

# **Estudio de la presencia estacional del rorcual tropical (*Balaenoptera brydei*) en El Hierro (Islas Canarias) mediante acústica pasiva y observaciones costeras**



## **Study of Bryde's whale (*Balaenoptera brydei*) seasonal presence off El Hierro (Canary Islands) using passive acoustics and coastal observations**

**Vicente Fernández Rodilla**

Trabajo de Fin de Máster

Tutorizado por Sabrina Clemente y Patricia Arranz

Supervisado por Susannah Buchan

**Máster Universitario en Biología Marina: Biodiversidad  
y Conservación**

Septiembre 2022

La Dra. Sabrina Clemente, Profesora Contratada Doctora de la Universidad de La Laguna; la Dra. Patricia Arranz, investigadora postdoctoral Agustín de Betancourt de la Universidad de La Laguna y la Dra. Susannah Buchan, Profesora Visitante del Departamento de Oceanografía, de la Universidad de Concepción, Chile, como Tutora Académica, Tutora Externa y Supervisora, respectivamente,

**DECLARAN:**

Que la memoria presentada por D. Vicente Fernández Rodilla, graduado en Biología por la Universidad de La Laguna, ha sido realizada bajo su dirección y consideran que reúne todas las condiciones de calidad y rigor científico requeridas para optar a su presentación como Trabajo de Fin de Máster, en el Máster Oficial de Postgrado de Biología Marina: Biodiversidad y Conservación de la Universidad de La Laguna, curso académico 2021-2022.

Y para que así conste y surta los efectos oportunos, firman el presente informe favorable en San Cristóbal de La Laguna a 26 de agosto de 2022.

CLEMENTE  
MARTIN MARIA  
SABRINA -  
78700248K

Firmado digitalmente  
por CLEMENTE  
MARTIN MARIA  
SABRINA - 78700248K  
Fecha: 2022.09.06  
18:53:12 +01'00'

*P. Arranz Alonso*



Fdo. Dra. Sabrina Clemente

Fdo. Dra. Patricia Arranz

Fdo. Dra. Susannah Buchan

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 4741491

Código de verificación: F23anYqB

Firmado por: Patricia Arranz Alonso  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/08/2022 08:27:36

# Índice

Introducción.....	1
Monitoreo acústico pasivo (PAM) .....	1
El rorcual tropical .....	1
Comportamiento acústico .....	2
Taxonomía.....	4
Distribución y abundancia .....	5
Características y ecología .....	6
Canarias y El Hierro .....	7
Objetivos e hipótesis de trabajo.....	9
Material y métodos .....	10
Área de estudio y toma de datos .....	10
Análisis de las grabaciones acústicas .....	12
Muestreo visual .....	13
Estacionalidad.....	13
Análisis estadístico .....	13
Resultados.....	14
Tipos de llamadas .....	14
Estacionalidad.....	16
Discusión .....	21
Detección acústica .....	22
Detección visual .....	23
Contexto oceanográfico .....	23
Implicaciones para la conservación de la especie .....	24
Conclusiones.....	25
Conclusions .....	26
Bibliografía.....	27
Material complementario.....	32
Anexo I.....	32
Anexo II.....	37
Anexo III .....	39

## Resumen

A pesar de ser el misticeto más común en Canarias, el rorcual tropical (*Balaenoptera brydei*) se encuentra entre los menos conocidos del planeta. Este trabajo estudia su presencia y estacionalidad en la isla de El Hierro, la más cálida y oligotrófica del archipiélago, mediante técnicas de acústica pasiva y observación visual.

Se registraron un total de 108,7 horas de grabación con grabadoras SoundTrap a la deriva en el Mar de Las Calmas durante primavera, verano y otoño de los años 2016 a 2019, mientras tres observadores muestreaban visualmente el área desde acantilados costeros (825,5 horas) registrando los avistamientos.

Se detectaron dos tipos de llamadas similares a (1) Be6, con una duración media de  $2,3 \pm 0,6$  s, frecuencia inicial de  $104,4 \pm 22,8$  Hz, frecuencia final de  $40,0 \pm 5,3$  Hz y frecuencia pico de  $56 \pm 10,1$  Hz, y (2) Be3, con una duración media de  $5,6 \pm 2,6$  s, frecuencia inicial de  $36,1 \pm 2,9$  Hz, frecuencia final de  $21,8 \pm 1,9$  Hz y frecuencia pico de  $29,3 \pm 0,0$  Hz. La tasa media de detección acústica fue de 2,1 detecciones/h, no siendo significativas las diferencias entre estaciones ( $p = 0,44$ ,  $N = 88$ ). La tasa media de avistamiento fue de 0,3 avistamientos/h, siendo significativa su variación entre primavera, verano y otoño ( $p = 0,01$ ,  $N = 127$ ), con una mayor ocurrencia de la especie en primavera (0,5 avist./h). Esto podría deberse al incremento de productividad primaria asociado a dicha estación, con el fin de incrementar sus oportunidades de alimentación.

Estos resultados son relevantes para la gestión de las poblaciones de esta especie, a efectos de conocer las épocas de mayor presencia en el archipiélago y, por tanto, de mayor riesgo de colisión con embarcaciones.

Palabras clave: Bioacústica, llamadas, mamíferos marinos, PAM, vocalizaciones.

## Abstract

Despite being the most common baleen whale in the Canary Islands, Bryde's whale (*Balaenoptera brydei*) is among the least known on the planet. This work studies its presence and seasonality off El Hierro, the warmest and most oligotrophic island of the archipelago, through passive acoustic techniques and visual observation.

A total of 108.7 hours were recorded with drifting SoundTrap recorders in the 'Las Calmas' Sea during spring, summer and fall of the years 2016 to 2019, while three observers visually sampled the area from coastal cliffs (825.5 hours) recording the sightings.

Two types of calls were detected: (1) Be6, with a mean duration of  $2.3 \pm 0.6$  s, initial frequency of  $104.4 \pm 22.8$  Hz, final frequency of  $40.0 \pm 5.3$  Hz, and peak frequency of  $56 \pm 10.1$  Hz, and (2) Be3, with an average duration of  $5.6 \pm 2.6$  s, initial frequency of  $36.1 \pm 2.9$  Hz, final frequency of  $21.8 \pm 1.9$  Hz and peak frequency of  $29.3 \pm 0.0$  Hz. The mean acoustic detection rate was 2.1 detections/h, with no significant differences between seasons ( $p = 0.44$ ,  $N = 88$ ). The mean sighting rate was 0.3 sightings/h, with a significant variation between spring, summer and autumn ( $p = 0.01$ ,  $N = 127$ ), with a greater occurrence of the species in spring (0.5 sightings/h). This could be due to the increase in primary productivity associated with said season, in order to increase its foraging opportunities.

These results are relevant for the management of Bryde's whale populations, in order to know the times of greatest presence in the archipelago and therefore of greatest risk of ship collision.

Keywords: Bioacoustics, calls, marine mammals, PAM, vocalizations.

## Introducción

### Monitoreo acústico pasivo (PAM)

La mayoría de los estudios centrados en determinar la presencia o ausencia de megafauna marina se basan en técnicas visuales (Bittencourt et al., 2018). Si bien hay especies que, debido a sus hábitos, son difíciles de detectar visualmente, algunas son vocalmente activas, lo que permite su detección acústica (Klinck et al., 2012; Luczkovich et al., 2008; Oswald et al., 2007). El monitoreo acústico pasivo (PAM, por sus siglas en inglés) representa una alternativa emergente para estudios de fauna marina vocalmente activa, facilitando la obtención de información sobre su presencia y abundancia (Baumgartner y Frantoni, 2008; Bittencourt et al., 2016; Lammers et al., 2008; Locascio, 2010; Luczkovich et al., 2008; Moore et al., 2006; Wall et al., 2013; Wiggins et al., 2013; Wilson et al., 2014).

De esta forma, el PAM constituye una poderosa herramienta para comprender los movimientos, la distribución y abundancia de especies crípticas, pero vocalmente activas (Constantine et al., 2018). Esto es especialmente cierto para los animales marinos de gran movilidad como los cetáceos, donde el monitoreo acústico ha brindado información muy útil en Odontocetos como, por ejemplo: el delfín mular (*Tursiops truncatus*) (La Manna et al., 2014), el cachalote (*Physeter macrocephalus*) (Thode, 2005), la orca (*Orcinus orca*) (Riera et al., 2019) y el zifio de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) (Stanistreet et al., 2017); y Mysticetos como, por ejemplo: la ballena Minke (*Balaenoptera acutorostrata*) (Jiang et al., 2022), la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) (Buchan et al., 2021) o el rorcual común (*Balaenoptera physalus*) (Buchan et al., 2019). Sin embargo, el uso eficaz de esta tecnología requiere un conocimiento profundo del repertorio vocal de las especies de interés y su confirmación visual (Constantine et al., 2018).

### El rorcual tropical

El rorcual tropical (*Balaenoptera brydei/edeni*) es un balaenoptérido de tamaño medio que se encuentra entre las especies de Mysticetos menos conocidas del planeta (Kato, 2009). Las hembras son de mayor tamaño que los machos (alrededor de 0,5 a 0,6 m en la madurez completa). Se cree que alcanzan los 15,5 m, pero la mayoría son mucho más pequeños. Los animales descritos en el hemisferio sur son mayores que los del hemisferio norte (Kato y Perrin, 2018).

Está catalogado como Especie con Datos Insuficientes por la UICN (Reeves et al., 2009), incluido en el Apéndice II de la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres (Apéndice II, 11 de junio de 2011) y bajo Régimen de Protección Especial en el Listado Nacional Español (Orden ARM/2417/2011).

### Comportamiento acústico

El rorcual tropical produce sonidos tonales de baja frecuencia (<1 kHz) similares a las llamadas de otros balaenoptéridos (Cummings, 1985). La información sobre el repertorio vocal de esta especie se ha ido ampliando, pero aún es limitada (Constantine et al., 2018). Cummings et al. (1986) citan por primera vez registros acústicos de esta especie en el Golfo de California, describiendo llamadas tonales muy cortas (gemidos) con una duración media de 0,42 s, frecuencia media de 124 Hz y con ligeras modulaciones de frecuencia hacia arriba o hacia abajo ( $\Delta f = 15$  Hz). Más tarde, Edds et al. (1993) describen cuatro llamadas de esta especie con frecuencias entre 90 y 900 Hz, a las que identifican como: gruñido, gemido pulsado, gemido no pulsado y pulso (Tabla 1).

Oleson et al. (2003) describen nueve llamadas tonales de rorcual tropical en el Pacífico tropical oriental, el Caribe y Japón y establecen una nomenclatura (Be1 – Be8b, Tabla 1, Anexo I), sugiriendo que las llamadas pueden diferenciar distintas poblaciones (Oleson et al., 2003).

Heimlich et al. (2005) registran cinco llamadas en el Pacífico tropical oriental (Tabla 1): barrido de tonalidades alternas (SAT), tonal alternado sin barrido (NAT), tonal de ráfaga alta (HBT), tonal de ráfaga baja (LBT) y tono armónico (HT). También se han asociado llamadas tonales de baja frecuencia (20 a 26 Hz) y de larga duración (~5 s) con esta especie a lo largo de la costa norte de Nueva Zelanda (McDonald, 2006).

Figueiredo y Simão (2014) introducen cinco nuevos tipos de llamada registrados en Río de Janeiro, Brasil (Tabla 1): pulso discreto (PS1), llamada tonal de baja frecuencia (LFT), tono de frecuencia modulada (FMT) y llamadas tonales multicomponente 1 (TM1) y 2 (TM2).

A su vez, Širović et al. (2014) describen dos tipos de llamada en el Golfo de México (Tabla 1): uno nuevo que bautizan como Be9 para mantener el esquema de nombres introducido por Oleson et al. (2003) y un tono de barrido descendente (DST).

Por último, Vilorio-Gómora et al. (2015) aportan tres nuevos tipos de llamada al esquema de Oleson et al. (2003), que registran en el Golfo de California: Be10, Be11 y Be12, mientras que Brodie y Dunn (2015) describen dos tipos de llamada de esta especie en la Cuenca de Lau, Pacífico sur occidental (Tabla 1): tono y barrido.

**Tabla 1.** – Tipos de llamadas de rorcual tropical (*Balaenoptera brydei/edeni*) y sus características descritas hasta la actualidad en diferentes regiones. Los valores incluyen medias, [rangos] y/o [desviación estándar] (ver Anexo I).

Región geográfica	Tipo de llamada	N	Duración (s)	Frecuencia (Hz)	Referencia
<b>Pacífico tropical oriental</b>	gemido	17	0,42 [0,2-1,5]	124 [70-245]	Cummings et al. (1986)
	Be1	37	2,7 [1,1-6,7]	36,6 [35,7-38,2] 21,2 [20,0-23,7]	Oleson et al. (2003)
	Be2	36	1,3 [0,5-3,0]	41,7 [40,7-43,3]	
	Be3	18	1,7 [1,0-4,0]	25,6 [24,4-26,9]	
	Be4	7	1,4 [0,8-3,0]	60,0 [59,5-60,2]	
	Be5	6	1,76 [1,3-2,2]	26,2 [26,0-26,8]	
	Be6	31	2,83 [0,7-4,9]	207,8-75,9 [232,7-57,1]	
<b>Atlántico tropical (Caribe sur)</b>	Be7	51	1,6 [0,8-2,5]	44,3 [43,7-48,7]	
<b>Pacífico subtropical (Japón)</b>	Be8a	18	0,35 [0,25-0,6]	44,6 [43,0-48,0]	
	Be8b	4	0,37 [0,3-0,41]	46 [37-192]	
<b>Atlántico norte (Golfo de México)</b>	gruñido	14	[0,5-51]	[200-900]	Edds et al. (1993)
	DP	1	0,01	[400-600]	
	Be9	680	0,7 [± 0,1]	143 [± 3]-85 [± 6]	Širović et al. (2014)
	DST	124	0,4 [± 0,1]	110 [± 4]-78 [± 7]	
<b>Pacífico norte oriental (Golfo de California)</b>	Be10	7	0,2 [± 0,1]	89 [±10]-134 [±18]	Viloria-Gómora et al. (2015)
	Be11	2	0,1 [±0]	114 [±3]-239 [±8]	
	Be12	1	1,29	[93-145]	
<b>Pacífico tropical oriental</b>	PM	10	[0,7-1,4]	[100-500]	Edds et al. (1993)
	UPM	36	[0,1-0,6]	[90-180]	
	SAT	418	2,0 [± 1,1]	36,7 [± 0,6]-21,7 [±1,1]	Heimlich et al. (2005)
	NAT	302	2,0 [± 0,9]	46,7 [± 3,3]-15,7 [± 1,5]	
	HBT	128	1,0 [± 0,5]	49,4 [± 1,1]-31,0 [± 1,2]	
	LBT	140	2,1 [± 0,8]	67,2 [± 1,6]-18,5 [0,8]	
	HT	114	2,3 [± 0,8]	77,3 [± 1,1]-25,4 [±0,6]	
<b>Atlántico sur occidental (Brasil)</b>	PS1	115	0,8 [± 0,7]	225 [± 50]-555 [± 119]	Figueiredo y Simão (2014)
	LFT	10	1,45 [0,8-2,2]	11 [10-14]	
	FMT	2	1,531 [± 0,8]	416 [± 114]- 671 [± 342]	
	TM1	1	0,9	[85,7-123,6]	
	TM2	1	1,2	[49,5-105,5]	
<b>Pacífico sur occidental (Cuenca de Lau)</b>	tono	24	3,2 [1,8-4,1]	24,1 [21,7-25,2]	Brodie y Dunn (2015)
	barrido	13	2,5 [1,5-3,1]	42,3-26,1 [23,8-45]	

## Taxonomía

Actualmente se debate si existen dos especies de rorcual tropical (*B. edeni* Anderson, 1878 y *B. brydei* Olsen, 1913). En su descripción original, Olsen (1913) no definió un holotipo para *B. brydei*. Más tarde, Best (1977) describió dos formas alopátricas (costera y oceánica) en Sudáfrica, que posteriormente se denominaron *B. edeni* y *B. brydei*, respectivamente. Las comparaciones posteriores sugieren que la descripción original de Olsen (1913) no se especificó correctamente, lo cual complica su claridad taxonómica (Best, 2001; Yamada et al., 2008). Los detalles sobre las diferencias entre ellos se muestran en la Tabla 2.

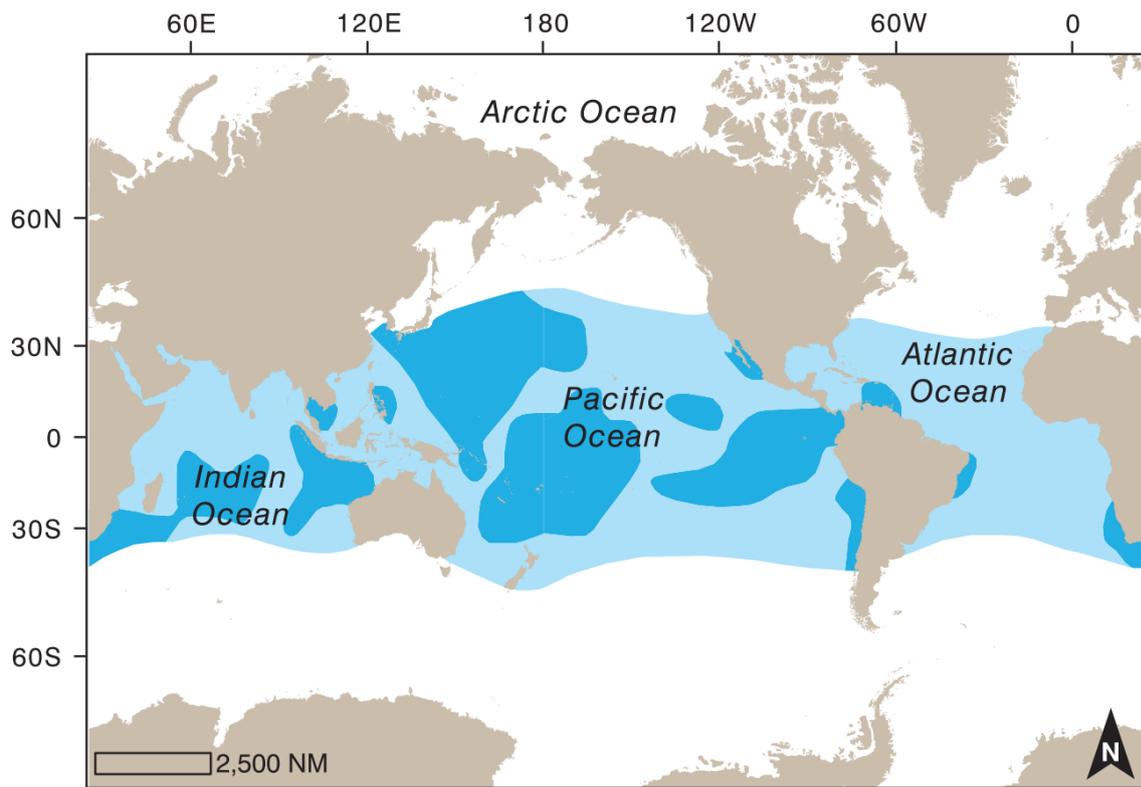
**Tabla 2.** – Características de las formas costera y oceánica del rorcual tropical (*Balaenoptera brydei/edeni*) (Penry, 2010; Wiseman et al., 2011, Best, 1967, 1977 y 2001; Best et al., 1984).

			<b>Forma costera</b>	<b>Forma oceánica</b>
<b>Apariencia</b>	<b>Longitud en la madurez (m)</b>	♂	12,8 – 13,1	13,7
		♀	13,7 – 14,0	14,3 – 14,6
	<b>Hoyos ovalados</b>		Pocos o ninguno	Por todo el cuerpo
	<b>Cicatrices ventrales</b>		Comunes	Ausentes
	<b>Forma de las barbas</b>		Estrecha	Ancha
<b>Distribución</b>	<b>Hábitat</b>		Costero	Pelágico
	<b>Distancia de costa (mn)</b>		< 20	> 50
<b>Historia biológica</b>	<b>Presa</b>		Cardúmenes de peces pequeños (sardina, anchoa, jurel).	Eufausiáceos y algunos peces mesopelágicos.
	<b>Temporada reproductiva</b>		No estacional	Todo el año, picos en otoño
	<b>Tasa de ovulación anual</b>		2,35	0,42
	<b>Migraciones</b>		Movimientos locales a lo largo de la costa (E-O) en relación con la presa.	Movimientos N-S a lo largo de la costa oeste, hacia el ecuador en invierno y hasta los 34° S en verano.

Estudios genéticos diferenciaron dos subespecies en el Indo-Pacífico y las identificaron como *B. edeni brydei* y *B. edeni edeni*, refiriéndose a las formas “oceánica grande” y “costera pequeña”, respectivamente (Kershaw et al., 2013; Rosel y Wilcox, 2014). Análisis adicionales de Luksenburg et al. (2015) y Thomas et al. (2016) que cuentan con datos genéticos y osteológicos apoyan esta clasificación. La especie citada para el Atlántico norte es *B. brydei* (Mullin y Fulling, 2004), por lo que, en este trabajo, centrado en la isla de El Hierro (Islas Canarias, España), se hace referencia al rorcual tropical con dicho epíteto específico.

### Distribución y abundancia

El rorcual tropical se distribuye en aguas tropicales y subtropicales a nivel global, en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico (Fig. 1) (Omura, 1959; Reilly y Thayer, 1990; Wade y Gerrodette, 1993). Por lo general, permanece en aguas con temperaturas superficiales entre 15 y 20 °C, lo que limita su área de distribución a latitudes entre 40 ° N y 40 ° S (Omura y Nemoto, 1955). Sin embargo, el rorcual tropical ha sido documentado desde el sur de Marruecos hasta el Cabo de Buena Esperanza en el este y desde el sur de Virginia hasta Brasil en el oeste, incluido el Golfo de México, el Caribe y Venezuela (Kato y Perrin, 2018). La presencia de esta especie parece estar relacionada con fenómenos de afloramiento estacional (Kato y Perrin, 2009).



**Figura 1.** – Distribución del rorcual tropical (*Balaenoptera brydei/edeni*). El sombreado denso representa áreas en las que se esperan densidades más altas (Jefferson et al., 2015).

A diferencia del resto de balaenoptéridos, el rorcual tropical no realiza migraciones de larga distancia entre áreas de reproducción en latitudes bajas y áreas de alimentación en latitudes más altas (Kato y Perrin, 2018).

Se presume que son capaces de satisfacer sus necesidades nutricionales y reproductivas dentro de su distribución cálida y templada, evitando así la necesidad de realizar extensas migraciones latitudinales (Bannister, 2002). Aun así, las poblaciones oceánicas realizan migraciones limitadas hacia el ecuador en invierno y hacia latitudes más altas en verano (Kishiro, 1996;

Best, 1996; Kato, 2002). Por otro lado, las poblaciones costeras no migran y parece que sus movimientos son principalmente a lo largo de la costa, muy probablemente regidos por la distribución de sus presas (Gaskin, 1977; Kato et al., 1996; Best, 1977; Zerbini et al., 1997; Tershy, 1992).

Como ocurre con muchos otros cetáceos migratorios, se sabe poco sobre sus áreas de reproducción. Si bien no se ha descrito una estacionalidad reproductiva, en algunas poblaciones se han registrado picos en la tasa de natalidad durante el invierno en las aguas del hemisferio norte (IWC, 1997) y durante el final del verano en el hemisferio sur (Best, 2001). Existe una estimación poblacional de esta especie en el Atlántico norte de 40 individuos (13 – 129) realizada en el Golfo de México (Mullin y Fulling, 2004). Sin embargo, a pesar de ser el misticeto más común en las Islas Canarias (Herrera et al., 2021), se desconoce el tamaño de las poblaciones de esta especie en Macaronesia y otras zonas del Atlántico norte (Tabla 3).

**Tabla 3.** – Estimaciones poblacionales en distintas regiones del planeta para el rorcual tropical (*Balaenoptera brydei/edeni*) reconocidas por la ICW.

Hemisferio	Océano	Población	Tamaño estimado	Especie	Referencia
Norte	Pacífico	Norte Occidental	24 000 (CV=0,2)	<i>B. brydei</i>	IWC, 1997
		Tropical Oriental	13 000 (CV=0,2)	<i>B. brydei</i>	Wade y Gerrodette, 1993
		Mar del Este de China	137	<i>B. edeni?</i>	IWC, 1996
		Golfo de California	235 (173-327)	<i>B. brydei</i>	IWC, 1996
	Atlántico	Golfo de Méjico	40 (13-129)	<i>B. brydei</i>	Mullin y Fulling, 2004
Sur	Pacífico	Sur Occidental	16 585	<i>B. brydei</i>	IWC, 1981
		Sur Oriental	13 194	<i>B. brydei</i>	IWC, 1981
	Índico	Sur	13 854	<i>B. brydei</i>	IWC, 1981
		Norte	No disponible	<i>B. brydei</i>	Best et al., 1984
	Índico-Atlántico	Costa Sudafricana	582 (298-766)	<i>B. edeni?</i>	Best et al., 1984
	Atlántico	Sur	No disponible	<i>B. brydei</i>	Best et al., 1984

### Características y ecología

Este misticeto se alimenta mediante la técnica de la embestida, filtrando a sus presas a través de gruesas placas quitinosas: las barbas (Kato y Perrin, 2018). No se cree que exista una competencia interespecífica entre el rorcual tropical y otros misticetos, porque se alimentan en diferentes niveles tróficos (Nemoto y Kawamura, 1977; Mikhalev, 2000). El rorcual tropical se alimenta capturando principalmente cardúmenes de peces pelágicos como la sardina (*Sardina pilchardus*), la anchoa (Fam. Engraulidae), la caballa (*Scomber* sp.), el arenque (*Clupea* sp.) y otros peces pelágicos de pequeño tamaño, si bien también se alimenta de pequeños crustáceos como eufausiáceos y copépodos, así como de cefalópodos y cangrejos rojos pelágicos

(*Pleuroncodes* sp.) (Best, 1960, 1977; Nemoto y Kawamura, 1977; Ohsumi, 1977; Kawamura, 1980).

Se trata, pues, de un depredador oportunista. Así, esta especie varía sus hábitos tróficos en función del stock. Por ejemplo, en Sudáfrica se alimenta de eufausiáceos en aguas pelágicas y de peces en aguas costeras (Best, 1977). Los balaenoptéridos pueden consumir al día alrededor del 4% de su peso corporal, lo cual corresponde aproximadamente entre 600 y 660 kg al día para *B. brydei*. Es una de las pocas especies, junto con la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), que se ha observado formando redes circulares de burbujas para concentrar y capturar el pescado (Kato y Perrin, 2018).

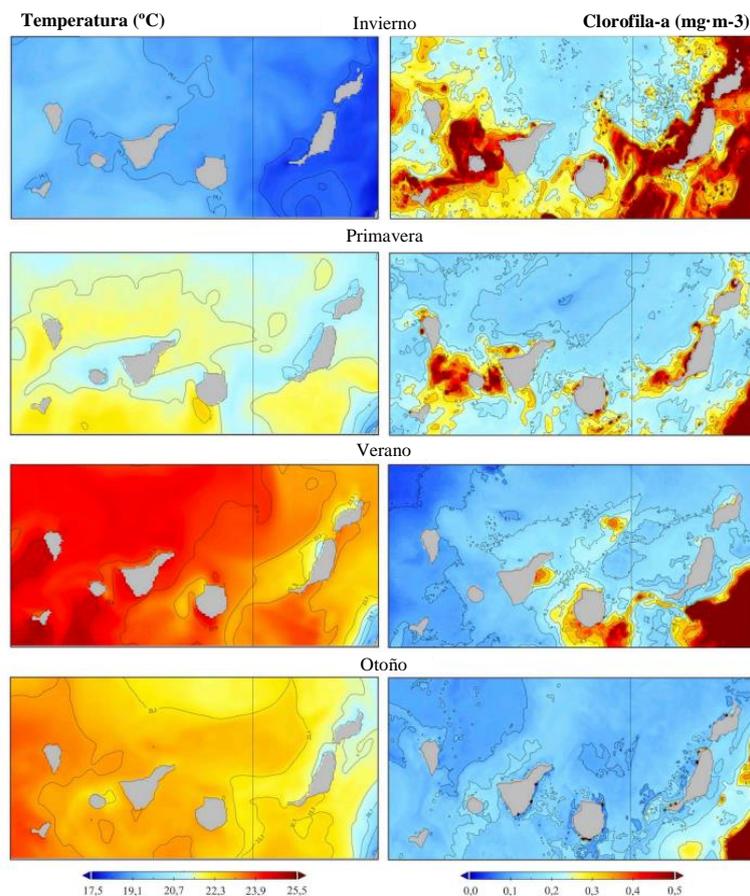
### Canarias y El Hierro

Las aguas canarias son oligotróficas, aunque existe una gran variabilidad a mesoescala en la distribución de clorofila en todo el archipiélago (Arístegui et al., 1997). Las Islas Canarias se encuentran en una zona de transición entre el afloramiento sahariano costero y el giro subtropical oceánico (Arístegui et al. 1997), donde los filamentos de agua fría del afloramiento, muy ricos en nutrientes, se extienden lejos de la costa africana, llegando al archipiélago (Van Camp et al., 1991; Hernández-Guerra et al., 1993; Arístegui et al., 1994; Arístegui et al., 1997; Redfern et al., 2013; Pacheco y Hernández-Guerra, 1999; Hernández-Guerra et al., 2001). Se establece así un gradiente térmico en Canarias, con temperaturas más frías en el sector oriental y más cálidas en el sector occidental, con diferencias de hasta 2° C entre ambos extremos. Este fenómeno tiene importantes repercusiones en la distribución longitudinal de las especies marinas en general y de cetáceos en particular (Herrera et al., 2021).

A pesar de que el afloramiento es más fuerte en verano y otoño, al norte de los 25° de latitud, los valores más altos de clorofila cerca de la superficie (>0,5 mg chl a/m<sup>3</sup>) se dan en marzo, coincidiendo con la erosión de la termoclina, es decir, la máxima penetración de la capa de mezcla superficial (Hernández-Guerra y Nykjaer 1997). En consecuencia, hay un florecimiento de fitoplancton a finales del invierno (Fig. 2), que da lugar a un aumento de la biomasa planctónica en primavera (Arístegui et al., 1997).

La isla de El Hierro, la más joven y meridional de las Islas Canarias, presenta las aguas más oligotróficas, cálidas y salinas del archipiélago (Barton et al., 1998). Debido a su origen volcánico, su temprana edad geológica y los deslizamientos gigantes que han acontecido, la isla presenta fuertes pendientes y grandes profundidades (>1000 m) a menos de una milla náutica de la costa (Gee et al., 2001a y b), favoreciendo así la confluencia de aguas oceánicas y neríticas muy cerca de la orilla.

El Mar de las Calmas, situado en la costa suroeste de la isla de El Hierro (Fig. 3), está protegido de los vientos y corrientes dominantes (ambos con dirección NE-SO). Presenta una gran estabilidad térmica y se encuentra aislado de la dinámica de las aguas circundantes (Barton et al., 1998). Cabe destacar que este mar alberga una Zona de Especial Conservación (ZEC) (ES7020057, Mar de las Calmas, sitio Natura 2000) y una Reserva Marina de Interés Pesquero. Se han citado un total de 15 especies de cetáceos en aguas entorno a la isla, cuatro de ellas con poblaciones residentes a lo largo del año: delfín mular (*Tursiops truncatus*), delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), zifio de Blainville (*Mesoplodon densirostris*) y zifio de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) (Reyes, 2018); y 11 visitantes estacionales o migradoras (Arranz et al., 2008). Dentro de los Mysticetos, el rorcual tropical (*Balaenoptera brydei*) es la especie más frecuentemente avistada, seguido por la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), ambas con una mayor presencia principalmente en primavera e invierno, respectivamente (Lado, 2018). Se sabe que el rorcual tropical tiene un patrón regular de presencia en Canarias (Aguilar, 2006), con picos de avistamientos durante la primavera y finales de verano, siendo primavera la estación con mayor presencia (Carrillo et al., 2010).



**Figura 2.** – Variables ambientales y biológicas del mar en las Islas Canarias (España) durante las cuatro estaciones del año. Paneles izquierdos: temperatura potencial de la superficie del mar (SST, °C); paneles de la derecha: clorofila-a (Chl-a, mg·m<sup>-3</sup>). Un ejemplo de 2017 (<http://marine.copernicus.eu/>). Herrera et al. (2021).

## Objetivos e hipótesis de trabajo

Hasta la fecha, no existen estudios acerca del comportamiento acústico del rorcual tropical (*Balenoptera brydei*) en Canarias (Atlántico subtropical) ni del carácter estacional del mismo, por lo que este trabajo consiste en un estudio preliminar, cuyos objetivos son los siguientes.

1. Identificar y clasificar las llamadas realizadas por *B. brydei* durante primavera, verano y otoño de los años 2016 a 2019 en El Hierro (Islas Canarias, España) mediante técnicas de acústica pasiva.
2. Determinar la tasa horaria de detección acústica y su estacionalidad (tasa de detección acústica por estación).
3. Analizar los datos de avistamientos realizados desde acantilados costeros durante el mismo período para determinar la tasa horaria de avistamiento y su estacionalidad (tasa de avistamiento por estación).
4. Comprobar si existen diferencias significativas en las tasas de detección acústica y de avistamiento entre las estaciones y años muestreados.
5. Comparar las tasas de detección acústica y de avistamiento para determinar si existe una correlación entre las mismas y así evaluar la fiabilidad del método de detección acústica.

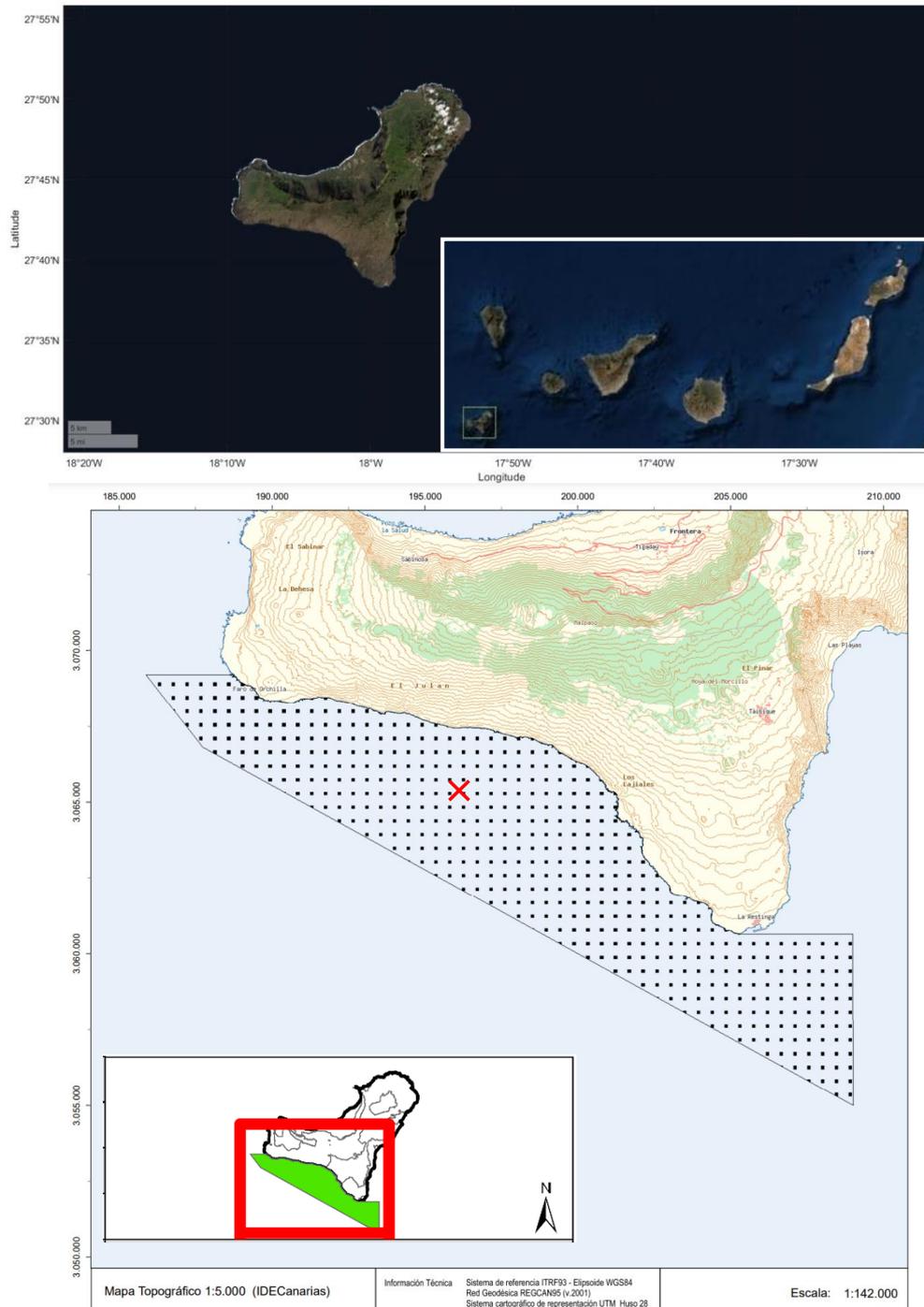
La hipótesis del estudio se centra en evaluar si en El Hierro existe una mayor actividad vocal de la especie durante la primavera, cuando se produce un incremento en la biomasa, en comparación con verano y otoño, cuando se reduce la disponibilidad de alimento debido al agotamiento de recursos (Arístegui et al., 1997).

Por otra parte, también se pretende confirmar que se mantienen las tendencias previamente descritas de mayor presencia de la especie en primavera y otoño (Aguilar, 2006).

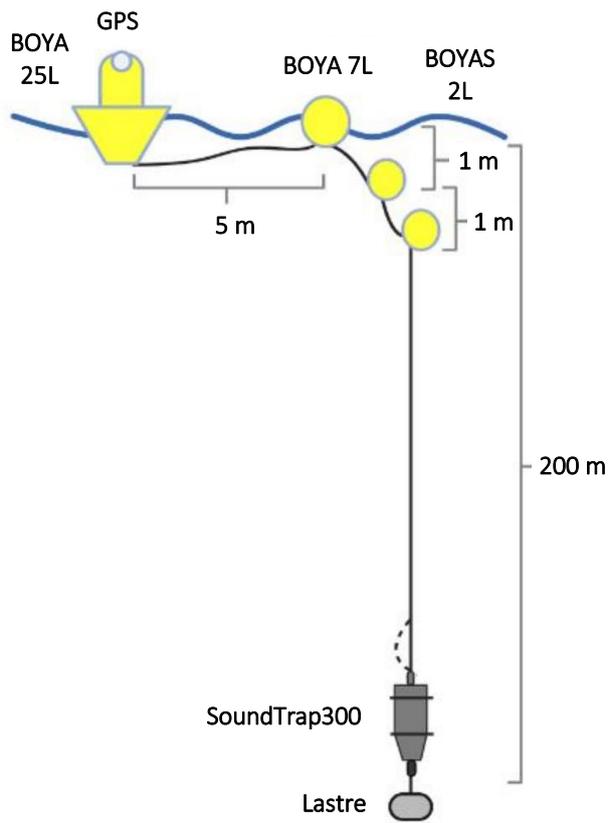
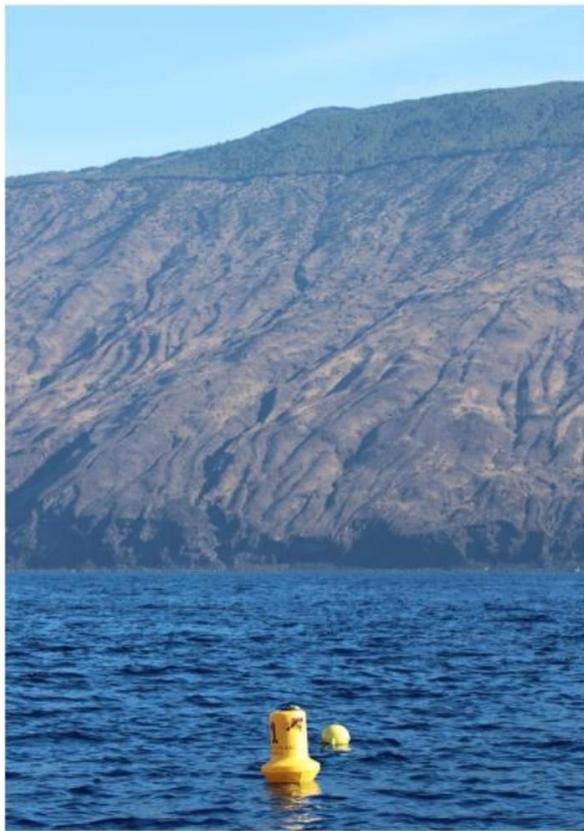
# Material y métodos

## Área de estudio y toma de datos

La zona de estudio se sitúa en el Mar de las Calmas, al suroeste de la isla de El Hierro (Fig. 3), protegida de los vientos y corrientes dominantes (ambos con dirección NE-SO) dentro de una Zona de Especial Conservación (ZEC) (ES7020057, Mar de las Calmas, sitio Natura 2000).



**Figura 3.** – Área de estudio, situada en la costa suroeste de El Hierro, Islas Canarias (España), que incluye la Zona de Especial Conservación “Las Calmas” ES7020057 (polígono punteado). Las boyas se desplegaron en un radio de 1 mn desde el punto central indicado por la cruz roja (27,66117°N, -18,06498°W). Imagen inferior obtenida de: [https://www.oag-fundacion.org/content/pdf/zec\\_files/zec169\\_mar\\_calmas.pdf](https://www.oag-fundacion.org/content/pdf/zec_files/zec169_mar_calmas.pdf).



**Figura 4.** – Izquierda: sistema de grabación autónomo SoundTrap300 suspendido de una boya a la deriva en la bahía de Las Calmas, El Hierro. Derecha: Esquema del sistema de boyas empleado para reducir el ruido de fricción, el cual está equipado con un GPS para su localización y posterior recuperación.

El registro de datos acústicos se llevó a cabo durante los meses de mayo, julio, agosto, septiembre y octubre de los años 2016 a 2019, utilizando dispositivos autónomos de grabación acústica tipo SoundTrap (300 STD y HF; Ocean Instruments, Nueva Zelanda <http://www.oceaninstruments.co.nz/soundtrap-300/>). Los SoundTraps se largaron inicialmente aproximadamente a 1000 m de profundidad, suspendidos a 200 m de un cabo lastrado de una boya de superficie equipada con un GPS 3G (Tractive, Austria, <https://tractive.com>) (Fig. 4). Las grabaciones se llevaron a cabo a una frecuencia de muestreo de 144, 288 y 576 kHz (16 bits, con una respuesta de frecuencia plana ( $\pm 2$ dB) de 0,02 a 100 kHz, nivel de clip de 175 dB re 1  $\mu$ Pa, alta ganancia).

Estas diferencias en las frecuencias de muestreo se deben a que se implementaron en el contexto de proyectos con objetivos ligeramente diferentes, por lo que los SoundTraps fueron actualizados de STD (estándar) a HF (alta frecuencia) en algunos de los proyectos. También se registró la ubicación GPS de los SoundTrap cada segundo para su seguimiento y recuperación. Finalmente, las grabaciones acústicas se digitalizaron a través de un cable USB y se almacenaron en discos duros externos en formato .wav.

## Análisis de las grabaciones acústicas

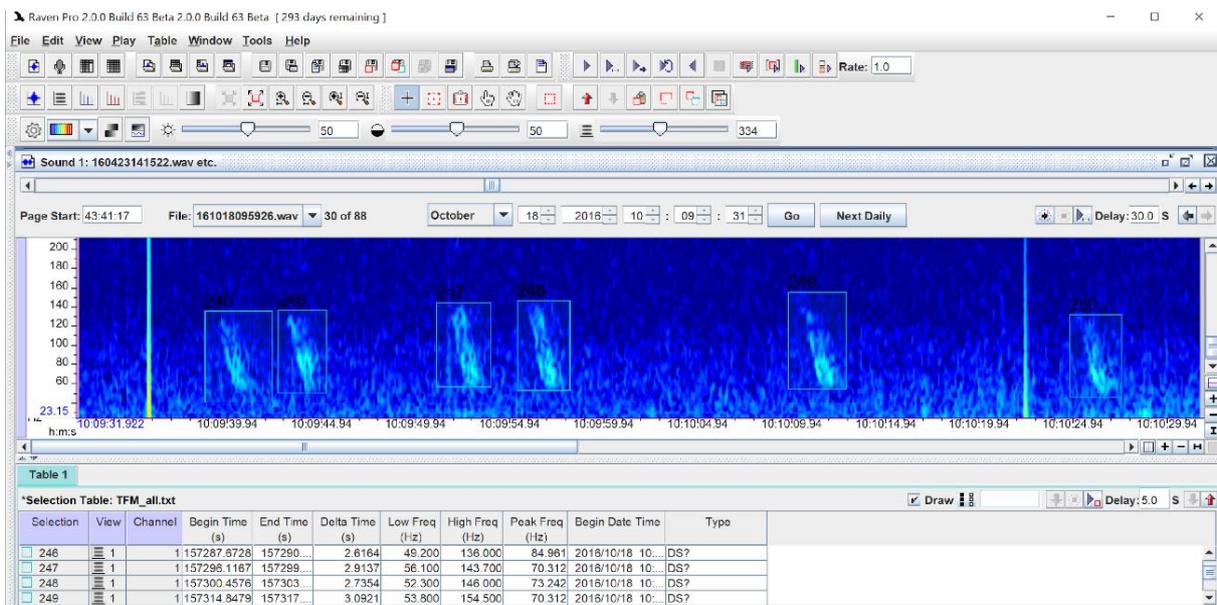
Del primer y último archivo .wav registrado cada día, se excluyeron los 900 segundos iniciales y finales, con el objeto de evitar incluir en el análisis el ruido del buque de investigación durante la colocación y recuperación del hidrófono.

Las muestras extraídas se procesaron en Matlab (R2021b v9.11) para reducir la frecuencia de muestreo (downsample) de todos los archivos a 1,5 kHz y facilitar así el procesamiento de los mismos.

Los archivos acústicos se analizaron en Raven Pro 2 (The Cornell Lab Center for Conservation Bioacoustics <https://ravensoundsoftware.com/software/raven-pro/>) con el fin de detectar vocalizaciones de rorcual tropical. Para ello, se procedió por parte de un operador a la visualización de espectrogramas sucesivos de 60 segundos de audio y a la anotación manual de los sonidos de *B. brydei* encontrados (Fig. 5). Los parámetros del espectrograma fueron una transformada rápida de Fourier (FFT) de 4096 muestras, 25% de superposición y ventana de Hanning.

Las llamadas fueron identificadas en base a las descritas por la bibliografía para esta especie (ver Comportamiento acústico, pág. 2). También se anotaron otros sonidos de posible origen biológico para futuros estudios (Anexo II).

Para cada detección se extrajeron las siguientes variables de interés: tiempo de inicio, tiempo de finalización, duración, frecuencia inicial, frecuencia final, frecuencia pico, fecha, hora y tipo de sonido, que se registraron en una base de datos con la función Selection Table de Raven Pro.



**Figura 5.** – Ventana interfaz del programa de análisis acústico Raven Pro 2 (The Cornell Lab Center for Conservation Bioacoustics) empleado para la detección de llamadas de rorcual tropical (*Balaenoptera brydei/edeni*).

### Muestreo visual

Se realizaron muestreos visuales en el Mar de Las Calmas, coincidiendo con la zona de muestreo PAM, desde los acantilados costeros (119 m sobre el nivel del mar, 27,67482 ° N, -18,02535 ° O), con un campo de visión que abarcaba rumbos reales de 160° a 294° y 30 km de largo hasta el horizonte. El esfuerzo visual comenzó a las 08:30 h y finalizó a las 15:00 h, después de recuperar las SoundTrap. Dos observadores equipados con binoculares Fujinon 7x50, con brújula y retículas oculares, cubrieron visualmente la mitad del área del compás, cada uno con una superposición de  $\pm 10$  grados. Un tercer observador cubría todo el horizonte visible con binoculares Fujinon de 15x80 de largo alcance, también equipados con brújula y retículas oculares (Arranz et al., 2014). Cada observador barrió el área durante dos minutos en promedio, cambiando de posición cada 30 minutos, con una posición de descanso/registro de datos cada 1,5 h. El operador registró los datos de los avistamientos de cetáceos (hora de inicio y finalización del avistamiento, rumbo, retícula, número de animales en el grupo, composición social y comportamiento). Estos datos fueron almacenados utilizando el software Logtool (M. Johnson, University of St. Andrews), programado en Matlab 6.5.1 (Mathworks 2003), el cual fue diseñado específicamente para realizar estudios de cetáceos.

### Estacionalidad

Las observaciones se clasificaron por las estaciones del hemisferio norte: primavera (marzo-mayo), verano (junio-agosto), otoño (septiembre-noviembre) e invierno (diciembre-febrero). Se calcularon las tasas medias horarias de detección acústica y de avistamiento para cada mes muestreado y finalmente para cada estación.

### Análisis estadístico

Para determinar el efecto de la estación y el año en la tasa de detección acústica y de avistamiento se realizó un ANOVA de dos vías para muestras no balanceadas (“anovan” en Matlab) y posteriormente se realizó un test de correlación de Pearson entre las tasas mensuales de detección acústica y de avistamiento. La significación estadística se fijó a priori en  $\alpha = 0,05$ . Todos los datos se probaron inicialmente para normalidad e igualdad de varianza utilizando las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Bartlett y Levene, respectivamente. En el caso de que estos supuestos no se confirmasen, se reduciría la significación estadística a  $\alpha = 0,01$  (Underwood, 1997).

## Resultados

Se analizaron un total de 108,7 horas de grabaciones en un total de 88 días de muestreo acústico (Tabla 4). La tasa media de detección fue de 2,1 detecciones/hora de muestreo ( $\pm 1,9$ ), con 224 detecciones en total. Los registros tuvieron una duración media de 1,24 h ( $\pm 0,8$ ) por día.

**Tabla 4.** – Estadística descriptiva de los muestreos acústicos y visuales que se realizaron en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias) durante los años 2016 a 2019. Se indican las tasas de detección acústica y de avistamiento de rorcuales tropicales (*Balaenoptera brydei*), y el número total en paréntesis.

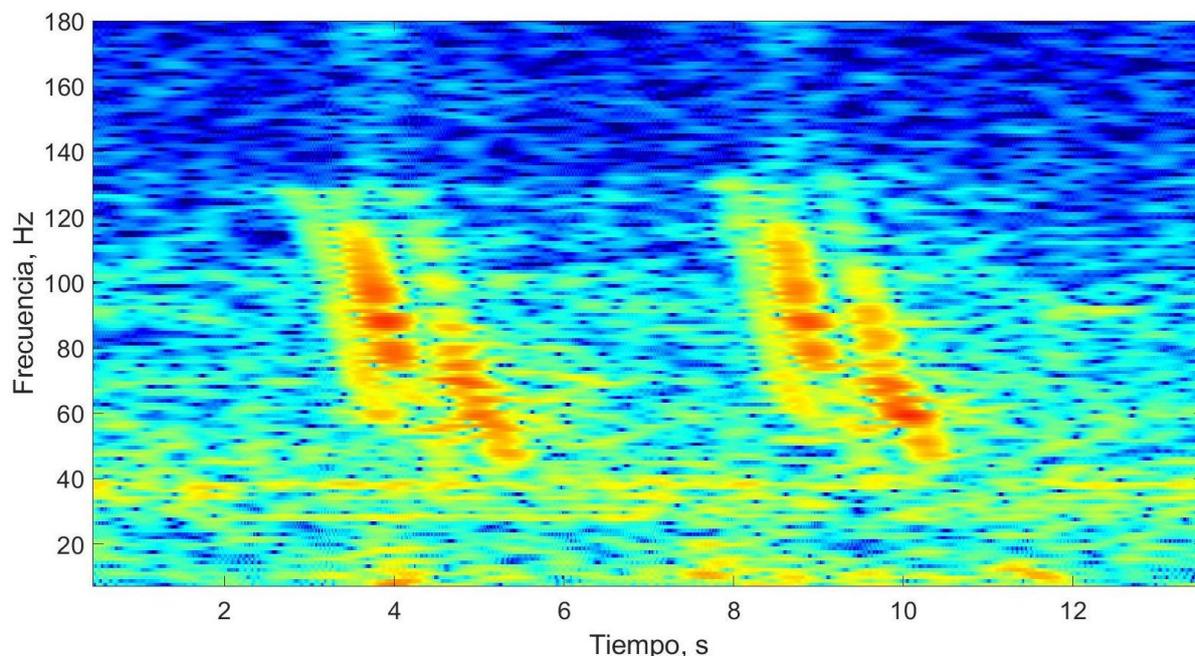
Año		Estación			Total
		Primavera	Verano	Otoño	
2016	Grabación (h)	2,3	6	57,2	62,5
	Detecciones/hora (N total)	0 (0)	1,3 (8)	1,7 (95)	1,6 (103)
	Visual (h)	71,5	0	156	227,5
	Avistamientos/hora (N total)	0,9 (65)	0 (0)	0,2 (27)	0,4 (92)
2017	Grabación (h)	28,9	0,1	11	40
	Detecciones/hora (N total)	4,1 (119)	0 (0)	0,2 (2)	2,5 (99)
	Visual (h)	84,5	26	123,5	234
	Avistamientos/hora (N total)	0 (0)	0,2 (4)	0,04 (5)	0,04 (9)
2018	Grabación (h)	0,8	1,3	0,6	2,7
	Detecciones/hora (N total)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Visual (h)	97,5	97,5	84,5	279,5
	Avistamientos/hora (N total)	0,6 (57)	0,1 (5)	0,2 (19)	0,3 (81)
2019	Grabación (h)	0,5	0	0	0,5
	Detecciones/hora (N total)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Visual (h)	84,5	0	0	84,5
	Avistamientos/hora (N total)	0,4 (37)	0 (0)	0 (0)	0,4 (37)
<b>Total</b>	Grabación (h)	32,5	7,4	68,8	108,7
	Detecciones/hora (N total)	3,7 (119)	1,1 (8)	1,4 (97)	2,1 (224)
	Visual (h)	338	123,5	364	825,5
	Avistamientos/hora (N total)	0,5 (159)	0,1 (9)	0,1 (51)	0,3 (219)

### Tipos de llamadas

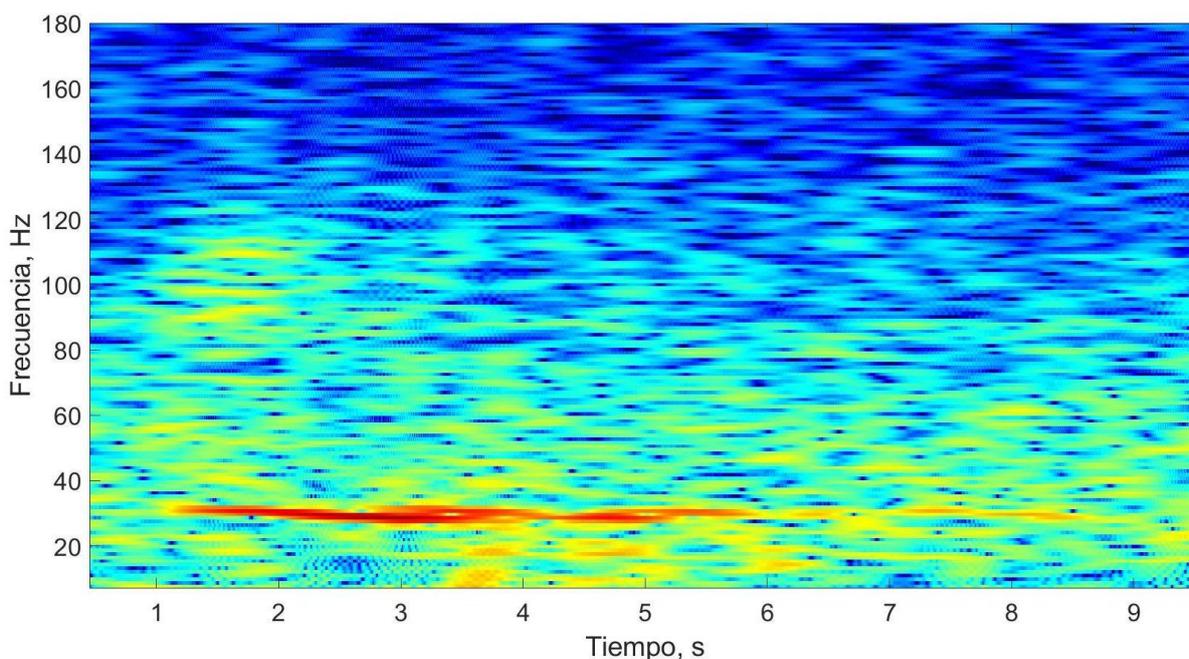
Se identificaron dos tipos de llamadas (Tabla 5). La primera (Fig. 6) presenta una duración media de  $2,3 \pm 0,6$  s, con frecuencia inicial de  $104,4 \pm 22,8$  Hz, frecuencia final de  $40 \pm 5,3$  Hz (diferencia de frecuencia de  $64 \pm 20,7$  Hz) y frecuencia pico de  $56 \pm 10,1$  Hz, por lo que durante el análisis ha sido denominada ‘DS’, del inglés ‘downsweep’ (barrido descendente). La segunda (Fig. 7) presenta una duración media de  $5,6 \pm 2,6$  s, con frecuencia inicial de  $36,1 \pm 2,9$  Hz, frecuencia final de  $21,8 \pm 1,9$  Hz (diferencia de frecuencia de  $14 \pm 4,3$  Hz) y frecuencia pico de  $29,3 \pm 0$  Hz, por lo que durante el análisis ha sido denominada ‘29Hz’.

**Tabla 5.** – Estadísticos descriptivos (media  $\pm$  desviación estándar) de los dos tipos de llamadas de rorcual tropical (*Balaenoptera brydei*) detectados en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias) durante los años 2016 a 2019.

Tipo de llamada	N	Duración	Frecuencia inicial (Hz)	Frecuencia final (Hz)	$\Delta$ Frecuencia (Hz)	Frecuencia pico (Hz)
DS	172	2,3 [ $\pm$ 0,6]	104,4 [ $\pm$ 22,8]	40,0 [ $\pm$ 5,3]	64,0 [ $\pm$ 20,7]	56,0 [ $\pm$ 10,1]
29Hz	52	5,6 [ $\pm$ 2,6]	36,1 [ $\pm$ 2,9]	21,8 [ $\pm$ 1,9]	14 [ $\pm$ 4,3]	29,3 [ $\pm$ 0]



**Figura 6.** – Espectrograma del tipo de llamada ‘DS’ (downsweep) de rorcual tropical (*Balaenoptera brydei*) detectado en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias) durante los años 2016 a 2019. FFT de  $2^{17}$  puntos, superposición del 98 % y ventana de Hanning.



**Figura 7.** – Espectrograma del tipo de llamada ‘29Hz’ de rorcual tropical (*Balaenoptera brydei*) detectado en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias) durante los años 2016 a 2019. FFT de  $2^{17}$  puntos, superposición del 98 % y ventana de Hanning.

## Estacionalidad

En cuanto a los sonidos tipo ‘DS’, su tasa de detección (det./h) fue de 3,0 (98 detecciones) en primavera, 0,0 (0 detecciones) en verano y 1,1 (74 detecciones) en otoño, con una tasa de detección total de 1,6 det./h (172 detecciones) (Tabla 6, Anexo III).

**Tabla 6.** – Tasa de detección acústica (det./h) de llamadas tipo ‘DS’ detectadas en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias), durante las estaciones de primavera, verano y otoño de los años 2016 a 2019 (número total de detecciones en paréntesis).

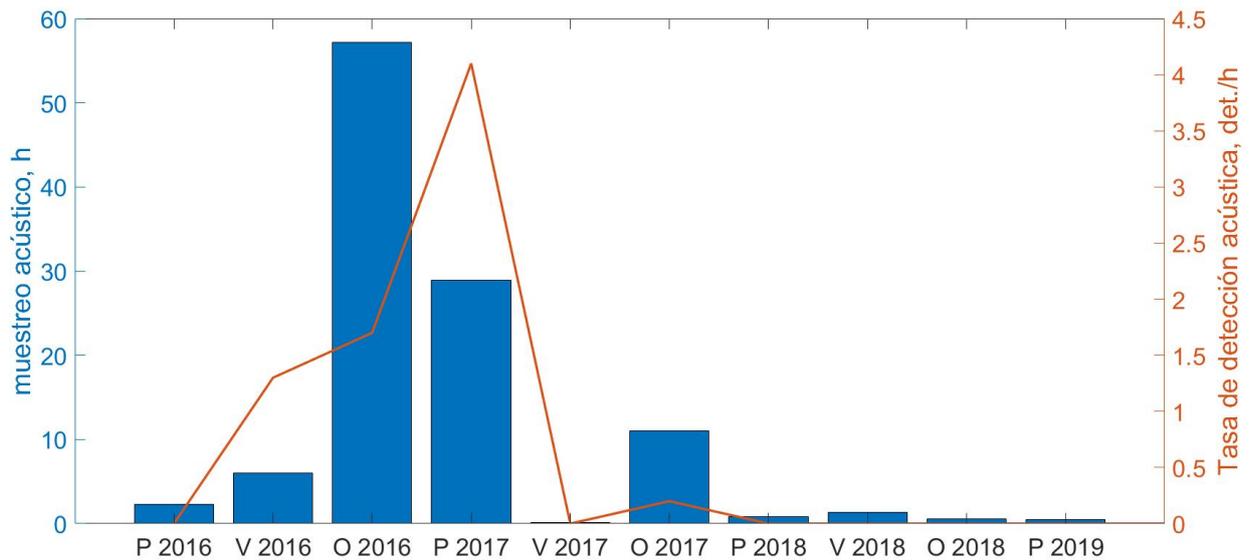
<b>Año</b>	<b>Primavera</b>	<b>Verano</b>	<b>Otoño</b>	<b>Total</b>
<b>2016</b>	0	0	1,3 (73)	1,2 (73)
<b>2017</b>	3,4 (98)	0	0,1 (1)	2,5 (99)
<b>2018</b>	0	0	0	0
<b>2019</b>	0	0	0	0
<b>Total</b>	3,0 (98)	0	1,1 (74)	1,6 (172)

La tasa de detección (det./h) de los sonidos tipo ‘29Hz’ fue de 0,6 (21 detecciones) en primavera, 1,1 (8 detecciones) en verano y 0,3 (23 detecciones) en otoño, con una tasa de detección total de 0,5 (52 detecciones) (Tabla 7, Anexo III).

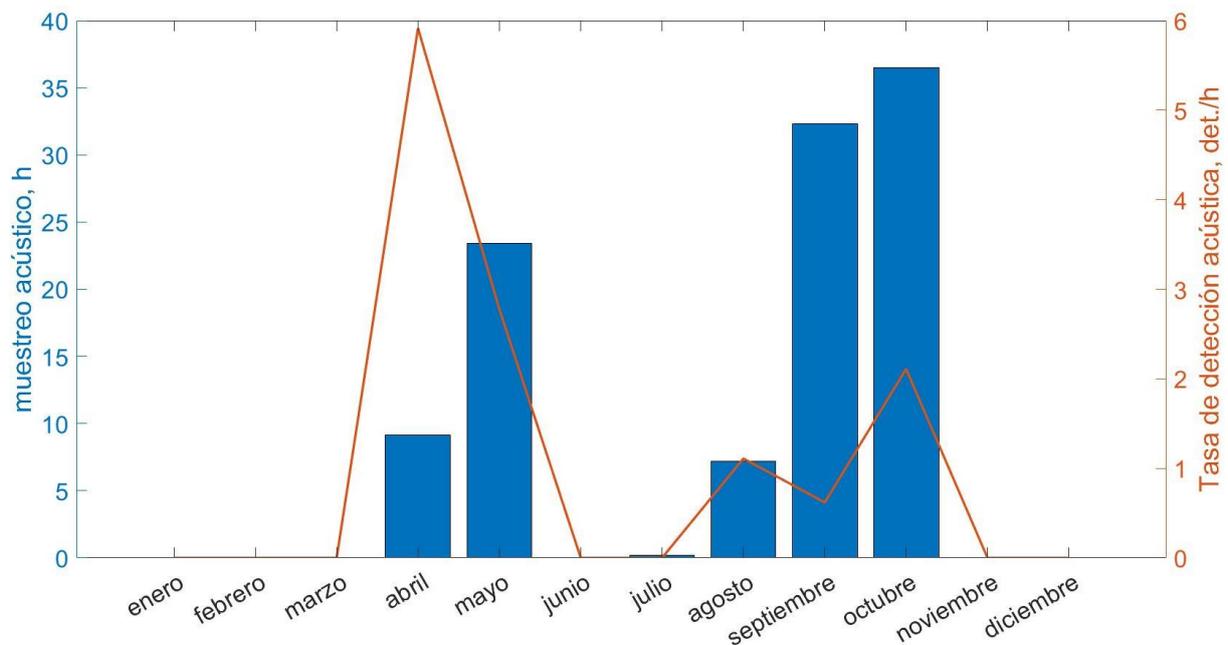
**Tabla 7.** – Tasa de detección acústica (det./h) de llamadas tipo ‘29Hz’ detectadas en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias), durante las estaciones de primavera, verano y otoño de los años 2016 a 2019 (número total de detecciones en paréntesis).

<b>Año</b>	<b>Primavera</b>	<b>Verano</b>	<b>Otoño</b>	<b>Total</b>
<b>2016</b>	0	1,3 (8)	0,4 (22)	0,5 (30)
<b>2017</b>	0,7 (21)	0	0,1 (1)	0,6 (22)
<b>2018</b>	0	0	0	0
<b>2019</b>	0	0	0	0
<b>Total</b>	0,6 (21)	1,1 (8)	0,3 (23)	0,5 (52)

Las horas de grabación y tasas de detección acústica de cada mes, estación y año muestreados se muestran en las figuras 8 y 9.



**Figura 8.** – Horas de muestreo acústico (barras azules) y tasa media de detección acústica (línea naranja, det./hora) de llamadas de rorcual tropical (*Balaenoptera brydei*) por estación: primavera (P), verano (V) y otoño (O); durante los años 2016 a 2019 en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias).



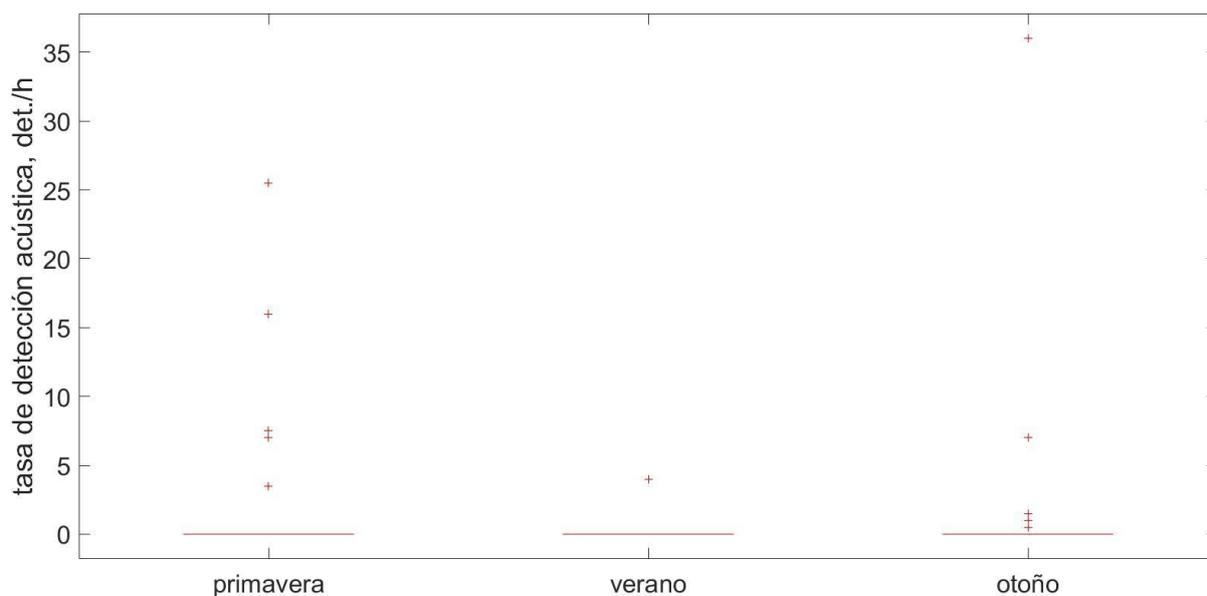
**Figura 9.** – Horas de muestreo acústico (barras azules) y tasa media de detección acústica (línea naranja, det./hora) de llamadas de rorcual tropical (*Balaenoptera brydei*) por mes, durante los años 2016 a 2019 en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias).

Estadística de los datos acústicos

Dado que los datos no cumplieron los supuestos estadísticos de normalidad y homocedasticidad, se estableció un  $\alpha = 0,01$  (Underwood, 1997). El ANOVA de dos vías reveló que no hay una diferencia estadísticamente significativa en la tasa de detección acústica entre las estaciones del año (primavera, verano y otoño) muestreadas ( $F = 0,82$ ;  $p = 0,44$ ;  $N = 88$ ), ni entre los años muestreados ( $F = 0,34$ ;  $p = 0,79$ ;  $N = 88$ ) (Tabla 8, Fig. 10).

**Tabla 8.** – Resultados del test ANOVA para la tasa de detección acústica, con la ‘estación’ y el ‘año’ como factores agrupadores.

Origen	SC	gl	MC	F	Prob>F
‘Estación’	43,560	2	21,780	0,820	0,445
‘Año’	27,170	3	9,057	0,340	0,796
Error	2182,590	82	26,617		
Total	2249,620	87			



**Figura 10.** – Diagrama de cajas y bigotes con las tasas de detección acústica (det./h) de rorcual tropical (*Balaenoptera brydei*) por estación muestreada en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias) durante los años 2016 a 2019.

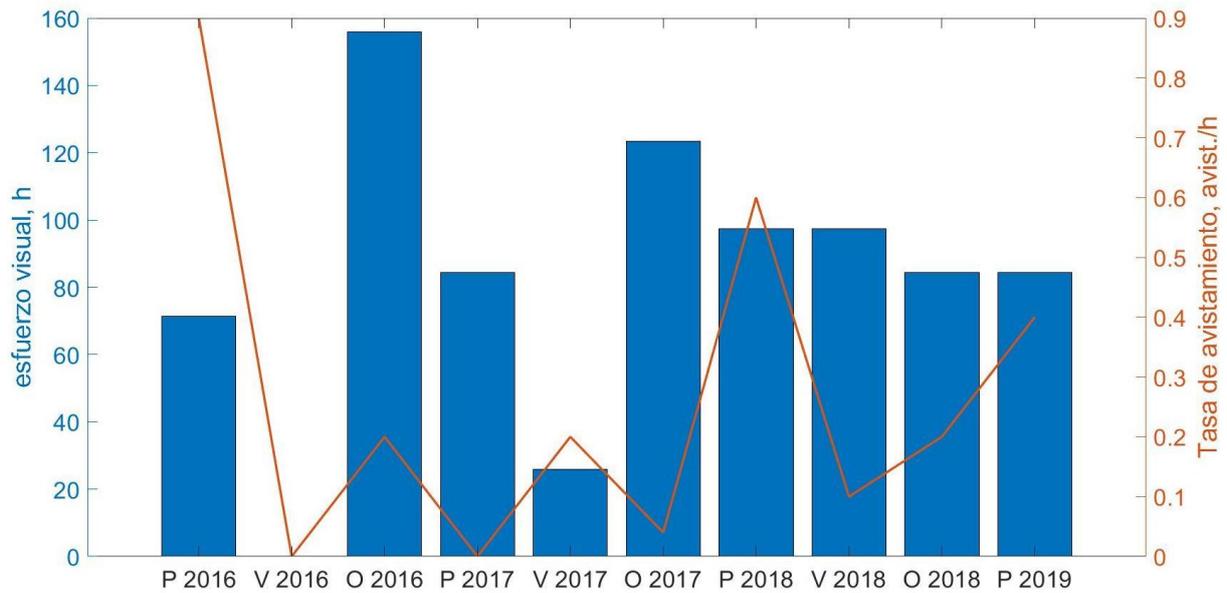
### Datos Visuales

Se realizaron un total de 825,5 horas de esfuerzo visual en un total de 127 días de muestreo. La tasa media de avistamiento de rorcual tropical fue de 0,3 avistamientos/hora de muestreo (219 avistamientos en total) (Figs. 11 y 12).

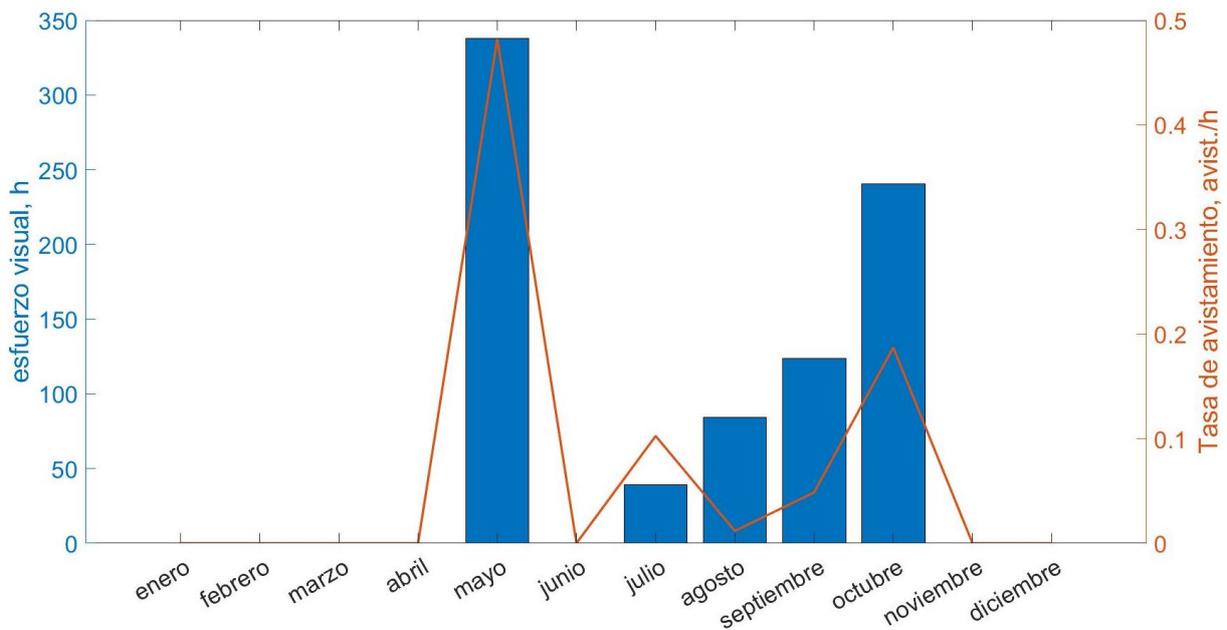
El test de correlación de Pearson entre las tasas mensuales de detección acústica y de avistamiento resultó en un R de 0,32 (Fig. 13).

### Estadística datos visuales

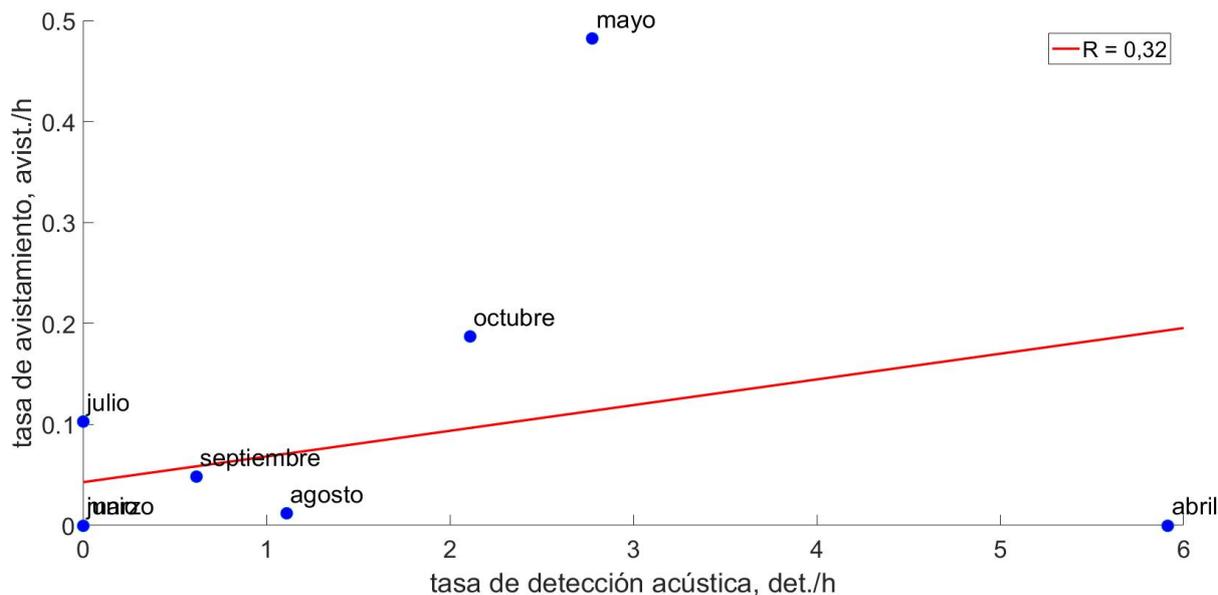
Dado que los datos no cumplieron los supuestos estadísticos de normalidad y homocedasticidad, se estableció un  $\alpha = 0,01$  (Underwood, 1997). El ANOVA de dos vías reveló que existe una diferencia estadísticamente significativa en la tasa de avistamiento entre las estaciones del año (primavera, verano y otoño) muestreadas ( $F = 4,58$ ;  $p = 0,01$ ;  $N = 127$ ), pero no entre los años muestreados ( $F = 2,05$ ;  $p = 0,11$ ;  $N = 127$ ) (Tabla 9, Fig. 14).



**Figura 11.** – Horas de esfuerzo visual (barras azules) y tasa media de avistamiento (línea naranja, avist./hora) de roccual tropical (*Balaenoptera brydei*) por estación: primavera (P), verano (V) y otoño (O); durante los años 2016 a 2019 en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias).



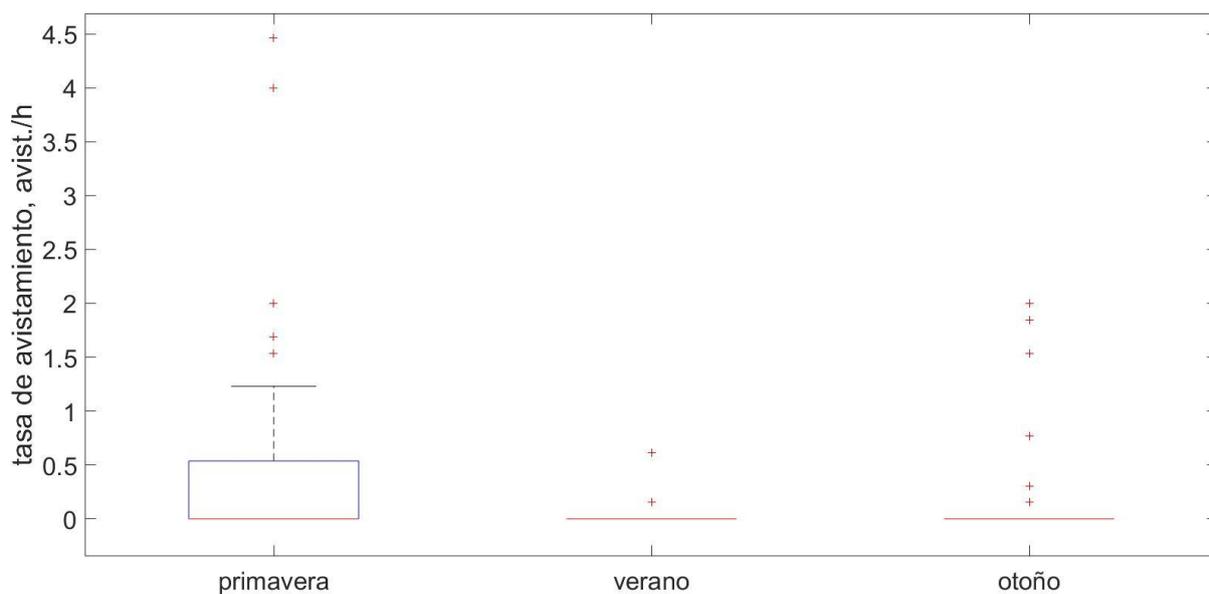
**Figura 12.** – Horas de esfuerzo visual (barras azules) y tasa media de avistamiento (línea naranja, avist./hora) de roccual tropical (*Balaenoptera brydei*) por mes, durante los años 2016 a 2019 en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias).



**Figura 13.** – Correlación lineal entre las tasas mensuales de detección acústica y de avistamiento ( $R = 0,32$ ) de rorcual tropical (*Balaenoptera brydei*) durante los años 2016 a 2019 en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias).

**Tabla 9.** – Resultados del test ANOVA para la tasa de avistamiento, con las variables ‘estación’ y ‘año’ como factores agrupadores.

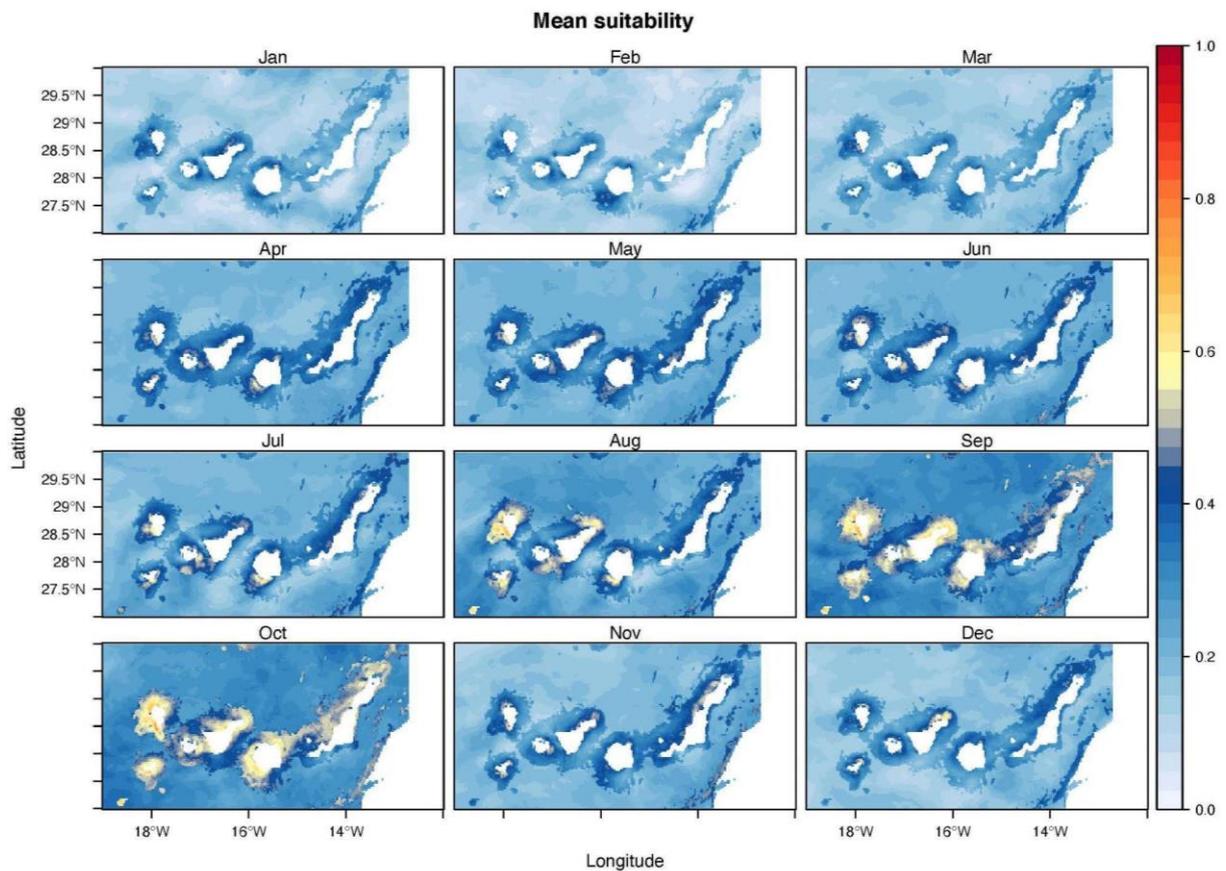
Origen	SC	gl	MC	F	Prob>F
‘Estación’	4,079	2	2,039	4,580	0,010
‘Año’	2,736	3	0,912	2,050	0,111
Error	53,934	121	0,446		
<b>Total</b>	<b>60,955</b>	<b>126</b>			



**Figura 14.** – Diagrama de cajas y bigotes con las tasas de avistamiento (avist./h) de rorcual tropical (*Balaenoptera brydei*) por estación muestreada, durante los años 2016 a 2019 en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias).

## Discusión

Se identificó un patrón estacional en los avistamientos de rorcual tropical (*Balaenoptera brydei*) en la isla de El Hierro (Islas Canarias), con un pico significativo de avistamientos en primavera, seguido de otoño y verano, los cuales sugieren una mayor presencia de la especie en la isla durante la primavera y el otoño. La tasa de detección mostró una tendencia similar no significativa, probablemente debido a las limitaciones en el número de muestras y a la baja tasa de vocalización de estos animales. Esta variación estacional coincide con resultados previos de avistamientos citados para la especie en las Islas Canarias (Carrillo et al., 2010), pero diverge de modelos de idoneidad del hábitat para su familia propuestos para el archipiélago (López-Vargas, *en prensa*) (Fig. 15).



**Figura 15.** – Resultados del modelo de nicho ecológico de las especies de balaenoptéridos recopiladas en el programa CETAVIST, utilizando el algoritmo de presencia-fondo MAXENT (Phillips et al., 2006) (López-Vargas, *en prensa*).

### Detección acústica

Se identificaron dos tipos de llamada de *B. brydei* en el presente estudio: ‘DS’ y ‘29Hz’, las cuales se podrían identificar como los tipos Be6 y Be3, respectivamente, debido a sus similitudes en duración y frecuencia, si bien la llamada ‘DS’ descrita en este estudio presenta una duración media (2,3 [ $\pm$  0,6]) y frecuencias (104,4 - 40 Hz) ligeramente inferiores a Be6, y la llamada ‘29Hz’ presenta una duración media (5,6 [ $\pm$  2,6]) mayor a Be3. Estas llamadas fueron descritas por primera vez en el Océano Pacífico tropical oriental (Oleson et al., 2003) y posteriormente también fueron registradas en el Golfo de México (Širović et al., 2014). Estos resultados indican que las llamadas detectadas parecen compartirse entre diferentes poblaciones de esta especie, mientras que la variación espaciotemporal en la frecuencia y tipo de sonido puede estar relacionada con la reproducción, las migraciones estacionales o las diferencias entre poblaciones (Heimlich et al., 2005; Oleson et al., 2003).

El tipo de llamada más frecuente fue Be6 (‘DS’), con una tasa media de detección de 1,6 detecciones/h, siendo primavera la estación con mayor incidencia (3,0 det./h). Oleson et al. (2003) registraron este tipo de llamada en animales solitarios y grupos de animales muy estrechamente asociados, los cuales estaban produciendo esta llamada mientras viajaban a una velocidad y dirección constantes.

Por otra parte, la llamada Be3 (‘29Hz’) presentó una tasa media de detección de 0,5 detecciones/h, siendo verano la estación con mayor incidencia (1,1 det./h). No se ha descrito un contexto para este tipo de llamadas y tampoco es posible decir cuál es el propósito de estos tipos de llamadas, especialmente dado nuestro tamaño de muestra limitado y la ausencia de información detallada sobre el comportamiento. Sin embargo, parece probable que estas llamadas se utilicen para diferentes propósitos debido a su relación observada con la estación del año.

Aunque existen similitudes entre las llamadas de poblaciones de esta especie en todo el mundo, parece haber diferencias regionales entre ellas. Cuando se combinan con datos genéticos, estas diferencias regionales pueden ser útiles para identificar stocks o límites de población (Mellinger y Barlow, 2003). Kanda et al. (2007), por ejemplo, demostraron que el flujo de genes entre las poblaciones de los océanos Pacífico e Índico es bajo y que las medidas de gestión eficaces deberían tratarlas como entidades separadas.

La tasa de vocalización del rorcual tropical puede ser más baja que la de otros misticetos (< 1 det./h) (Cummings et al., 1986; Vilorio-Gomora et al., 2015), por lo que se puede considerar que las tasas descritas en este estudio son relativamente altas en primavera. A diferencia de los

sonidos emitidos por otros mysticetos, las vocalizaciones de esta especie son bastante cortas (normalmente menos de 3 s) y, por lo general, no son muy fuertes en relación con el ruido de fondo (Heimlich et al., 2005). Estos factores pueden dificultar su detección acústica. A pesar de ello, estas son las primeras vocalizaciones de rorcual tropical descritas en Canarias y ofrecen datos novedosos acerca de su presencia. Con un mayor esfuerzo de muestreo acústico se pueden obtener datos relevantes para la estima de abundancia y gestión de las poblaciones de esta especie en Canarias.

Recientemente se han desarrollado algoritmos de detección automatizados en base a las vocalizaciones conocidas de esta especie, como las técnicas basadas en plantillas y el modelo de Markov, (Babalola et al., 2021; Ogundile et al., 2020; Ogundile y Versfeld, 2020; Putland et al., 2018). El estudio actual amplía el repertorio acústico conocido del rorcual tropical y puede contribuir al futuro monitoreo no invasivo de esta especie mediante PAM.

#### Detección visual

Los resultados que ofrecen los datos visuales indican significativamente que existe una mayor presencia de rorcual tropical en El Hierro durante los meses de primavera y divergen de los modelos de idoneidad del hábitat existentes para la familia en Canarias. La correlación entre las tasas de detección acústica y de avistamiento es baja ( $R = 0,32$ ). El hecho de que esta diferencia sea significativa únicamente en los datos de avistamiento probablemente se deba al mayor tamaño muestral en comparación con los datos acústicos.

La mayor presencia de la especie en primavera podría obedecer al incremento de productividad primaria asociado a dicha estación en las aguas típicamente oligotróficas de la isla, el cual podría ser aprovechado por estos cetáceos para incrementar sus oportunidades de alimentación.

#### Contexto oceanográfico

Durante la primavera existe una mayor presencia de especies de interés trófico para el rorcual tropical como, por ejemplo, peces pelágicos como la sardina (*Sardina pilchardus*), la caballa (*Scomber colias*), el jurel (*Trachurus* spp.) o la alacha (*Sardinella* spp.) (Jurado-Ruzafa et al., 2019) y otros peces pelágicos de pequeño tamaño (ictioplancton) como Clupeidos, Espáridos y Góbidos, en la región nerítica, y Mictófidos, Gonostomátidos y Photíctidos, en la región oceánica (Moyano, 2009). Esto podría ser determinante en la distribución de esta especie en el archipiélago, con una mayor presencia en los meses de primavera para aprovechar los recursos tróficos disponibles.

Su ausencia en junio podría deberse a que migran hacia otras regiones de Macaronesia como, por ejemplo, Madeira (Alves et al., 2010) o Azores (Steiner et al., 2008), para luego retornar a

finales de verano. De esta forma, considerando la temporada de muestreo, no se esperaba que se registrara ninguna ballena barbada excepto el rorcual tropical, si bien también es posible que las señales de baja frecuencia fueran producidas por rorcual aliblanco (*B. acutorostrata*), conocido por sus vocalizaciones de sonido mecánico (Gedamke et al., 2001; Rankin y Barlow, 2005). Sin embargo, las citas de rorcual aliblanco son escasas para Canarias y con poca probabilidad las detecciones corresponden a esta especie.

#### Implicaciones para la conservación de la especie

Los cetáceos en las Islas Canarias se encuentran bajo diferentes amenazas como la presión que generan ciertas actividades turísticas (Aguilar et al., 2001), el ruido marino (Aguilar y Brito, 2002), la reducción de recursos tróficos (Bearzi et al., 2008), la captura accidental durante maniobras pesqueras (Félix et al., 2006), la elevada contaminación marina y las colisiones con embarcaciones (Fais et al., 2016; De Stephanis y Urquiola, 2006). Sin embargo, la escasez de datos fiables y precisos sobre la abundancia de las poblaciones dificulta cuantificar el efecto a nivel poblacional de estos impactos, que han de ser estudiados en profundidad para conocer el estado de conservación de las distintas especies de cetáceos, en este caso, del rorcual tropical. Los resultados de este estudio son relevantes para la gestión de las poblaciones de esta especie, poco conocida a nivel global, a efectos de conocer las épocas de mayor presencia de la misma en el archipiélago y, por tanto, de mayor riesgo de colisión con embarcaciones.

Para avanzar en la conservación de esta especie, debemos definir y refinar su repertorio acústico en todo el mundo y recopilar conjuntos de datos acústicos a largo plazo para identificar sus movimientos a través del océano. Para ello, la mejor estrategia es la recopilación de datos acústicos pasivos (Constantine et al., 2018).

## Conclusiones

1. Se detectaron dos tipos de llamadas de rorcual tropical en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias) mediante el análisis acústico en Raven Pro 2:
  - a. barridos descendentes ('downsweep'), similares a Be6, con una duración media de  $2,3 \pm 0,6$  s, frecuencia inicial de  $104,4 \pm 22,8$  Hz, frecuencia final de  $40 \pm 5,3$  Hz y frecuencia pico de  $56 \pm 10,1$  Hz; y
  - b. llamadas tipo Be3, con una duración media de  $5,6 \pm 2,6$  s, frecuencia inicial de  $36,1 \pm 2,9$  Hz, frecuencia final de  $21,8 \pm 1,9$  Hz y frecuencia pico de  $29,3 \pm 0$  Hz.
2. La tasa media de detección acústica de *Balaenoptera brydei* fue de 2,1 detecciones/h, siendo no significativas las diferencias entre las detecciones realizadas en primavera (3,7 det./h), verano (1,1 det./h) y otoño (1,4 det./h). En cambio, la tasa media de avistamiento fue de 0,3 avistamientos/h, con una diferencia significativa entre primavera, verano y otoño, siendo primavera la estación con una mayor ocurrencia de la especie (0,5 avist./h). Las diferencias significativas únicamente en los datos de avistamiento probablemente se deban al mayor tamaño muestral en comparación con los datos acústicos.
3. La correlación entre las tasas de detección acústica y de avistamiento de *B. brydei* fue baja ( $R = 0,32$ ).
4. Las llamadas detectadas con los muestreos acústicos de este estudio parecen compartirse entre diferentes poblaciones de la especie y pueden utilizarse para determinar su presencia. Sin embargo, dada la baja tasa de vocalización de estos animales, es necesario obtener un mayor número de registros acústicos para poder confirmar la tendencia que arrojan los datos visuales mediante técnicas de acústica pasiva.
5. Los resultados de este estudio divergen de los modelos de idoneidad del hábitat existentes para la familia Balaenopteridae en Canarias, si bien la mayor presencia de la especie en primavera podría obedecer al incremento de productividad primaria asociado a dicha estación en las aguas típicamente oligotróficas de El Hierro, el cual podría ser aprovechado por estos cetáceos para incrementar sus oportunidades de alimentación.
6. Los resultados de este trabajo son relevantes para la gestión de las poblaciones de rorcual tropical, poco conocidas a nivel global, a efectos de conocer las épocas de mayor presencia de la misma en el archipiélago y, por tanto, de mayor riesgo de colisión con embarcaciones.

## Conclusions

1. Two Bryde's whale call types were detected in Las Calmas, El Hierro (Canary Islands) by acoustic analysis in Raven Pro 2:
  - a. downsweeps, similar to Be6, with a mean duration of  $2.3 \pm 0.6$  s, initial frequency of  $104,4 \pm 22.8$  Hz, final frequency of  $40 \pm 5.3$  Hz and peak frequency of  $56 \pm 10.1$  Hz; and
  - b. Be3 type calls, with an average duration of  $5.6 \pm 2.6$  s, initial frequency of  $36.1 \pm 2.9$  Hz, final frequency of  $21.8 \pm 1.9$  Hz and peak frequency of  $29.3 \pm 0$  Hz.
2. The average *Balaenoptera brydei* acoustic detection rate was 2.1 detections/h, with non-significant differences between detections made in spring (3.7 det./h), summer (1.1 det./h) and autumn (1.4 det./h). In contrast, the mean sighting rate was 0.3 sightings/h, with a significant difference between spring, summer and autumn, being spring the season with the highest occurrence of the species (0.5 sightings/h). The significant differences only in the sighting data are probably due to the larger sample size compared to the acoustic data.
3. The correlation between acoustic detection and sighting rates of *B. brydei* was low ( $R = 0.32$ ).
4. The calls detected with the acoustic surveys of this study seem to be shared between different populations of the species and can be used to determine their presence. However, given the low vocalization rate of these animals, it is necessary to obtain a greater number of acoustic records in order to confirm the trend shown by the visual data using passive acoustic techniques.
5. The results of this study diverge from existing habitat suitability models for the Balaenopteridae family in the Canary Islands, although the greater presence of the species in spring could be due to the increase in primary productivity associated with said season in the typically oligotrophic waters of El Hierro, which could be used by these cetaceans to increase their feeding opportunities.
6. The results of this work are relevant for the management of the populations of Bryde's whale, little known at a global level, in order to know the times of greatest presence in the archipelago and therefore of greater risk of ship collision.

## Bibliografía

- Aguilar, N. 2006.** Comportamiento acústico y de buceo del calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*) y del zifio de Blainville (*Mesoplodon densirostris*) en las Islas Canarias. Implicaciones sobre los efectos del ruido antrópico y las colisiones con embarcaciones. Tesis Doctoral. Facultad de Biología, Departamento de Biología Animal. U.D.I. Ciencias Marinas. Universidad de La Laguna, España.
- Aguilar, N. y Brito, A. 2002.** Cetáceos, pesca y prospecciones petrolíferas en las Islas Canarias. Facultad de Biología, Departamento de Biología Animal. U.D.I. Ciencias Marinas. Universidad de La Laguna, España.
- Aguilar, N., Díaz, F., Carrillo, M., Brito, A., Barquín, J. et al. 2001.** Evidence of disturbance of protected cetacean populations in the Canary Islands. En *Paper to the Scientific Committee at the 53rd Meeting of the International Whaling Commission*, pp. 3-16.
- Alves, F., Dinis, A., Cascao, I. y Freitas, L. 2010.** Bryde's whale (*Balaenoptera brydei*) stable associations and dive profiles: New insights into foraging behavior. *Marine Mammal Science*, 26(1): 202-212.
- Anderson, J. 1878.** Anatomical and zoological researches: comprising an account of the zoological results of the two expeditions to western Yunnan in 1868 and 1875; and a monograph of the two cetacean genera. *Platanista and Orcella*, Vol. 1. Bernard Quaritch, Londres.
- Apéndice II. 11 de junio de 2011.** At the way back machine of the Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals (CMS). Modificado por la Conferencia de las Partes en 1985, 1988, 1991, 1994, 1997, 1999, 2002, 2005 y 2008. Vigencia: 5 de marzo de 2009.
- Arístegui, J., Sangrá, P., Hernández-León, S., Cantón, M., Hernández-Guerra, A. y Kerling, J. L. 1994.** Island-induced eddies in the Canary Islands. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 41(10): 1509-1525.
- Arístegui, J., Tett, P., Hernández-Guerra, A., Basterretxea, G., Montero, M. F. et al. 1997.** The influence of island-generated eddies on chlorophyll distribution: a study of mesoscale variation around Gran Canaria. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 44(1): 71-96.
- Arranz, P., Aguilar, N., Díaz, F., Domínguez, I., Aparicio, C. et al. 2008.** Cetáceos avistados en el entorno de la isla de El Hierro, en el Marco de Interreg. "Bionatura". Grupo de Investigación BIOECOMAC, Departamento de Biología Animal. Universidad de La Laguna, San Cristóbal de La Laguna, España.
- Arranz, P., Borchers, D. L., Aguilar, N., Johnson, M. P. y Cox, M. J. 2014.** A new method to study inshore whale cue distribution from land-based observations. *Marine Mammal Science*, 30(2): 810-818.
- Babalola, O. P., Usman, A. M., Ogundile, O. O. y Versfeld, D. J. J. 2021.** Detection of Bryde's whale short pulse calls using time domain features with hidden Markov models. *SAIEE Africa Research Journal*, 112(1): 15-23.
- Bannister, J. L. 2002.** Baleen Whales, Mysticetes. En *Encyclopedia of Marine Mammals* (eds. Perrin, W.F., Wursig, B. y Thewissen, J. G. M.), pp. 62-72. Academic Press, Londres.
- Barton, E. D., Arístegui, J., Tett, P., Cantón, M., García-Braun, J. et al. 1998.** The transition zone of the Canary Current upwelling region. *Progress in Oceanography*, 41(4): 455-504.
- Baumgartner, M. F. y Frantoni, D. M. 2008.** Diel periodicity in both sei whale vocalization rates and the vertical migration of their copepod prey observed from ocean gliders. *Limnology and Oceanography*, 53: 2197-2209.
- Bearzi, G., Agazzi, S., Gonzalvo, J., Costa, M., Bonizzoni, S. et al. 2008.** Overfishing and the disappearance of short-beaked common dolphins from western Greece. *Endangered Species Research*, 5(1): 1-12.
- Best, P. B. 1960.** Further information on Bryde's Whale (*Balaenoptera edeni* Anderson) from Saldanha Bay, South Africa. *Norsk Hvalfangst-Tidende*, 49: 201-215.
- Best, P. B. 1967.** Distribution and feeding habits of baleen whales off the Cape Province. *Invest. Rep. Div. Sea Fish South Africa*, 57:1-44.
- Best, P. B. 1977.** Two allopatric forms of Bryde's whale off South Africa. *Report of the International Whaling Commission*, (Spec. Iss. 1): 10-38.
- Best, P. B. 1996.** Evidence of migration by Bryde's whales from the offshore population in the Southeast Atlantic. *Report of the International Whaling Commission*, 46: 315-322.
- Best, P. B. 2001.** Distribution and population separation of Bryde's whale (*Balaenoptera edeni*) off southern Africa. *Marine Ecology Progress Series*, 220: 277-289.
- Best, P. B., Butterworth, D. S. y Rickett, L. H. 1984.** An assessment cruise for the South African inshore stock of Bryde's whales (*Balaenoptera edeni*). *Report of the International Whaling Commission*, 34: 403-423.

- Bittencourt, L., Barbosa, M., Secchi, E., Lailson-Brito, J. y Azevedo, A. 2016.** Acoustic habitat of an oceanic archipelago in the Southwestern Atlantic. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 115: 103-111.
- Bittencourt, L., Soares-Filho, W., de Lima, I. M. S., Pai, S., Lailson-Brito, J. et al. 2018.** Mapping cetacean sounds using a passive acoustic monitoring system towed by an autonomous Wave Glider in the Southwestern Atlantic Ocean. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 142: 58-68.
- Brodie, D. C. y Dunn, R. A. 2015.** Low frequency baleen whale calls detected on ocean-bottom seismometers in the Lau basin, southwest Pacific Ocean. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 137(1): 53-62.
- Buchan, S. J., Gutierrez, L., Balcazar-Cabrera, N. y Stafford, K. M. 2019.** Seasonal occurrence of fin whale song off Juan Fernandez, Chile. *Endangered Species Research*, 39: 135-145.
- Buchan, S. J., Pérez-Santos, I., Narváez, D., Castro, L., Stafford, K. M. et al. 2021.** Intraseasonal variation in southeast Pacific blue whale acoustic presence, zooplankton backscatter, and oceanographic variables on a feeding ground in Northern Chilean Patagonia. *Progress in Oceanography*, 199: 102709.
- Carrillo, M., Pérez-Vallazza, C. y Álvarez-Vázquez, R. 2010.** Cetacean diversity and distribution off Tenerife, Canary Islands. *Marine Biodiversity Records*, 3: 97.
- Constantine, R., Iwata, T., Nieukirk, S. L. y Penry, G. S. 2018.** Future directions in research on Bryde's whales. *Frontiers in Marine Science*, 5: 333.
- Cummings, W. C. 1985.** Bryde's whale (*Balaenoptera edeni* Anderson, 1878). En *Handbook of Marine Mammals* (eds. Ridgway, S. H. y Harrison, R.), pp. 137-154. Academic Press, Londres.
- Cummings, W., Thompson, P. y Ha, S. 1986.** Sounds from Bryde, *Balaenoptera edeni*, and finback, *B. physalus*, whales in the Gulf of California. *Fish. Bull.* 84: 359-370.
- De Stephanis, R. y Urquiola, E. 2006.** Collisions between ships and cetaceans in Spain. *International Whaling Commission*, Scientific Committee: SC/58/BC5.
- Edds, P. L., Odell, D. K. y Tershy, B. R. 1993.** Vocalizations of a captive juvenile and free ranging adult calf pairs of Bryde's whales, *Balaenoptera edeni*. *Marine Mammal Science*, 9(3): 269-284.
- Fais, A., Lewis, T. P., Zitterbart, D. P., Álvarez, O., Tejedor et al. 2016.** Abundance and distribution of sperm whales in the Canary Islands: Can sperm whales in the archipelago sustain the current level of ship-strike mortalities?. *PLoS One*, 11(3): e0150660.
- Félix, F., Muñoz, M. y Haase, B. 2006.** Bycatch of humpback whales in artisanal fishing gear in Ecuador during 2005. *IWC Workshop on Comprehensive Assessment of Southern Hemisphere Humpback Whales*, Hobart, Tasmania, pp. 3-7.
- Figueiredo, L. D. y Simão, S. M. 2014.** Bryde's whale (*Balaenoptera edeni*) vocalizations from Southeast Brazil. *Aquatic Mammals*, 40(3): 225.
- Gaskin, D. E. 1977.** Sei and Bryde's whales in waters around New Zealand. *Report of the International Whaling Commission*, (special issue 1): 50-52.
- Gedamke, J., Costa, D. P. y DunsIIotan, A. 2001.** Localization and visual verification of a complex minke whale vocalization. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 109(6): 3038-3047.
- Gee, M. J. R., Masson, D. G., Watts, A. B. y Mitchell, N. C. 2001.** Offshore continuation of volcanic rift zones, El Hierro, Canary Islands. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 105(1-2): 107-119.
- Gee, M. J. R., Watts, A. B., Masson, D. G. y Mitchell, N. C. 2001.** Landslides and the evolution of El Hierro in the Canary Islands. *Marine Geology*, 177(3-4): 271-293.
- Heimlich, S. L., Mellinger, D. K., Nieukirk, S. L. y Fox, C.G. 2005.** Types, distribution, and seasonal occurrence of sounds attributed to Bryde's whales (*Balaenoptera edeni*) recorded in the eastern tropical Pacific, 1999-2001. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 118: 1830-1837.
- Hernández-Guerra, A. y Nykjaer, L. 1997.** Sea surface temperature variability off north-west Africa: 1981-1989. *International Journal of Remote Sensing*, 18(12): 2539-2558.
- Hernández-Guerra, A., Arístegui, J., Cantón, M. y Nykjaer, L. E. O. 1993.** Phytoplankton pigment patterns in the Canary Islands area as determined using Coastal Zone Colour Scanner data. *International Journal of Remote Sensing*, 14(7): 1431-1437.
- Hernández-Guerra, A., López-Laatzén, F., Machín, F., De Armas, D. y Pelegrí, J. L. 2001.** Water masses, circulation and transport in the eastern boundary current of the North Atlantic subtropical gyre. *Scientia Marina*, 65(S1): 177-186.
- Herrera, I., Carrillo, M., Cosme de Esteban, M. y Haroun, R. 2021.** Distribution of cetaceans in the Canary Islands (Northeast Atlantic Ocean): Implications for the Natura 2000 Network and Future Conservation Measures. *Frontiers in Marine Science*, 8: 669790.

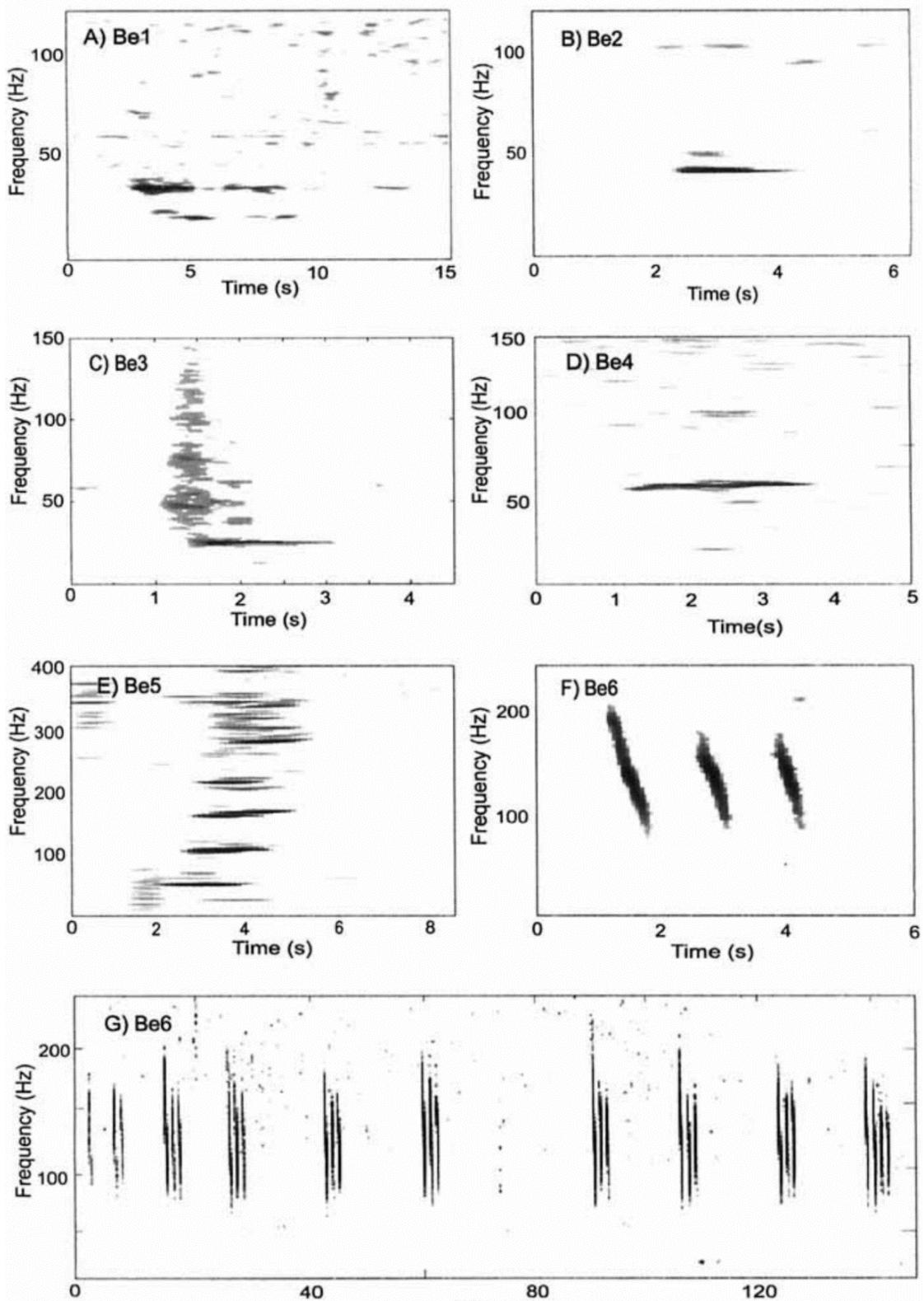
- IWC 1981.** Report of the subcommittee on other baleen whales. *Report of the International Whaling Commission*, 31: 122-132.
- IWC 1996.** Report of the subcommittee on North Pacific Bryde's whales. *Report of the International Whaling Commission*, 46: 147-159.
- IWC 1997.** Report of the subcommittee on North Pacific Bryde's whales. *Report of the International Whaling Commission*, 47: 163-168.
- Jefferson, T. A., Webber, M. A. y Pitman, R. L. 2015.** Marine Mammals of the World: A Comprehensive Guide to Their Identification. 2<sup>a</sup> ed. Elsevier, San Diego, California, Estados Unidos.
- Jiang, Y., Lü, L. G., Liu, Z., Yang, C. y Guo, J. 2022.** Identification of Antarctic minke and killer whales with passive acoustic monitoring in Prydz Bay, Antarctica. *Journal of Oceanology and Limnology*, 40(2): 485-495.
- Jurado-Ruzafa, A., Gonzalez-Lorenzo, G., Jimenez, S., Sotillo, B., Acosta, C. et al. 2019.** Seasonal evolution of small pelagic fish landings index in relation to oceanographic variables in the Canary Islands (Spain). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 159: 84-91.
- Kanda, N., Goto, M., Kato, H., McPhee, M. V. y Pastene, L. A. 2007.** Population genetic structure of Bryde's whales (*Balaenoptera brydei*) at the inter-oceanic and trans-equatorial levels. *Conservation Genetics*, 8(4): 853-864.
- Kato, H. y Perrin, W. F. 2009.** Bryde's whales: *Balaenoptera edeni/brydei*. En *Encyclopedia of marine mammals* (eds. Perrin, W.F., Würsig, B. y Thewissen, J. G. M.), pp. 158-163. Academic Press, San Diego, California, Estados Unidos.
- Kato, H. y Perrin, W. F. 2018.** Bryde's whale: *Balaenoptera edeni*. En *Encyclopedia of marine mammals* (eds. Perrin, W.F., Würsig, B. y Thewissen, J. G. M.), pp. 143-145. Academic Press, San Diego, California, Estados Unidos.
- Kato, H., Shinohara, E., Kishiro, T. y Noji, S. 1996.** Distribution of Bryde's whales off Kochi, Southwest Japan, From the 1994/95 Sighting Survey. *Report of the International Whaling Commission*, 46: 429-436.
- Kawamura, A. 1980.** Food habits of the Bryde's whales taken in the South Pacific and Indian Oceans. *Scientific Reports of the Whales Research Institute*, 32: 1-23, Tokio, Japón.
- Kershaw, F., Leslie, M. S., Collins, T., Mansur, R. M., Smith, B. D. et al. 2013.** Population differentiation of 2 forms of Bryde's whales in the Indian and Pacific Oceans. *Journal of Heredity*, 104(6): 755-764.
- Kishiro, T. 1996.** Movements of marked Bryde's Whales in the Western North Pacific. *Report of the International Whaling Commission*, 46: 421-428.
- Klinck, H., Mellinger, D. K., Klinck, K., Bogue, N. M., Luby, J. C. et al. 2012.** Near-real-time acoustic monitoring of beaked whales and other cetaceans using a Seaglider™. *PloS one*, 7(5): e36128.
- La Manna, G., Manghi, M. y Sara, G. 2014.** Monitoring the habitat use of common Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) using passive acoustics in a Mediterranean marine protected area. *Mediterranean Marine Science*, 15(2): 327-337.
- Lado, L. 2018.** Modelado espacial de la distribución de la familia Balaenopteridae en las Islas Canarias en base a datos de ciencia cívica (Red CetAVist). Trabajo Final de Máster. Universidad de La Laguna, Tenerife, España.
- Lammers, M. O., Brainard, R. E., Au, W. W. L., Mooney, T. A. y Wong, K. B. 2008.** An ecological acoustic recorder (EAR) for long-term monitoring of biological and anthropogenic sounds on coral reefs and other marine habitats. *Journal of the Acoustic Society of America*, 123: 1720-1728.
- Leatherwood, S., Reeves, R. R. W., Perrin, F. y Evans, W. E. 1988.** Whales, Dolphins, and Porpoises of the Eastern North Pacific and Adjacent Arctic Waters, A Guide to Their Identification. *NOAA Technical Report NMFS, Circular 444*. Washington, DC, Estados Unidos.
- Locascio, J. V. 2010.** Passive acoustic studies of estuarine fish populations of Southwest Florida. University of South Florida, Florida, Estados Unidos.
- Luczkovich, J. J., Mann, D. A. y Rountree, R. A. 2008.** Passive acoustics as a tool in fisheries science. *Transactions of the American Fisheries Society*, 137: 533-541.
- Luksenburg, J. A., Henriquez, A. y Sangster, G. 2015.** Molecular and morphological evidence for the subspecific identity of Bryde's whales in the southern Caribbean. *Marine Mammal Science*, 31: 1568-1579.
- McDonald, M. A. 2006.** An acoustic survey of baleen whales off Great Barrier Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 40(4): 519-529.
- Mellinger, D. y Barlow, J. 2003.** Future directions for acoustic marine mammal surveys: stock assessment and habitat use. Reporte de una presentación en La Jolla, California. 20-22 de noviembre de 2002.

- Mikhalev, Y. A. 2000.** Whaling in the Arabian Sea by the whaling fleets 'Slava' and 'Sovietskaya Ukraina'. En *Soviet whaling data (1949-1979)* (eds. Yablokov, A. V. y Zemsky, V. A.), pp. 141-181. *Centre for Russian Environmental Policy*, Moscú, Rusia.
- Moore, S. E., Stafford, K. M., Mellinger, D. K. y Hildebrand, J. A. 2006.** Listening for large whales in the offshore waters of Alaska. *Bioscience*, 56: 49.
- Moyano, M. 2009.** Temporal and spatial distribution of the ichthyoplankton in the Canary Islands. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.
- Mullin, K. D. y Fulling, G. L. 2004.** Abundance of cetaceans in the oceanic Northern Gulf of Mexico, 1996-2001. *Marine Mammal Science*, 20: 787-807.
- Nemoto, T. y Kawamura, A. 1977.** Characteristics of food habits and distribution of baleen whales with special reference to the abundance of North Pacific Sei and Bryde's whales. *Report of the International Whaling Commission*, 80-87.
- Ogundile, O. O. y Versfeld, D. J. J. 2020.** Analysis of template-based detection algorithms for inshore Bryde's whale short pulse calls. *IEEE ACCESS*, 8: 14377-14385.
- Ogundile, O. O., Usman, A. M., Babalola, O. P. y Versfeld, D. J. 2020.** A hidden Markov model with selective time domain feature extraction to detect inshore Bryde's whale short pulse calls. *Ecological Informatics*, 57: 101087.
- Ohsumi, S. 1977.** Bryde's whales in the pelagic whaling ground of the North Pacific. *Report of the International Whaling Commission*, 140-150.
- Oleson, E. M., Barlow, J., Gordon, J., Rankin, S. y Hildebrand, J. A. 2003.** Low frequency calls of Bryde's whales. *Marine Mammal Science*, 19(2): 407-419.
- Olsen, O. 1913.** On the external characteristics and biology of Bryde's whale (*Balaenoptera brydei*) a new rorqual from the coast of South Africa. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1913: 1073-1090.
- Omura, H. 1959.** Bryde's whale from the coast of Japan. *Scientific Report from the Whales Research Institute of Tokyo*, 14: 1-33.
- Omura, H. y Nemoto, T. 1955.** Sei whales in the adjacent waters of Japan. III. Relation between movement and water temperature of the sea. *Scientific Reports of the Whales Research Institute*, 10: 79-87.
- Orden ARM/2417/2011** de 30 de agosto, por la que se declaran zonas especiales de conservación los lugares de importancia comunitaria marinos de la región biogeográfica Macaronésica de la Red Natura 2000 y se aprueban sus correspondientes medidas de conservación. Disposición 14661 del Boletín Oficial del Estado núm. 221 de 2011 <https://www.boe.es/boe/dias/2011/09/14/pdfs/BOE-A-2011-14661.pdf>
- Oswald, J. N., Rankin, S., Barlow, J. y Lammers, M. O. 2007.** A tool for real-time acoustic species identification of delphinid whistles. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 122 :587-595.
- Pacheco, M. M. y Hernández-Guerra, A. 1999.** Seasonal variability of recurrent phytoplankton pigment patterns in the Canary Islands area. *International journal of remote sensing*, 20(7): 1405-1418.
- Penry, G. S. 2010.** The biology of South African Bryde's whales. Tesis Doctoral, University of St. Andrews, St. Andrews, Escocia. 173 pp.
- Pérez, F. 2022.** Imagen de portada. Bryde's whale "Balaenoptera brydei". [www.francisperez.es](http://www.francisperez.es).
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. y Schapire, R. E. 2006.** Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190(3-4): 231-259.
- Putland, R. L., Ranjard, L., Constantine, R. y Radford, C. A. 2018.** A hidden Markov model approach to indicate Bryde's whale acoustics. *Ecological Indicators*, 84: 479-487.
- Rankin, S. y Barlow, J. 2005.** Source of the North Pacific "boing" sound attributed to minke whales. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 118(5): 3346-3351.
- Redfern, J. V., McKenna, M. F., Moore, T. J., Calambokidis, J., Deangelis, M. L. et al. 2013.** Assessing the risk of ships striking large whales in marine spatial planning. *Conservation Biology*, 27(2): 292-302.
- Reeves, R. R., Dawson, S. M. y Jefferson, T. A. 2009.** *Balaenoptera brydei*. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2009.1.
- Reilly, S. B. y V. G. Thayer. 1990.** Blue whale (*Balaenoptera musculus*) distribution in the eastern tropical Pacific. *Marine Mammal Science*, 6: 265-277.
- Reyes, C. 2018.** Abundance estimate, survival and site fidelity patterns of Blainville's (*Mesoplodon densirostris*) and Cuvier's (*Ziphius cavirostris*) beaked whales off El Hierro (Canary Islands). Tesis Doctoral. University of St. Andrews, St. Andrews, Escocia.
- Riera, A., Pilkington, J. F., Ford, J. K., Stredulinsky, E. H. y Chapman, N. R. 2019.** Passive acoustic monitoring off Vancouver Island reveals extensive use by at-risk resident killer whale (*Orcinus orca*) populations. *Endangered Species Research*, 39: 221-234.

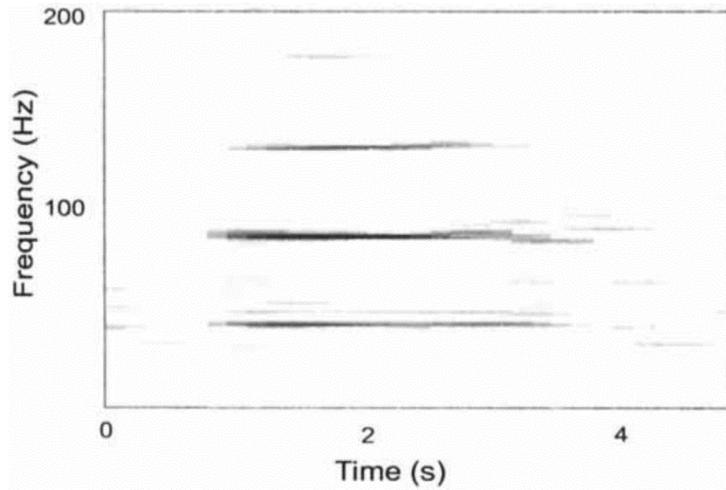
- Rosel, P. E. y Wilcox, L. A. 2014.** Genetic evidence reveals a unique lineage of Bryde's whales in the northern Gulf of Mexico. *Endangered Species Research*, 25: 19-34.
- Širović, A., Bassett, H. R., Johnson, S. C., Wiggins, S. M. y Hildebrand, J. A. 2014.** Bryde's whale calls recorded in the Gulf of Mexico. *Marine Mammal Science*, 30(1): 399-409.
- Stanistreet, J. E., Nowacek, D. P., Baumann-Pickering, S., Bell, J. T., Cholewiak, D. M. et al. 2017.** Using passive acoustic monitoring to document the distribution of beaked whale species in the western North Atlantic Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 74(12): 2098-2109.
- Steiner, L., Silva, M. A., Zereba, J. y Leal, M. J. 2008.** Bryde's whales, *Balaenoptera edeni*, observed in the Azores: a new species record for the region. *Marine Biodiversity Records*, 1.
- Tershy, B. R. 1992.** Body size, diet, habitat use, and social behaviour of *Balaenoptera* whales in the Gulf of California. *Journal of Mammalogy*, 73: 477-486.
- Thode, A. 2005.** Three-dimensional passive acoustic tracking of sperm whales (*Physeter macrocephalus*) in ray-refracting environments. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 118(6): 3575-3584.
- Thomas, P. O., Reeves, R. R. y Brownell, R. L. 2016.** Status of the world's baleen whales. *Marine Mammal Science*, 32: 682-734.
- Underwood, A. J. 1997.** Experiments in Ecology: Their logical design and interpretation using analysis of variance. Institute of Marine Ecology, University of Sydney, Sydney, Australia.
- Van Camp, L., Nykjaer, L., Mittelstaedt, E. y Schlittenhardt, P. 1991.** Upwelling and boundary circulation off Northwest Africa as depicted by infrared and visible satellite observations. *Progress in Oceanography*, 26(4): 357-402.
- Viloria-Gómora, L., Romero-Vivas, E. y Urbán, R. J. 2015.** Calls of Bryde's whale (*Balaenoptera edeni*) recorded in the Gulf of California. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138(5): 2722-2725.
- Wade, P. R. y Gerrodette, T. 1993.** Estimates of cetacean abundance and distribution in the Eastern Tropical Pacific. *Report of the International Whaling Commission*, 43: 477-494.
- Wall, C. C., Simard, P., Lembke, C. y Mann, D. A. 2013.** Large-scale passive acoustic monitoring of fish sound production on the West Florida Shelf. *Marine Ecology Progress Series*, 484: 173-188.
- Wiggins, S. M., Frasier, K. E., Henderson, E. E. y Hildebrand, J. A. 2013.** Tracking dolphin whistles using an autonomous acoustic recorder array. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 133: 3813-3818.
- Wilson, B., Benjamins, S. y Elliott, J. 2014.** Using drifting passive echolocation loggers to study harbour porpoises in tidal-stream habitats. *Endangered Species Research*, 22: 125-143.
- Wiseman, N., Parsons, S., Stockin, K. A. y Baker, C. S. 2011.** Seasonal occurrence and distribution of Bryde's whales in the Hauraki Gulf, New Zealand. *Marine Mammal Science*, 27(4): E253-E267.
- Yamada, T. K., Kakuda, T. y Tajima, Y. 2008.** Middle sized balaenopterid whale specimens in the Philippines and Indonesia. *Memoirs of the National Science Museum*, 45: 75-83.
- Zerbini, A. N., Secchi, E. R., Siciliano, S. y Simoes-Lopes, P. C. 1997.** A review of the occurrence and distribution of whales of the genus *Balaenoptera* along the Brazilian Coast. *Report of the International Whaling Commission*, 47: 407-417.

# Material complementario

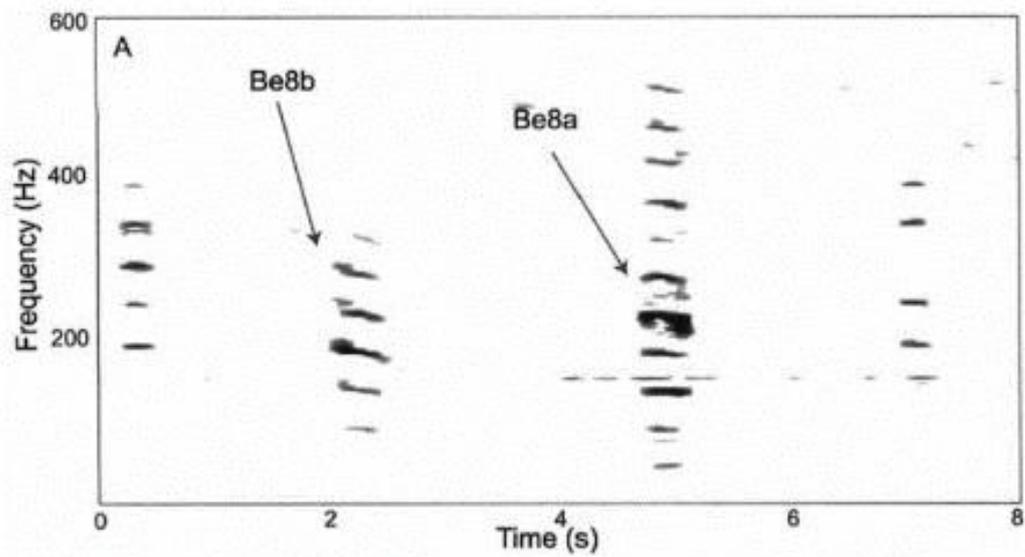
## Anexo I



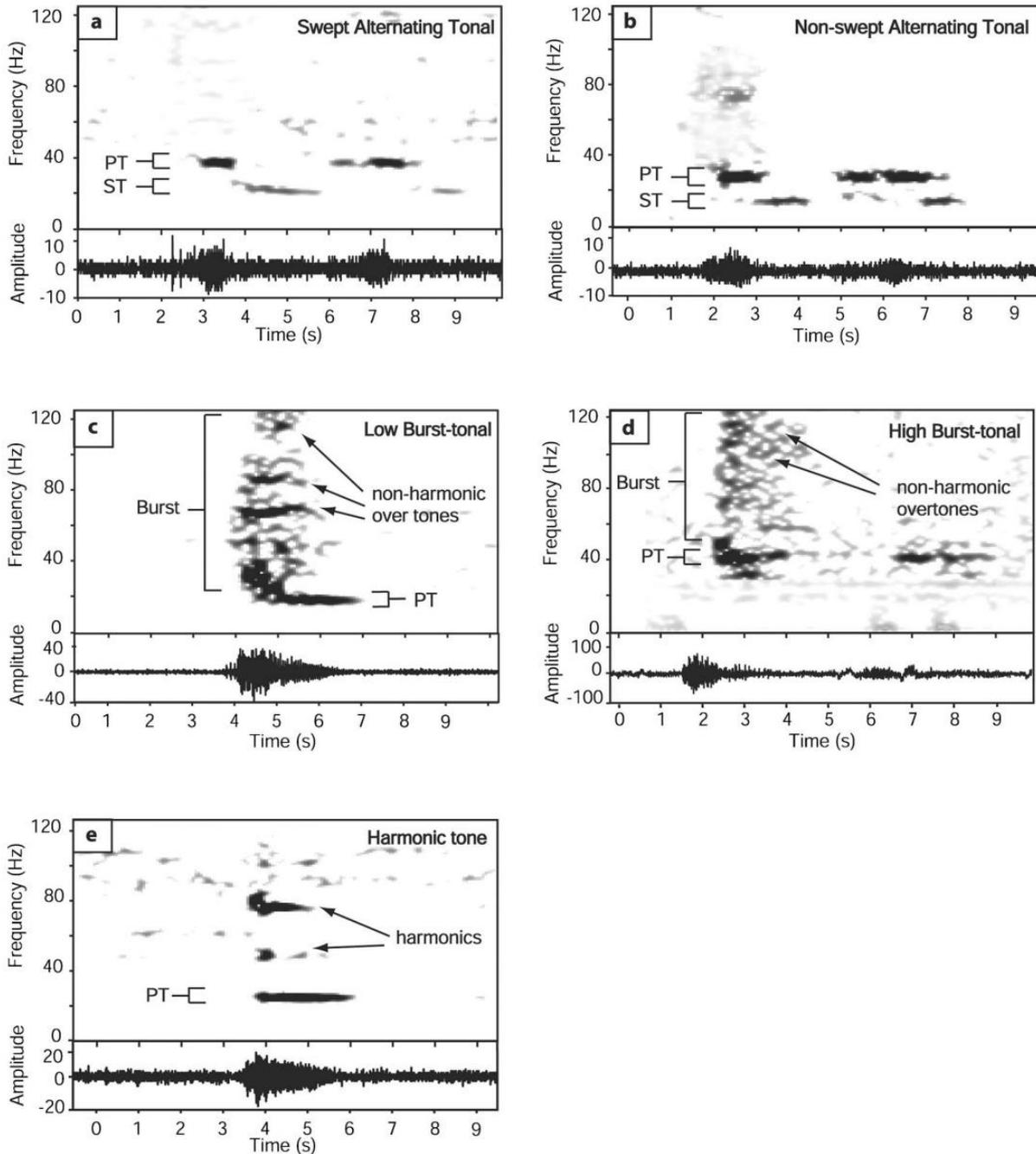
**Figura I.1.** – Tipos de llamadas de rorcual tropical (*Balaenoptera brydei/edeni*) detectadas en el Pacífico tropical oriental: (A) Be1, (B) Be2, (C) Be3, (D) Be4, (E) Be5, (F) Be6 y (G) serie de llamadas Be6 (Oleson et al., 2003).



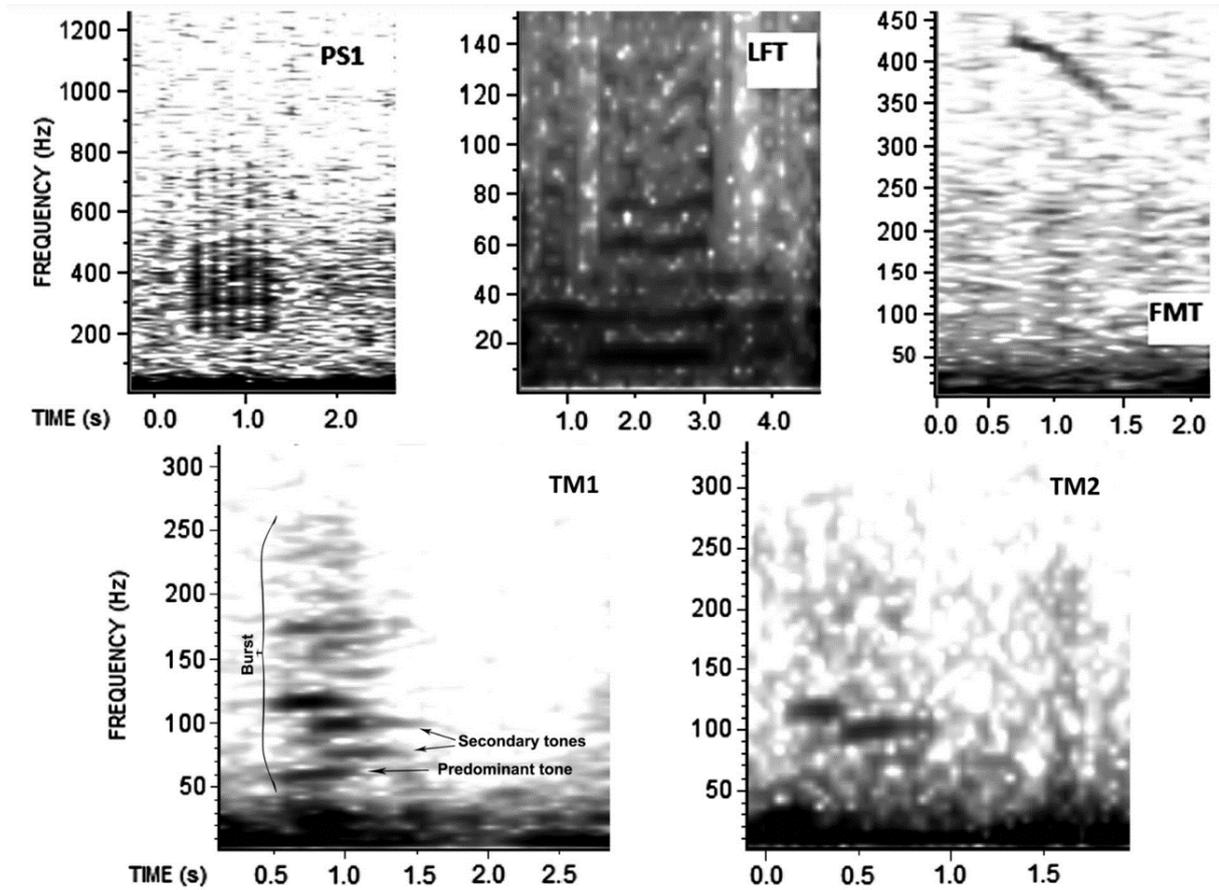
**Figura I.2.** – Llamada Be7 de roccual tropical (*Balaenoptera brydei/edeni*) detectada en el Caribe sur (Oleson et al., 2003).



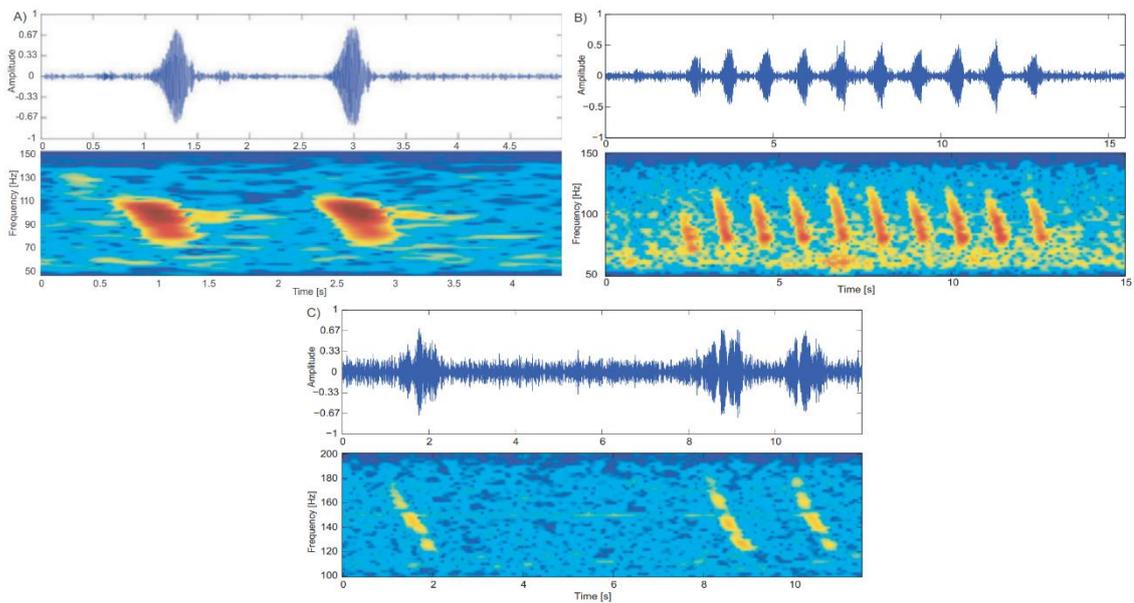
**Figura I.3.** – Llamadas Be8a y Be8b de roccual tropical (*Balaenoptera brydei/edeni*) en el Pacífico norte occidental, Japón (Oleson et al., 2003).



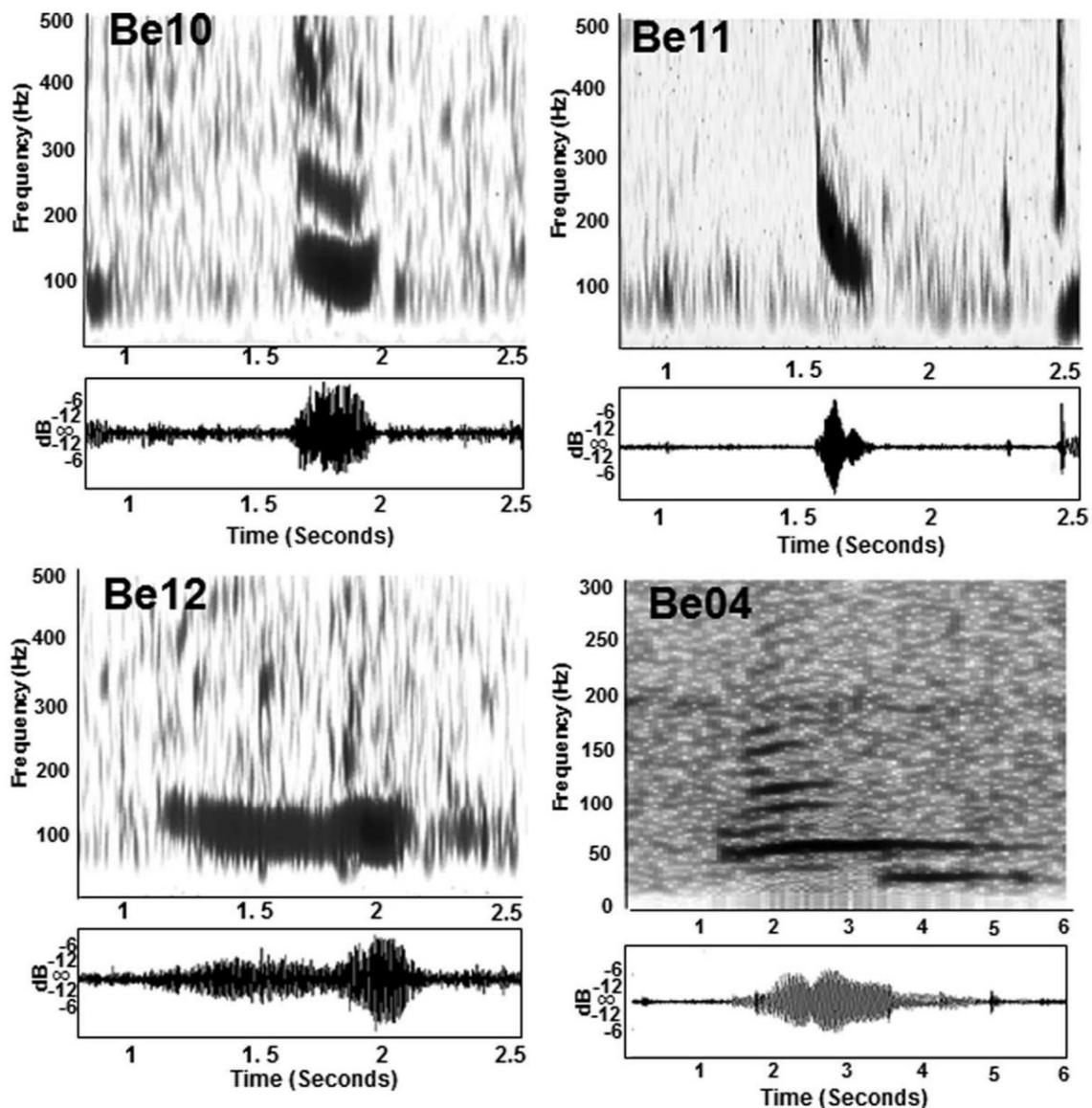
**Figura I.4.** – Espectrogramas y oscilogramas de cinco tipos de llamadas atribuidas al rorcual tropical (*Balaenoptera brydei/edeni*) en el Pacífico tropical oriental. PT=tono predominante, ST=tono secundario. A) Llamada tonal alternante típica que muestra una estructura repetitiva característica. B) Llamada tonal alterna sin barrido que muestra partes repetitivas características. C) Llamada tonal de ráfaga baja que muestra partes características no repetitivas. D) Llamada tonal de ráfaga alta que ilustra ráfaga, ruido y partes repetitivas. E) Llamada de tono armónico típica que muestra fundamental y armónicos. Parámetros del espectrograma: tamaño de cuadro de 128 muestras de 0,512 s, tamaño de FFT de 256 muestras de 1,024 s, superposición del 87,5 % y ventana de Hamming, para un ancho de banda de filtro de 7,9 Hz (Heimlich et al., 2005).



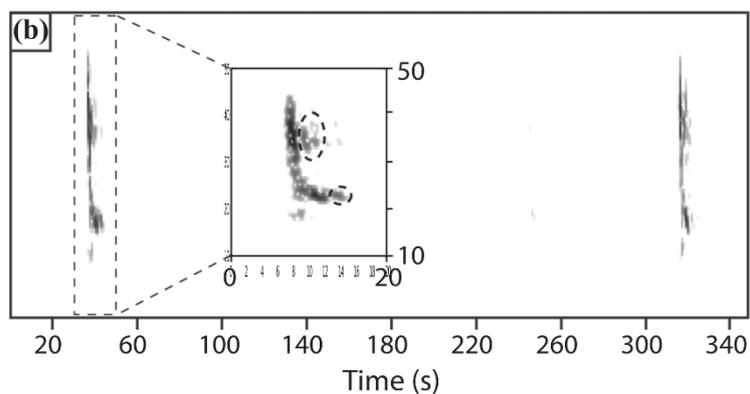
**Figura I.5.** – Espectrogramas de cinco llamadas realizadas por roccual tropical (*Balaenoptera brydei/edeni*) en la región de Cabo Frio, Brasil (Figueiredo y Simão, 2014).



**Figura I.6.** – Espectrogramas y oscilogramas de llamadas de roccual tropical (*Balaenoptera brydei/edeni*). (A) Pulsos Be9 (B) Secuencia de llamadas Be9 y (C) posibles llamadas de roccual tropical (Širović et al., 2014).



**Figura I.7.** – Espectrograma y oscilograma de las llamadas Be10, Be11, Be12 y Be04 de rorcual tropical (*Balaenoptera brydei/edeni*) registradas en el Golfo de California (Viloria-Gómora et al., 2015).



**Figura I.8.** – Llamadas de rorcual tropical (*Balaenoptera brydei/edeni*) registradas en Cuenca Lau, Océano Pacífico sur occidental (Brodie y Dunn, 2015).

## Anexo II

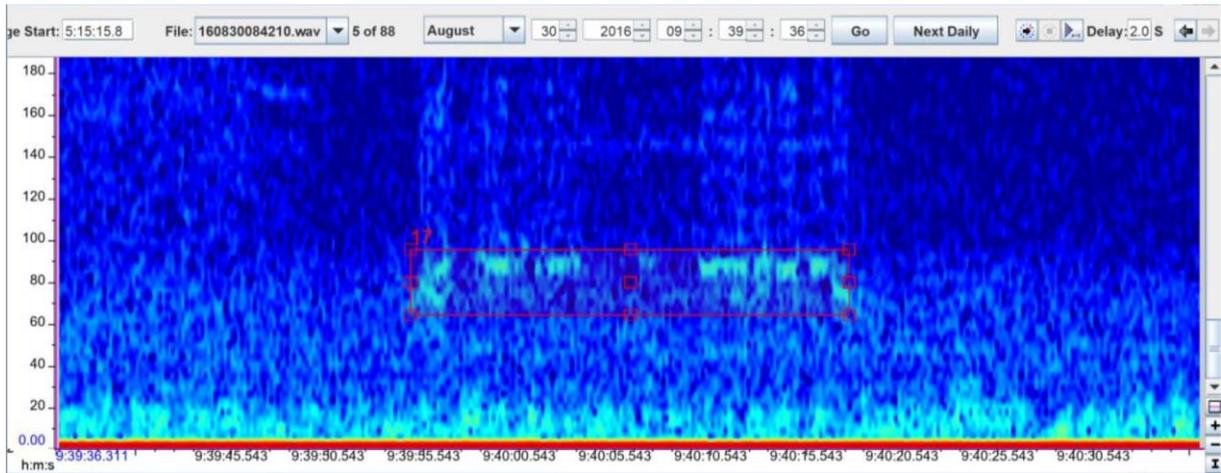


Figura II.1. – Ventana interfaz de Raven Pro 2 en la que se muestra el espectrograma de un sonido no identificado.

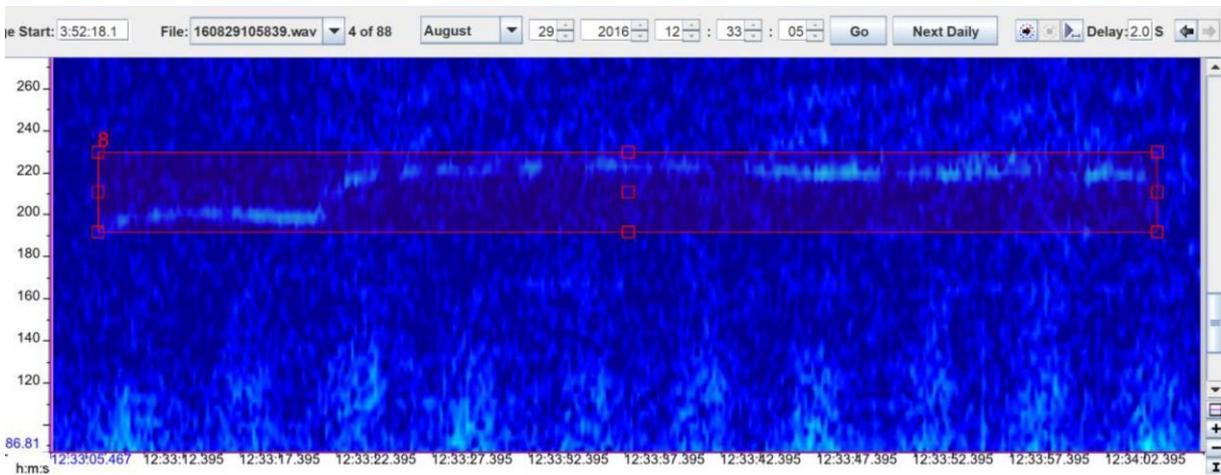


Figura II.2. – Ventana interfaz de Raven Pro 2 en la que se muestra el espectrograma de un sonido no identificado.

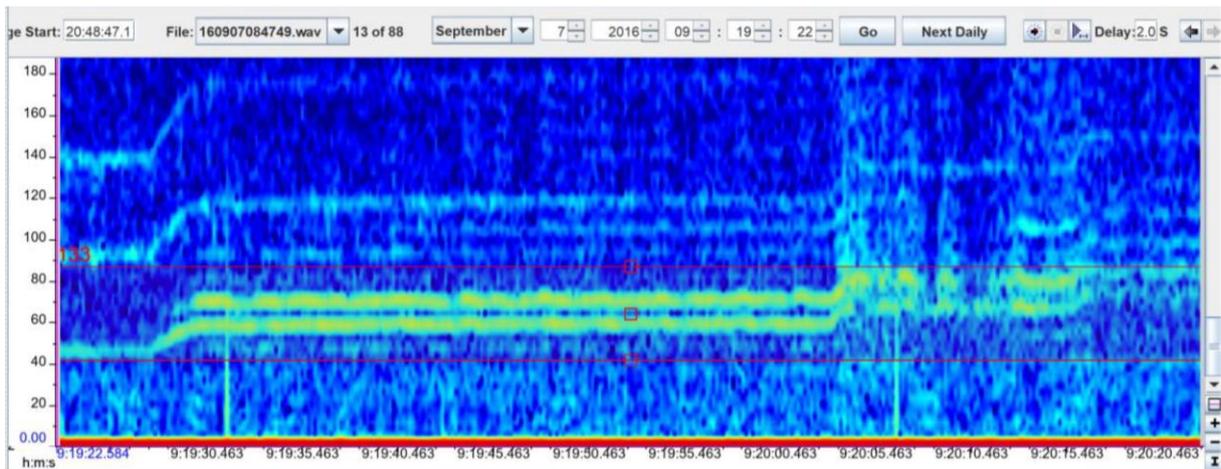


Figura II.3. – Ventana interfaz de Raven Pro 2 en la que se muestra el espectrograma de un sonido no identificado.

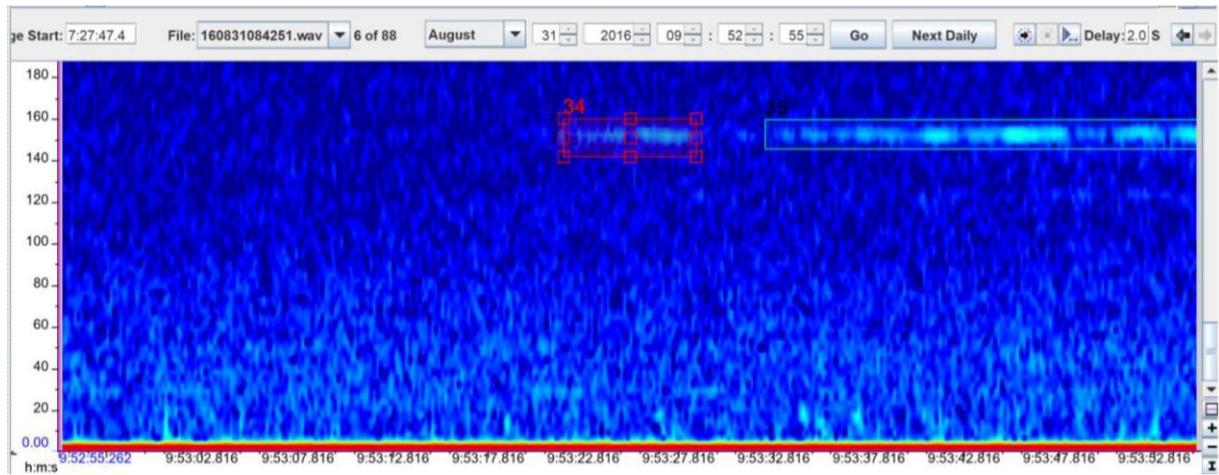


Figura II.4. – Ventana interfaz de Raven Pro 2 en la que se muestra el espectrograma de un sonido no identificado.

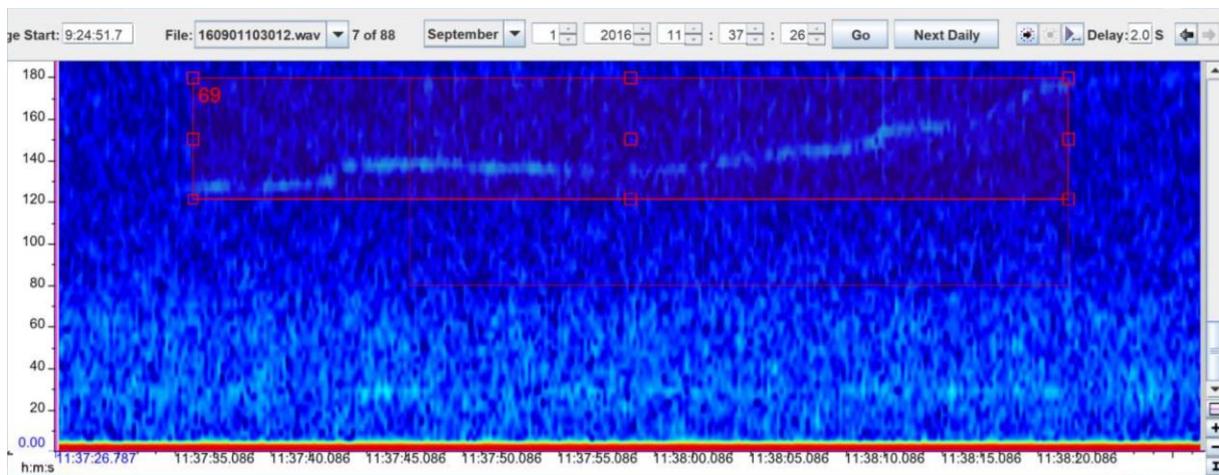


Figura II.5. – Ventana interfaz de Raven Pro 2 en la que se muestra el espectrograma de un sonido no identificado.

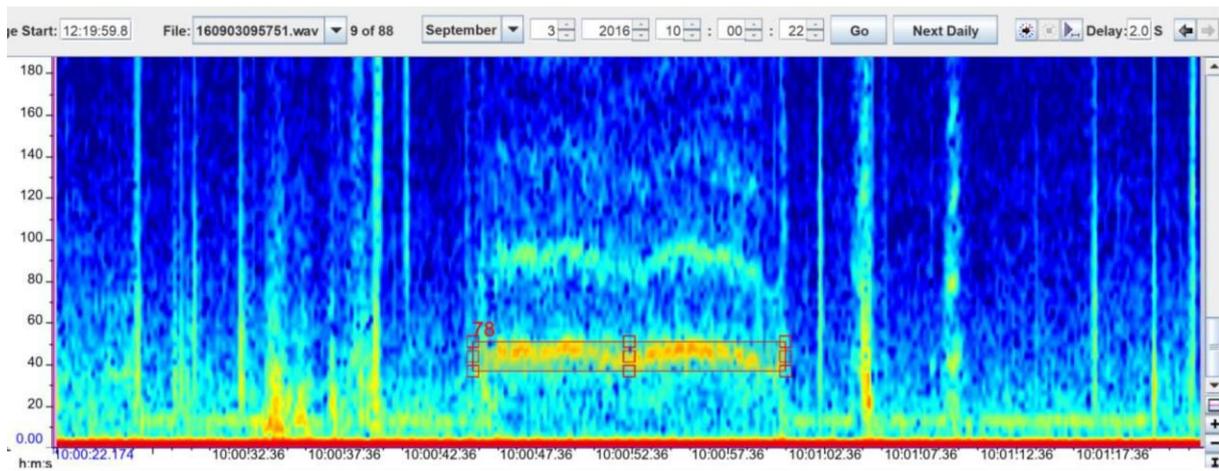


Figura II.6. – Ventana interfaz de Raven Pro 2 en la que se muestra el espectrograma de un sonido no identificado.

### Anexo III

**Tabla III.1.** – Llamadas tipo ‘DS’ de rorcual tropical (*Balaneoptera brydei*) detectadas en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias) durante los años 2016 a 2019.

Duración (s)	F. máx. (Hz)	F. mín. (Hz)	$\Delta F$ (Hz)	F. pico (Hz)	Fecha y hora
3,57	135,30	40,00	95,30	67,38	'18-Oct-2016 10:09:38'
2,62	136,00	49,20	86,80	84,96	'18-Oct-2016 10:09:42'
2,91	143,70	56,10	87,60	73,24	'18-Oct-2016 10:09:51'
2,74	146,00	52,30	93,70	73,24	'18-Oct-2016 10:09:55'
2,79	131,40	46,10	85,30	67,38	'18-Oct-2016 10:10:24'
2,85	133,70	54,60	79,10	73,24	'18-Oct-2016 10:12:16'
2,79	135,30	50,70	84,60	58,59	'18-Oct-2016 10:12:22'
2,97	136,00	53,00	83,00	61,52	'18-Oct-2016 10:12:48'
2,32	107,60	36,90	70,70	52,73	'18-Oct-2016 10:16:58'
2,56	130,70	44,60	86,10	58,59	'18-Oct-2016 10:17:01'
2,26	135,30	37,70	97,60	61,52	'18-Oct-2016 10:17:10'
2,97	115,30	42,30	73,00	64,45	'18-Oct-2016 10:18:53'
2,44	133,00	40,00	93,00	52,73	'18-Oct-2016 10:19:08'
2,62	129,10	39,20	89,90	64,45	'18-Oct-2016 10:22:13'
2,32	126,80	42,30	84,50	67,38	'18-Oct-2016 10:22:18'
2,38	122,20	46,90	75,30	55,66	'18-Oct-2016 10:24:01'
2,62	116,80	45,30	71,50	61,52	'18-Oct-2016 10:24:09'
2,32	125,30	43,80	81,50	61,52	'18-Oct-2016 10:24:14'
2,62	106,80	38,40	68,40	52,73	'18-Oct-2016 10:24:32'
2,50	118,40	41,50	76,90	67,38	'18-Oct-2016 10:31:12'
2,97	132,20	40,00	92,20	64,45	'18-Oct-2016 10:31:23'
2,74	137,60	40,00	97,60	55,66	'18-Oct-2016 10:31:28'
3,51	143,00	44,60	98,40	79,10	'18-Oct-2016 10:38:23'
3,51	142,20	53,00	89,20	87,89	'18-Oct-2016 10:38:31'
3,27	130,70	43,80	86,90	96,68	'18-Oct-2016 10:38:47'
3,15	130,70	46,90	83,80	61,52	'18-Oct-2016 10:38:52'
3,63	128,40	39,20	89,20	61,52	'18-Oct-2016 10:39:19'
3,15	132,20	39,20	93,00	64,45	'18-Oct-2016 10:39:31'
3,69	136,80	39,20	97,60	58,59	'18-Oct-2016 10:41:15'
3,57	143,70	37,70	106,00	84,96	'18-Oct-2016 10:41:20'
3,27	133,00	35,40	97,60	67,38	'18-Oct-2016 10:41:37'
2,97	149,20	39,80	109,40	52,73	'18-Oct-2016 10:43:22'
3,39	134,50	34,60	99,90	52,73	'18-Oct-2016 10:43:32'
3,09	142,20	47,70	94,50	55,66	'18-Oct-2016 10:46:23'
3,39	140,70	47,70	93,00	58,59	'18-Oct-2016 10:46:29'
3,15	130,70	40,70	90,00	55,66	'18-Oct-2016 10:46:35'
2,50	129,90	39,20	90,70	99,61	'18-Oct-2016 10:52:55'
2,62	134,50	44,60	89,90	58,59	'18-Oct-2016 10:53:00'
3,21	126,00	47,70	78,30	61,52	'18-Oct-2016 10:53:16'
3,15	126,80	42,30	84,50	58,59	'18-Oct-2016 10:53:21'
2,79	133,70	44,60	89,10	55,66	'18-Oct-2016 11:01:28'

<b>Duración (s)</b>	<b>F. máx. (Hz)</b>	<b>F. mín. (Hz)</b>	<b><math>\Delta F</math> (Hz)</b>	<b>F. pico (Hz)</b>	<b>Fecha y hora</b>
2,62	123,00	45,30	77,70	55,66	'18-Oct-2016 11:01:37'
2,85	121,40	40,70	80,70	55,66	'18-Oct-2016 11:01:46'
3,21	123,70	40,70	83,00	49,81	'18-Oct-2016 11:02:52'
2,85	123,70	43,80	79,90	52,73	'18-Oct-2016 11:04:22'
3,39	123,00	44,60	78,40	55,66	'18-Oct-2016 11:04:27'
3,09	104,50	43,80	60,70	55,66	'18-Oct-2016 11:07:17'
3,03	121,40	39,20	82,20	58,59	'18-Oct-2016 11:07:36'
2,91	107,60	38,40	69,20	55,66	'18-Oct-2016 11:08:06'
2,74	107,60	38,40	69,20	52,73	'18-Oct-2016 11:08:11'
2,56	101,50	40,70	60,80	55,66	'18-Oct-2016 11:10:41'
2,97	133,70	46,10	87,60	55,66	'18-Oct-2016 11:18:08'
2,85	134,50	46,90	87,60	55,66	'18-Oct-2016 11:18:14'
2,85	122,20	39,20	83,00	52,73	'18-Oct-2016 11:22:04'
2,79	125,30	39,20	86,10	52,73	'18-Oct-2016 11:22:09'
2,74	133,00	40,00	93,00	61,52	'18-Oct-2016 11:25:41'
3,15	144,50	42,30	102,20	61,52	'18-Oct-2016 11:25:45'
2,50	126,80	38,40	88,40	58,59	'18-Oct-2016 11:28:47'
2,74	128,40	40,00	88,40	55,66	'18-Oct-2016 11:28:52'
2,02	122,20	36,10	86,10	58,59	'18-Oct-2016 11:29:10'
2,02	116,80	39,20	77,60	55,66	'18-Oct-2016 11:29:15'
2,26	122,20	44,60	77,60	58,59	'18-Oct-2016 11:33:36'
2,20	123,00	43,00	80,00	58,59	'18-Oct-2016 11:33:40'
2,62	126,80	42,30	84,50	58,59	'18-Oct-2016 11:33:46'
1,84	93,80	45,30	48,50	67,38	'18-Oct-2016 11:43:29'
2,02	93,00	41,50	51,50	67,38	'18-Oct-2016 11:43:33'
2,14	92,20	43,80	48,40	67,38	'18-Oct-2016 11:43:52'
1,96	91,50	42,30	49,20	52,73	'18-Oct-2016 11:43:56'
1,78	113,00	41,50	71,50	58,59	'18-Oct-2016 11:47:11'
2,02	113,00	39,20	73,80	52,73	'18-Oct-2016 11:47:21'
2,08	103,00	40,00	63,00	55,66	'18-Oct-2016 11:58:34'
1,78	106,10	38,40	67,70	55,66	'18-Oct-2016 11:58:39'
2,79	99,10	32,30	66,80	49,81	'25-Oct-2016 11:36:01'
1,37	67,90	40,20	27,70	55,66	'29-Apr-2017 11:41:25'
1,43	70,10	44,00	26,10	52,73	'29-Apr-2017 11:41:38'
1,49	69,00	39,70	29,30	55,66	'29-Apr-2017 11:42:05'
1,72	59,20	31,50	27,70	43,95	'29-Apr-2017 11:50:31'
1,55	66,80	38,00	28,80	52,73	'29-Apr-2017 11:50:48'
1,55	64,10	31,00	33,10	49,81	'29-Apr-2017 11:51:29'
1,55	67,90	33,70	34,20	46,88	'29-Apr-2017 11:56:50'
1,55	72,30	36,40	35,90	49,81	'29-Apr-2017 11:57:00'
1,90	69,00	35,90	33,10	43,95	'29-Apr-2017 11:57:17'
1,67	66,80	38,00	28,80	46,88	'29-Apr-2017 11:57:27'
2,38	62,50	33,20	29,30	46,88	'29-Apr-2017 11:57:53'
2,20	63,60	32,10	31,50	43,95	'29-Apr-2017 11:58:05'
1,90	66,80	34,20	32,60	46,88	'29-Apr-2017 11:58:30'

<b>Duración (s)</b>	<b>F. máx. (Hz)</b>	<b>F. mín. (Hz)</b>	<b><math>\Delta F</math> (Hz)</b>	<b>F. pico (Hz)</b>	<b>Fecha y hora</b>
2,08	67,90	36,40	31,50	46,88	'29-Apr-2017 11:58:41'
1,72	66,80	34,80	32,00	49,81	'29-Apr-2017 12:08:53'
1,78	91,60	37,10	54,50	52,73	'30-Apr-2017 08:41:56'
1,90	93,70	41,40	52,30	61,52	'30-Apr-2017 08:42:00'
2,02	107,90	41,40	66,50	61,52	'30-Apr-2017 08:42:03'
2,44	99,20	31,60	67,60	55,66	'30-Apr-2017 08:44:33'
3,51	88,80	31,10	57,70	49,81	'30-Apr-2017 08:51:35'
3,27	81,80	34,90	46,90	46,88	'30-Apr-2017 08:51:39'
2,26	104,10	33,20	70,90	38,09	'30-Apr-2017 08:54:13'
1,90	83,90	32,70	51,20	43,95	'30-Apr-2017 08:54:15'
2,20	97,60	31,60	66,00	55,66	'30-Apr-2017 08:54:17'
2,20	78,50	32,20	46,30	43,95	'30-Apr-2017 08:56:19'
1,84	74,70	33,20	41,50	46,88	'30-Apr-2017 08:56:21'
1,61	71,90	36,00	35,90	46,88	'30-Apr-2017 08:56:23'
1,78	74,10	35,40	38,70	46,88	'30-Apr-2017 08:56:25'
2,08	98,10	31,10	67,00	55,66	'30-Apr-2017 08:58:50'
1,25	69,80	40,30	29,50	46,88	'30-Apr-2017 08:58:52'
2,26	103,00	30,50	72,50	46,88	'30-Apr-2017 09:02:52'
1,31	73,00	43,60	29,40	43,95	'30-Apr-2017 09:02:54'
2,26	89,90	32,20	57,70	38,09	'30-Apr-2017 09:05:26'
1,61	75,80	34,30	41,50	43,95	'30-Apr-2017 09:05:29'
1,96	102,50	35,40	67,10	38,09	'30-Apr-2017 09:05:31'
1,49	74,10	37,10	37,00	41,02	'30-Apr-2017 09:05:33'
2,20	106,80	32,70	74,10	49,81	'30-Apr-2017 09:15:01'
2,14	97,60	32,70	64,90	46,88	'30-Apr-2017 09:15:05'
2,20	89,40	33,80	55,60	49,81	'30-Apr-2017 09:17:26'
2,14	89,40	36,50	52,90	46,88	'30-Apr-2017 09:21:22'
2,02	89,40	35,40	54,00	38,09	'30-Apr-2017 09:21:26'
1,78	87,20	32,20	55,00	41,02	'30-Apr-2017 09:24:22'
1,55	77,40	32,70	44,70	52,73	'30-Apr-2017 09:24:24'
1,78	70,90	34,90	36,00	49,81	'30-Apr-2017 09:32:19'
1,96	86,10	37,60	48,50	41,02	'30-Apr-2017 09:38:12'
1,90	77,40	31,10	46,30	55,66	'30-Apr-2017 09:53:44'
1,90	77,40	31,10	46,30	38,09	'30-Apr-2017 09:53:47'
2,50	89,40	36,20	53,20	43,95	'04-May-2017 11:07:44'
1,78	79,40	40,90	38,50	43,95	'04-May-2017 11:07:47'
2,26	87,90	37,00	50,90	46,88	'04-May-2017 11:08:38'
1,72	91,00	42,40	48,60	61,52	'04-May-2017 11:08:42'
1,67	94,80	43,20	51,60	49,81	'04-May-2017 11:09:12'
2,08	91,70	43,20	48,50	55,66	'04-May-2017 11:09:16'
1,67	83,20	37,80	45,40	46,88	'04-May-2017 11:09:32'
1,67	93,30	50,90	42,40	55,66	'04-May-2017 11:10:17'
1,55	92,50	40,90	51,60	49,81	'04-May-2017 11:10:31'
1,61	109,50	45,50	64,00	67,38	'04-May-2017 11:10:53'
2,08	103,30	36,20	67,10	67,38	'04-May-2017 11:10:56'

<b>Duración (s)</b>	<b>F. máx. (Hz)</b>	<b>F. mín. (Hz)</b>	<b><math>\Delta F</math> (Hz)</b>	<b>F. pico (Hz)</b>	<b>Fecha y hora</b>
1,61	102,50	42,40	60,10	61,52	'04-May-2017 11:11:16'
2,08	87,90	33,90	54,00	52,73	'04-May-2017 11:11:23'
1,55	107,90	40,10	67,80	46,88	'04-May-2017 11:14:20'
1,55	93,30	43,20	50,10	52,73	'04-May-2017 11:14:51'
1,78	96,40	39,30	57,10	46,88	'04-May-2017 11:14:53'
2,08	98,70	40,90	57,80	49,81	'04-May-2017 11:14:56'
2,32	99,40	43,90	55,50	67,38	'04-May-2017 11:15:36'
2,32	94,80	37,80	57,00	67,38	'04-May-2017 11:15:43'
2,02	110,20	38,50	71,70	70,31	'04-May-2017 11:16:07'
1,97	106,40	45,50	60,90	73,24	'04-May-2017 11:18:10'
2,32	112,50	38,50	74,00	52,73	'04-May-2017 11:18:18'
2,14	106,40	42,40	64,00	70,31	'04-May-2017 11:18:22'
1,90	107,10	41,60	65,50	49,81	'04-May-2017 11:19:59'
2,26	106,40	40,90	65,50	52,73	'04-May-2017 11:21:44'
2,20	104,10	38,50	65,60	58,59	'04-May-2017 11:22:16'
1,96	92,50	43,20	49,30	52,73	'04-May-2017 11:22:19'
1,96	103,30	44,70	58,60	58,59	'04-May-2017 11:22:59'
1,55	92,50	43,20	49,30	55,66	'04-May-2017 11:24:26'
1,37	84,00	45,50	38,50	55,66	'04-May-2017 11:24:31'
1,84	107,90	41,60	66,30	55,66	'04-May-2017 11:25:12'
2,08	101,00	41,60	59,40	55,66	'04-May-2017 11:25:15'
2,14	117,20	43,90	73,30	55,66	'04-May-2017 11:26:59'
1,84	96,40	47,80	48,60	61,52	'04-May-2017 11:27:03'
1,84	100,20	46,20	54,00	55,66	'04-May-2017 11:27:06'
2,38	103,30	40,90	62,40	58,59	'04-May-2017 11:29:11'
1,96	109,50	36,20	73,30	46,88	'04-May-2017 11:29:59'
1,96	97,10	40,10	57,00	49,81	'04-May-2017 11:30:02'
1,55	93,30	45,50	47,80	52,73	'04-May-2017 11:30:23'
2,08	101,00	45,50	55,50	52,73	'04-May-2017 11:30:26'
2,38	118,70	33,90	84,80	49,81	'04-May-2017 11:30:48'
1,72	84,00	47,00	37,00	58,59	'04-May-2017 11:31:05'
1,84	80,90	35,50	45,40	52,73	'04-May-2017 11:34:15'
1,84	91,70	37,00	54,70	52,73	'04-May-2017 11:34:18'
1,61	84,80	45,50	39,30	55,66	'04-May-2017 11:34:25'
2,02	84,80	40,90	43,90	49,81	'04-May-2017 11:34:28'
1,67	89,40	46,20	43,20	70,31	'04-May-2017 11:34:31'
1,78	101,70	32,40	69,30	58,59	'04-May-2017 11:35:08'
2,56	79,40	32,40	47,00	58,59	'04-May-2017 12:07:10'
2,26	80,90	33,90	47,00	46,88	'04-May-2017 12:07:14'
2,56	118,70	37,80	80,90	79,10	'04-May-2017 12:47:19'
2,26	77,10	42,40	34,70	61,52	'27-Sep-2017 13:04:22'

**Tabla III.2.** – Llamadas tipo ‘29Hz’ de rorcual tropical (*Balaenoptera brydei*) detectadas en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias) durante los años 2016 a 2019.

<b>Duración (s)</b>	<b>F. máx. (Hz)</b>	<b>F. mín. (Hz)</b>	<b><math>\Delta F</math> (Hz)</b>	<b>F. pico (Hz)</b>	<b>Fecha y hora</b>
5,65	31,50	22,80	8,70	29,30	'31-Aug-2016 09:01:10'
4,94	35,90	22,30	13,60	29,30	'31-Aug-2016 09:52:04'
4,52	38,00	21,20	16,80	29,30	'31-Aug-2016 10:11:17'
4,82	35,90	21,20	14,70	29,30	'31-Aug-2016 10:21:25'
6,90	37,00	20,10	16,90	29,30	'31-Aug-2016 10:22:07'
3,57	35,90	20,70	15,20	29,30	'31-Aug-2016 10:24:07'
3,33	34,80	20,70	14,10	29,30	'31-Aug-2016 10:24:27'
3,92	36,40	20,70	15,70	29,30	'31-Aug-2016 10:32:13'
8,62	34,20	22,30	11,90	29,30	'01-Sep-2016 11:33:14'
4,88	38,60	20,70	17,90	29,30	'02-Sep-2016 11:03:15'
8,62	37,50	19,00	18,50	29,30	'03-Sep-2016 10:15:48'
14,51	36,40	21,70	14,70	29,30	'03-Sep-2016 10:16:05'
5,53	33,20	22,30	10,90	29,30	'03-Sep-2016 10:28:59'
5,23	31,00	24,50	6,50	29,30	'03-Sep-2016 10:55:40'
4,28	36,40	19,60	16,80	29,30	'03-Sep-2016 10:58:31'
4,52	32,60	23,40	9,20	29,30	'03-Sep-2016 11:01:17'
5,23	32,60	25,50	7,10	29,30	'03-Sep-2016 11:01:48'
4,52	33,20	22,30	10,90	29,30	'03-Sep-2016 11:07:36'
12,96	31,00	23,90	7,10	29,30	'03-Sep-2016 11:07:42'
8,44	34,20	21,20	13,00	29,30	'03-Sep-2016 11:46:20'
7,37	33,70	21,70	12,00	29,30	'03-Sep-2016 11:47:47'
10,53	32,60	20,10	12,50	29,30	'03-Sep-2016 11:50:51'
6,54	33,20	20,10	13,10	29,30	'03-Sep-2016 11:53:40'
9,40	33,20	20,70	12,50	29,30	'03-Sep-2016 11:54:08'
6,07	35,40	25,40	10,00	29,30	'08-Sep-2016 11:23:09'
6,36	33,80	26,90	6,90	29,30	'08-Sep-2016 11:22:29'
6,36	33,00	24,60	8,40	29,30	'08-Sep-2016 11:30:52'
10,83	33,00	26,10	6,90	29,30	'31-Oct-2016 08:27:33'
4,88	33,00	26,10	6,90	29,30	'31-Oct-2016 08:28:12'
8,21	31,50	20,80	10,70	29,30	'31-Oct-2016 08:53:54'
2,97	41,50	20,80	20,70	29,30	'25-Apr-2017 12:33:08'
5,05	40,70	21,50	19,20	29,30	'25-Apr-2017 12:35:54'
4,82	38,40	20,80	17,60	29,30	'25-Apr-2017 12:38:08'
3,21	38,40	22,30	16,10	29,30	'25-Apr-2017 12:44:19'
3,45	39,20	20,80	18,40	29,30	'25-Apr-2017 12:49:56'
3,27	37,70	21,50	16,20	29,30	'25-Apr-2017 12:50:09'
2,85	37,70	22,30	15,40	29,30	'25-Apr-2017 12:52:15'
4,52	34,30	22,30	12,00	29,30	'02-May-2017 10:04:40'
5,47	36,50	21,80	14,70	29,30	'02-May-2017 10:10:31'
3,33	41,60	22,40	19,20	29,30	'02-May-2017 10:30:27'
4,04	38,50	22,40	16,10	29,30	'02-May-2017 10:44:46'
4,58	40,10	20,00	20,10	29,30	'02-May-2017 10:51:09'
4,10	40,10	17,70	22,40	29,30	'02-May-2017 11:02:43'

Duración (s)	F. máx. (Hz)	F. mín. (Hz)	$\Delta F$ (Hz)	F. pico (Hz)	Fecha y hora
4,76	38,50	18,50	20,00	29,30	'02-May-2017 11:08:03'
4,28	37,00	20,00	17,00	29,30	'02-May-2017 11:12:52'
3,57	40,10	20,00	20,10	29,30	'02-May-2017 11:17:59'
3,27	41,60	20,80	20,80	29,30	'02-May-2017 11:25:43'
3,69	37,00	20,80	16,20	29,30	'02-May-2017 11:35:39'
5,53	40,10	21,60	18,50	29,30	'02-May-2017 11:47:07'
4,52	37,80	22,40	15,40	29,30	'02-May-2017 11:51:10'
5,29	34,70	21,60	13,10	29,30	'02-May-2017 11:56:41'
1,84	37,80	20,80	17,00	29,30	'02-Oct-2017 11:58:50'

**Tabla III.3.** – Avistamientos de rorcual tropical (*Balaenoptera brydei*) realizados en Las Calmas, El Hierro (Islas Canarias) durante los años 2016 a 2019.

Fecha	Avistamientos	Tasa de avist. (avist./h)	Fecha	Avistamientos	Tasa de avist. (avist./h)
'16-May-2016'	0	0,00	'08-Oct-2017'	0	0,00
'17-May-2016'	0	0,00	'09-Oct-2017'	0	0,00
'18-May-2016'	0	0,00	'10-Oct-2017'	0	0,00
'19-May-2016'	4	0,62	'11-Oct-2017'	0	0,00
'20-May-2016'	2	0,31	'12-Oct-2017'	0	0,00
'21-May-2016'	0	0,00	'13-Oct-2017'	0	0,00
'22-May-2016'	0	0,00	'14-Oct-2017'	0	0,00
'23-May-2016'	0	0,00	'15-May-2018'	0	0,00
'24-May-2016'	29	4,46	'16-May-2018'	0	0,00
'25-May-2016'	26	4,00	'17-May-2018'	11	1,69
'26-May-2016'	4	0,62	'18-May-2018'	0	0,00
'12-Sep-2016'	0	0,00	'19-May-2018'	10	1,54
'13-Sep-2016'	0	0,00	'20-May-2018'	0	0,00
'14-Sep-2016'	1	0,15	'21-May-2018'	0	0,00
'15-Sep-2016'	0	0,00	'22-May-2018'	0	0,00
'16-Sep-2016'	0	0,00	'23-May-2018'	11	1,69
'17-Sep-2016'	0	0,00	'24-May-2018'	0	0,00
'18-Sep-2016'	0	0,00	'25-May-2018'	11	1,69
'19-Sep-2016'	0	0,00	'26-May-2018'	1	0,15
'20-Sep-2016'	0	0,00	'27-May-2018'	0	0,00
'21-Sep-2016'	0	0,00	'28-May-2018'	13	2,00
'22-Sep-2016'	0	0,00	'29-May-2018'	4	0,62
'23-Sep-2016'	0	0,00	'28-Jul-2018'	0	0,00
'24-Sep-2016'	0	0,00	'29-Jul-2018'	0	0,00
'25-Sep-2016'	0	0,00	'30-Jul-2018'	0	0,00
'03-Oct-2016'	0	0,00	'31-Jul-2018'	0	0,00
'04-Oct-2016'	13	2,00	'01-Aug-2018'	0	0,00
'05-Oct-2016'	1	0,15	'02-Aug-2018'	0	0,00
'08-Oct-2016'	2	0,31	'03-Aug-2018'	0	0,00
'09-Oct-2016'	10	1,54	'04-Aug-2018'	0	0,00
'10-Oct-2016'	0	0,00	'05-Aug-2018'	0	0,00
'11-Oct-2016'	0	0,00	'06-Aug-2018'	0	0,00

'12-Oct-2016'	0	0,00	'07-Aug-2018'	0	0,00
'14-Oct-2016'	0	0,00	'08-Aug-2018'	0	0,00
'15-Oct-2016'	0	0,00	'09-Aug-2018'	0	0,00
'10-May-2017'	0	0,00	'10-Aug-2018'	0	0,00
'11-May-2017'	0	0,00	'11-Aug-2018'	1	0,15
'12-May-2017'	0	0,00	'08-Oct-2018'	0	0,00
'20-May-2017'	0	0,00	'09-Oct-2018'	0	0,00
'21-May-2017'	0	0,00	'10-Oct-2018'	0	0,00
'22-May-2017'	0	0,00	'11-Oct-2018'	12	1,85
'23-May-2017'	0	0,00	'12-Oct-2018'	0	0,00
'24-May-2017'	0	0,00	'13-Oct-2018'	5	0,77
'25-May-2017'	0	0,00	'14-Oct-2018'	0	0,00
'26-May-2017'	0	0,00	'15-Oct-2018'	2	0,31
'27-May-2017'	0	0,00	'16-Oct-2018'	0	0,00
'28-May-2017'	0	0,00	'17-Oct-2018'	0	0,00
'29-May-2017'	0	0,00	'19-Oct-2018'	0	0,00
'30-Jul-2017'	0	0,00	'20-Oct-2018'	0	0,00
'31-Jul-2017'	4	0,62	'21-Oct-2018'	0	0,00
'01-Aug-2017'	0	0,00	'02-May-2019'	1	0,15
'02-Aug-2017'	0	0,00	'03-May-2019'	8	1,23
'26-Sep-2017'	5	0,77	'04-May-2019'	0	0,00
'27-Sep-2017'	0	0,00	'05-May-2019'	3	0,46
'28-Sep-2017'	0	0,00	'06-May-2019'	2	0,31
'29-Sep-2017'	0	0,00	'07-May-2019'	0	0,00
'30-Sep-2017'	0	0,00	'08-May-2019'	2	0,31
'01-Oct-2017'	0	0,00	'09-May-2019'	7	1,08
'02-Oct-2017'	0	0,00	'10-May-2019'	3	0,46
'03-Oct-2017'	0	0,00	'11-May-2019'	0	0,00
'04-Oct-2017'	0	0,00	'12-May-2019'	11	1,69
'05-Oct-2017'	0	0,00	'13-May-2019'	0	0,00
'06-Oct-2017'	0	0,00	'14-May-2019'	0	0,00
'07-Oct-2017'	0	0,00			