínima para un avistamiento fue de 95 km de la costa. Un 25,7% de las piernas fueron llevadas a cabo a una distancia de la costa menor a 95 km y sin embargo no se obtuvieron registros de BFA en el transcurso de esos muestreos, siendo que, dentro de esas piernas, un 17% fueron realizadas dentro de los meses con mayores avistamientos (agosto,

setiembre, octubre y noviembre). Se notó la ausencia de la especie en aguas muy lejanas a la costa, ya que a pesar de haberse efectuado un 11,9% de las piernas en una distancia a la costa mayor a 224 km, no se hallaron BFA para ese esfuerzo. En este caso, casi todas esas piernas fueron llevadas a cabo en meses en los cuales no se esperarían avistamientos (marzo, abril, junio y diciembre). Como fue mencionado en otras secciones, los datos obtenidos en nuestro estudio se encuentran por fuera de la franja costera previamente estudiada en la región. Todos los avistamientos fueron registrados a distancias mayores de la costa, en comparación con esos antecedentes. Por ende, no es posible comparar los avistamientos costeros con los encontrados en alta mar, pero son un gran aporte para complementar a los mismos.

Consideraciones finales

En conclusión, la presente investigación presentó evidencia sustancial que demuestra que las aguas de la plataforma media, externa y adyacentes de la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguay (ZCPAU) son de suma importancia para la BFA. En esta zona, la especie exhibió una mayor abundancia relativa en aguas frías con altas concentraciones de Clorofila *a*, siendo setiembre y octubre los meses donde se registró la mayor APUE media y la mayor cantidad de avistamientos, respectivamente. Se obtuvo por lo tanto información valiosa sobre las preferencias de hábitat para la BFA en un área poco estudiada ubicada entre los dos principales sitios reproductivos del Atlántico sudoccidental. Se alienta a desarrollar más estudios de este tipo en la región de modo de obtener información útil para la conservación de la especie.

Bibliografía

- 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, 1579–1588.
- Aguilar, A. (1986). A review of old Basque whaling and its effect on the right whales (*Eubalaena glacialis*) of the North Atlantic. *Reports of the IWC (Special Issue)*, 10, 191–199.
- Barendse, J., & Best, P. B. (2014). Shore-based observations of seasonality, movements, and group behavior of southern right whales in a nonnursery area on the South African west coast. *Marine mammal science*, 30(4), 1358-1382.
- Best, P. B., Payne, R., Rowntree, V., Palazzo, J. T., & Both, M. D. (1993). Long-range movements of South Atlantic right whales, *Eubalaena australis*. *Marine Mammal Science*, 9(3), 227-234.
- Carroll, E. L., Rayment, W. J., Alexander, A. M., Baker, C. S., Patenaude, N. J., Steel, D., Constantine, R., Cole, R., Boren, L. J., & Childerhouse, S. (2014). Reestablishment of former wintering grounds by New Zealand southern right whales. *Marine Mammal Science*, 30(1), 206-220.
- Cooke, J. G., Rowntree, V. J., & Payne, R. (2001). Estimates of demographic parameters for southern right whales (*Eubalaena australis*) observed off Península Valdés, Argentina. *Journal of Cetacean Research and Management (Special Issue)*, 2, 125-132.
- Cooke, J. G. (2013). Southwest Atlantic right whales: interim updated population assessment from photo-id collected at Península Valdés, Argentina. *Journal of Cetacean Research and Management* 14 (Suppl), 462.
- Cooke, J. G., & Zerbini A. N. (2018). *Eubalaena australis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T8153A50354147. Disponible en <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-1.RLTS.T8153A50354147.en>.
- Costa, P., Praderi, R., Piedra, M., & Franco-Fraguas, P. (2005). Sightings of southern right whales, *Eubalaena australis*, off Uruguay. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 4(2), 157-161.

- Costa, P., Piedra, M., Franco, P., & Paez, E. (2007). Distribution and habitat use patterns of southern right whales, *Eubalaena australis*, off Uruguay. *Journal of Cetacean Research and Management*, 9(1), 45–51.
- Crespo, E. A., Pedraza, S. N., Dans, S. L., Svendsen, G. M., Degradi, M., & Coscarella, M. A. (2018). The southwestern Atlantic southern right whale, *Eubalaena australis*, population is growing but at a decelerated rate. *Marine Mammal Science*, 35, 93–107.
- Danilewicz, D., Moreno, I. B., Tavares, M., & Sucunza, F. (2016). Southern right whales (*Eubalaena australis*) off Torres, Brazil: Group characteristics, movements, and insights into the role of the Brazilian-Uruguayan wintering ground. *Mammalia*, 81, 225–234.
- Groch, K. R., Pallazzo, J. T., Flores, P. A., Adler, F., & Fabian, M. E. (2005). Recent rapid increases in the right whale (*Eubalaena australis*) population off southern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 4(1), 41–47.
- Hamner, W. M., Stone, G. S., & Obst, B. S. (1988). Behavior of southern right whales, *Eubalaena australis*, feeding on the Antarctic krill, *Euphausia superba*. *Fishery Bulletin*, 86(1), 143–150.
- International Whaling Commission (2001). Report of the workshop on comprehensive assessment of right whales: a worldwide comparison. *Journal of Cetacean Research and Management*, 2, 1–60.
- Iñiguez Bessega, M., Boscarol, N., Galletti Vernazzani, B., Le Bas, A., Luna, F., Ponce de León, A., & Tombesi, M. L. (2012). A draft conservation management plan for Southwest Atlantic southern right whales. Documento IWC/64/CC7 Rev 1. Disponible en https://iwc.int/document_2948.
- Jackson, J. A., Patenaude, N., Carroll, E., & Baker, C. S. (2008). How few whales were there after whaling? Inference from contemporary mtDNA diversity. *Molecular Ecology*, 17, 236–251.
- Jackson, J. A., Kennedy, A., Moore, M., Andriolo, A., Bamford, C. C., Calderan, S., Cheeseman, T., Gittins, G., Groch, K., Kelly, N., Leaper, R., Leslie, M. S., Lurcock, S., Miller, B. S., Richardson, J., Rowntree, V., Smith, P., Stepien, E., Stowasser, G., Trathan, P., Vermeulen, E., Zerbini, A. N., Carroll, E. L. (2020). Have whales returned to a historical hotspot of industrial whaling? The pattern of southern right whale *Eubalaena australis* recovery at South Georgia. *Endangered Species Research*, 43, 323–339.

- Jorge, G., Riet-Sapirza, F., & Costa, P. (2011). Status and behaviour of southern right whales (*Eubalaena australis*) in the Uruguayan Atlantic coast. Documento SC/S11/RW8 presentado al IWC Southern Right Whale Assessment Workshop, 13–16 Setiembre 2011, Buenos Aires, Argentina (sin publicar). 16 págs.
- Keller, C. A., Ward-Geiger, L. I., Brooks, W. B., Slay, C. K., Taylor, C. R., & Zoodsma, B. J. (2006). North Atlantic right whale distribution in relation to sea-surface temperature in the southeastern United States calving grounds. *Marine Mammal Science*, 22(2), 426-445.
- Leaper, R., Cooke, J. G., Trathan, P., Reid, K., Rowntree, V., & Payne, R. (2006). Global climate drives southern right whale (*Eubalaena australis*) population dynamics. *Biology Letters*, 2(2), 289-292.
- Mackay, A. I., Bailleul, F., Carroll, E. L., Andrews-Goff, V., Baker, C. S., Bannister, J., Boren, L., Carlyon, K., Donnelly, D. M., Double, M., Goldsworthy, S. D., Harcourt, R., Holman, D., Lowther, A., Parra, G. J., Childerhouse, S. J. (2020). Satellite derived offshore migratory movements of southern right whales (*Eubalaena australis*) from Australian and New Zealand wintering grounds. *PLoS One*, 15(5), e0231577.
- Mandiola, M. A., Giardino, G., Bastida, J., Morón, S., Rodríguez, D. H., & Bastida, R. (2019). Half a century of sightings data of southern right whales in Mar del Plata (Buenos Aires, Argentina). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1–7.
- Mate, B. R., Best, P. B., Lagerquist, B. A., & Winsor, M. H. (2011). Coastal, offshore, and migratory movements of South African right whales revealed by satellite telemetry. *Marine Mammal Science*, 27(3), 455-476.
- Mendelsohn R. (2022). `_rerddapXtracto`: Extracts Environmental Data from 'ERDDAP' Web Services_. R package version 1.1.3, <<https://CRAN.R-project.org/package=rerddapXtracto>>.
- Nijs, G., & Rowntree, V. J. (2017). Rare sightings of southern right whales (*Eubalaena australis*) on a feeding ground off the South Sandwich Islands, including a known individual from Península Valdés, Argentina. *Marine Mammal Science*, 33(1), 342-349.
- Ogle, D. H., Doll, J. C., Wheeler, P., & Dinno, A. (2022). FSA: Fisheries Stock Analysis. R package version 0.9.3, <https://github.com/fishR-Core-Team/FSA>.

- Ohsumi, S., & Kasamatsu, F. (1986). Recent off-shore distribution of the southern right whale in summer. *Report of the International Whaling Commission (Special Issue)*, 10, 177–185.
- Palazzo, J. T., & Carter, L. A. (1983). A caça de baleias no Brasil. AGAPAN, Porto Alegre, Brasil, 25 págs.
- Pante, E., Simon-Bouhet, B. (2013). marmap: A Package for Importing, Plotting and Analyzing Bathymetric and Topographic Data in R. *PLoS ONE* 8(9), e73051. doi:10.1371/journal.pone.0073051
- Pebesma, E. (2018). Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *The R Journal* 10 (1), 439-446, <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009>
- Piola, A. R., & Matano R. P. (2001). Brazil and Falkland (Malvinas) Currents. *Academic Press*, Vol.1.1006/news.0358.
- Renault-Braga, E. P., Groch, K. R., de Carvalho Flores, P. A., Secchi, E. R., & Dalla-Rosa, L. (2018). Area usage estimation and spatiotemporal variability in distribution patterns of southern right whales, *Eubalaena australis*, of southern Brazil. *Marine Ecology*, 39(3), e12506.
- Richards, R. (2009). Past and present distributions of southern right whales (*Eubalaena australis*), *New Zealand Journal of Zoology*, 36(4), 447-459.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Riet-Saprizá, F., Jiménez, E., Jorge, G., & Costa, P. (2011). Utilization distribution of southern right whales *Eubalaena australis* off the coast of Uruguay. Documento SC/S11/RW9 presentado al IWC Southern Right Whale Assessment Workshop, 13–16 Setiembre 2011, Buenos Aires, Argentina (sin publicar). 10 págs.
- Romero, M. A., Coscarella, M. A., Adams, G. D., Pedraza, J. C., González, R. A., & Crespo, E. A. (2022). Historical reconstruction of the population dynamics of southern right whales in the southwestern Atlantic Ocean. *Scientific reports*, 12(1), 1-17.
- Seyboth, E., Groch, K. R., Secchi, E. R., & Dalla Rosa, L. (2015). Habitat use by southern right whales, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), in their main northernmost calving area in the western South Atlantic. *Marine Mammal Science*, 31(4), 1521-1537.

- Seyboth, E., Groch, K. R., Dalla Rosa, L., Reid, K., Flores, P. A., & Secchi, E. R. (2016). Southern right whale (*Eubalaena australis*) reproductive success is influenced by krill (*Euphausia superba*) density and climate. *Scientific reports*, 6(1), 1-8.
- Tellechea, J. S., & Norbis, W. (2012). A note on recordings of Southern right whales (*Eubalaena australis*) off the coast of Uruguay. *Journal of Cetacean Research and Management (Special Issue)*, 12, 361-364.
- Tennekes, M. (2018). "tmap: Thematic Maps in R." *Journal of Statistical Software*, 84(6), 1-39. doi:10.18637/jss.v084.i06
- Tormosov, D. D., Mikhaliyev, Y. A., Best, P. B., Zemsky, V. A., Sekiguchi, K., & Brownell, R. L. J. (1998). Soviet catches of southern right whales *Eubalaena australis* 1951-1971. Biological data and conservation implications. *Biological Conservation*, 86, 185-197.
- Townsend, C. H. (1935). The distribution of certain whales as shown by logbook records of American whaleships. *Zoologica*, 19, 1-50 y mapas.
- Vermeulen, E., van Jaarsveld, C., & Carroll, E. (2021). Desktop review of southern right whale (*Eubalaena australis*) offshore sightings south of 40°S (1980-2020). Documento SC/68D/SH/03 presentado virtualmente a la comisión científica de IWC, año 2022.
- Vighi, M., Borrell, A., Jackson, J. A., Carroll, E., Pennino, M. G., & Aguilar A. (2021). The missing whales: relevance of "struck and lost" rates for the impact assessment of historical whaling in the southwestern Atlantic Ocean. *ICES Journal of Marine Science*, 78, 14-24.
- Weir, C. R., & Stanworth, A. (2020). The Falkland Islands (Malvinas) as sub-Antarctic foraging, migratory and wintering habitat for southern right whales. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 100(1), 153-163.
- Wickham, H. (2016). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag, New York.
- Zerbini, A. N., Rosenbaum, H. C., Mendez, M., Sucunza, F., Andriolo, A., Harris, G., Clapham, P. J., Sironi, M., Uhart, M., & Ajó, A. (2016). Tracking southern right whales through the southwest Atlantic: An update on movements, migratory routes and feeding grounds. *Scientific Committee Annual Meeting IWC SC/66a/BRG/22*, 1-10.

Zerbini, A. N., Ajó, A., Andriolo, A., Clapham, P. J., Crespo, E. A., Gonzalez, R., Harris, G., Mendez, M., Rosenbaum, H. C., Sironi, M., Sucunza, F., & Uhart, M. (2018). Satellite tracking of southern right whales (*Eubalaena australis*) from Golfo San Matias, Rio Negro Province, Argentina. *Scientific Committee of the International Whaling Commission SC/67b/CMP/17*, Bled, Slovenia.