

Cambios en la presencia de especies de cetáceos de afinidad tropical en las aguas de la isla de El Hierro, ¿efectos de la tropicalización?

Changes in the presence of cetacean species of tropical affinity in waters of El Hierro Island, effects of the tropicalization?



Trabajo Fin de Grado

Paula Fuentes Raigal

Tutorizado por:

Tutora: Beatriz Abdul-Jalbar Betancor

Co-tutora: Patricia Arranz Alonso

Grado en Biología 2023

Agradecimientos

Desde que era muy pequeña mis decisiones académicas han ido guiadas desde un fin muy concreto, el poder dedicar el resto de mi vida a lo que más me apasiona, el cuidado y la protección de los animales. El Grado me despertó un enorme interés por los cetáceos poco a poco, animales sobre los que he podido aprender muchísimo este último año de la mano de mi cotutora Patricia Arranz y de mi tutora Beatriz Abdul. A ellas quería agradecerles lo comprensivas que han sido con mis fallos, su paciencia y todo lo que me han guiado para poder finalizar este trabajo. También quería agradecer a los entrenadores de Mamíferos Marinos del Loro Parque, que me han ofrecido una de las mejores experiencias de mi vida y me han motivado a seguir por este camino. A Mer, Jp, Mario, María, Alex y Adri, mis amigos de la carrera, que habéis llenado esta etapa de mi vida de buenos recuerdos y habéis hecho este proceso mucho más ameno. A mis amigas Kat, Carly y Lucía, que se han ilusionado incluso más que yo por mis pequeños logros. Pero principalmente quiero agradecer a mis padres y a mi hermano, las personas que más me han acompañado en este proceso. Como siempre me habéis dicho “todo esfuerzo tiene su recompensa”, pero ha sido vuestro apoyo incondicional el que me ha permitido dar todo de mí para cumplir mis metas.

Índice

1. Resumen / Abstract	4
2. Introducción	5
3. Objetivo	6
4. Material y métodos	7
4.1 Observaciones de cetáceos.....	7
4.2 Especies de estudio	9
4.3 Análisis estadístico	9
5. Resultados y Discusión	10
5.2 Tasa de avistamientos de odontocetos	11
- 5.2.1 Calderón Tropical	11
- 5.2.2 Cachalote	14
5.3 Tasa de avistamientos de misticetos	17
- 5.3.1 Rorcual Tropical	17
- 5.3.2 Yubarta	21
6. Conclusiones /Conlusions	25
7. Bibliografía	27

1. Resumen

El cambio climático está teniendo un impacto significativo en nuestros océanos, alterando la temperatura del agua y los patrones de distribución de algunas especies de cetáceos, entre otros efectos. El presente estudio tiene como objetivo identificar posibles cambios en la presencia de especies de cetáceos de afinidad tropical en aguas de El Hierro, consideradas las más cálidas de Canarias. Desde acantilados costeros se recopilieron observaciones de cetáceos a lo largo de 19 años, acumulando un total de 663 días de esfuerzo. Los resultados confirman el incremento en el número de avistamientos de Calderón Tropical (*Globicephala macrorhynchus*) y Rorcual Tropical (*Balaenoptera edeni*). Los resultados son consistentes con escenarios de cambio climático proyectados para estas especies y constituyen el primer registro de los efectos de la tropicalización en la distribución de cetáceos en Canarias. En el caso del Cachalote (*Physeter macrocephalus*) la ausencia de un incremento en la ocurrencia podría deberse a la menor afinidad tropical de la especie y al efecto acumulativo de múltiples presiones antrópicas. Estos hallazgos contribuyen al conocimiento de estas especies protegidas y tienen aplicación en la toma de decisiones con base científica con fines de gestión y conservación de sus poblaciones, en un contexto de cambio global.

Palabras clave: cetáceos, cambio climático, Canarias, avistamientos, tropicalización.

1. Abstract

Climate change is having a significant impact on our oceans, altering water temperature and distribution patterns of certain cetacean species, among other effects. The aim of this study is to identify potential changes in the presence of

tropical-affinity cetacean species in the waters of El Hierro, considered the warmest in the Canary Islands. Observations of cetaceans were collected from coastal cliffs over a period of 19 years, accumulating a total of 663 days of effort. The results confirm an increase in the number of sightings of the Short-finned Pilot Whale (*Globicephala macrorhynchus*) and the Bryde's Whale (*Balaenoptera edeni*). These findings are consistent with projected climate change scenarios for these species and represent the first record of tropicalization effects on cetacean distribution in the Canary Islands. In the case of the Sperm Whale (*Physeter macrocephalus*), the absence of an increase in occurrence may be attributed to the species' lower tropical affinity and the cumulative effect of multiple human pressures. These findings contribute to the knowledge of these protected species and have implications for evidence-based decision-making in the management and conservation of their populations within the context of global change.

Key words: cetaceans, climate change, Canary Islands, sightings, tropicalization.

2. Introducción

Los cetáceos son el grupo de mamíferos marinos más adaptados al agua. Alrededor de unas 90 especies se distribuyen por todo el mundo, adquiriendo un papel fundamental en lo alto de la cadena trófica para el mantenimiento de la vida en nuestros océanos (Bowen, 1997).

Sin embargo, cambios en los ecosistemas y en el medio físico derivados del calentamiento global en los océanos están dejando efectos patentes en este Orden de mamíferos acuáticos (Burbano, 2021). En los últimos años se ha recopilado evidencia que documenta alteraciones en sus migraciones (Van Weelden *et al.*, 2021), pérdida del hábitat (Van Weelden *et al.*, 2021), aumento de mortalidad por los blooms de algas (Torres *et al.*, 2009) y una disminución de la disponibilidad de presas (Gambaiani *et al.*, 2009). Los comportamientos migratorios, que se dan en grupo o en solitario en función de las necesidades de la especie (Moliner, 2004),

tienen patrones de carácter estacional. Las causas pueden ser la búsqueda de alimento o la reproducción (Gnanadesikan *et al.*, 2017) por lo que, alteraciones en estos mismos, podrían suponer una amenaza para la supervivencia de estas especies paraguas.

La Macaronesia supone un punto caliente de biodiversidad de cetáceos, sólo en Canarias pueden ser avistadas alrededor de 30 especies (Herrera *et al.*, 2021). Algunas de estas especies presentan patrones de residencia en torno a las islas, como por ejemplo la población residente de Calderón Tropical (*Globicephala macrorhynchus*) al suroeste de Tenerife (Servidio *et al.*, 2019) o las poblaciones residentes de Zifio de Cuvier y de Blainville en aguas de la isla de El Hierro (Arranz *et al.*, 2014). Otras especies presentes en el archipiélago deben su origen a que las islas son una zona de paso hacia lugares de alimentación y reproducción, como por ejemplo la Yubarta (*Megaptera novaeangliae*), o a que aunque no se ha descrito un patrón de residencia parece que pasan una gran parte del año en el archipiélago con distribución aún poco conocida en estas aguas, como por ejemplo el Cachalote (*Physeter macrocephalus*), especie que presenta serios problemas de conservación en Canarias (Fais *et al.*, 2016; Ferreira *et al.*, 2022). Otras, con carácter meramente tropical, como el Rorcual Tropical (*Balaenoptera brydei/edeni*) visitan Canarias durante los meses más cálidos del año, aunque su estacionalidad y presencia en el archipiélago no ha sido estudiada en la medida que permita determinar patrones de distribución y tendencia poblacional.

El Hierro es considerada la isla más tropicalizada de Canarias debido a la elevada temperatura de sus aguas y abundancia de fauna marina de afinidad tropical (Arranz, 2007). Además, su condición de isla con poca densidad poblacional y su escarpada batimetría la convierten en un laboratorio marino excepcional para la observación de cetáceos cerca de la costa y llevar a cabo estudios sobre los efectos del cambio climático en estos animales (Arranz *et al.*, 2014; Arranz, 2007; Sousa *et al.*, 2023).

3. Objetivo

En este estudio se plantea detectar variaciones en la tasa de presencia estacional y anual de cuatro especies de cetáceos indicadoras en la isla de El Hierro, el Calderón Tropical, el Cachalote, el Rorcual Tropical y la Yubarta. Utilizando la tasa de avistamiento por especie, establecemos como hipótesis de partida que las especies de mayor afinidad por aguas tropicales, como el Calderón de Aleta Corta y el Rorcual Tropical, presentarán un incremento en la ocurrencia en aguas de la isla a lo largo del periodo de estudio, mientras que las especies con una menor afinidad tropical, como el Cachalote, no aumentarán su presencia. El estudio constituye la primera evaluación de la ocurrencia a largo plazo de estas especies en Canarias, contribuyendo a ampliar el conocimiento existente sobre la presencia de este grupo taxonómico tan relevante en una zona insuficientemente caracterizada y permitiendo identificar posibles cambios en su patrón de distribución relacionados con fenómenos de tropicalización.

4. Material y métodos

4.1 Observaciones de cetáceos

Las observaciones de cetáceos fueron realizadas desde 2003 hasta 2022 en el área que comprende la Zona de Especial Conservación (ZEC) del Mar de las Calmas, localizada en el suroeste de la isla de El Hierro, en el marco de diversos proyectos liderados por la Universidad de La Laguna.

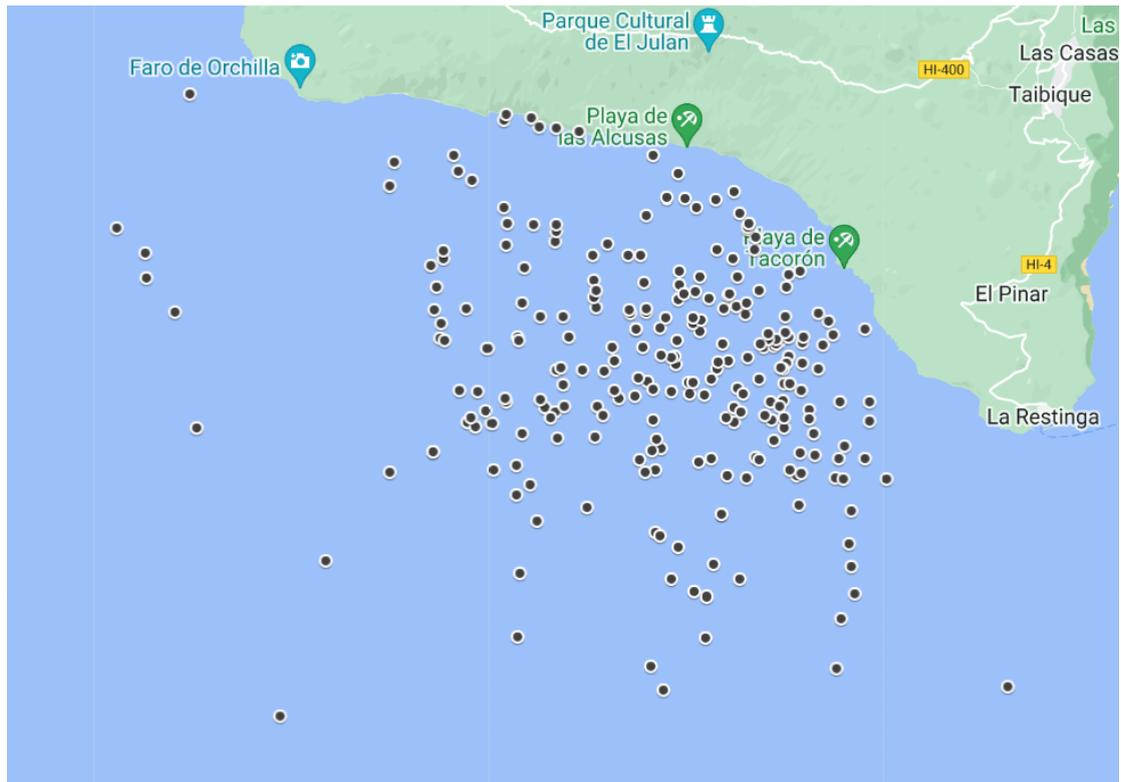


Figura 1. Área de estudio al suroeste de la isla de El Hierro, con la zona de observación costera localizada en los acantilados de Tacorón. Los puntos representan la localización de los avistamientos recopilados, los cuales comprenden las cuatro especies de estudio. Elaboración propia.

La ubicación de la estación de tierra se encuentra en la costa de Tacorón, al suroeste de la isla de El Hierro. Esta estación se sitúa a una altitud de aproximadamente 119 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas de 27.675°N y 18.025°W (Figura 1). Desde este punto, se logró abarcar un área de estudio que se extiende a lo largo de unos 39 kilómetros de longitud y un rango de 134° (160°–294° verdadero) (Arranz *et al.*, 2014). La recopilación de datos se llevó a cabo mediante equipos de observación compuestos por 3 o 4 personas que rotaban cada 30 minutos en turnos de observación, descanso y ordenador. El escaneo de la zona se realizó mediante prismáticos Fujinon 15x80 y 7x50, equipados con brújula y retícula que permitía estimar la distancia y ángulo de las observaciones. Se aplicó el método de Lerczak y Hobbs para convertir los datos de distancia y ángulo en coordenadas geográficas.

4.2 Especies de estudio

Las cuatro especies que forman parte del presente estudio son regularmente avistadas en el archipiélago; sin embargo, su presencia es poco frecuente en la isla del Hierro. Por lo general, las observaciones realizadas de estas especies desde tierra permiten su identificación a nivel específico con poca o ninguna ambigüedad, lo que proporciona una alta probabilidad de identificación correcta de la especie, a excepción del Rorcual Tropical. En el caso del Rorcual Tropical, su área de distribución en Canarias se superpone con la del Rorcual Norteño (*Balaenoptera physalus*), ambas especies muy parecidas morfológicamente, lo que dificulta su distinción precisa mediante observaciones terrestres. Por lo tanto, se incluyen avistamientos de la especie confirmados desde embarcación, así como avistamientos desde tierra. Aun así pueden haber errores en la identificación de esta especie por lo que se analizan dos conjuntos de datos: los de avistamientos confirmados para la especie y los datos tanto confirmados como los posibles, de dicha especie.

4.3 Análisis estadístico

Con el objetivo de analizar las posibles variaciones en la estacionalidad y temporalidad de las especies estudiadas, se adoptó un enfoque que simplificó los avistamientos de cada día de salida a datos de presencia/ausencia para cada especie por día de muestreo. Esta estrategia tuvo como objetivo minimizar posibles errores de sobreestimación que pudieran surgir al registrar el mismo grupo o individuo en múltiples ocasiones durante el mismo día. Para calcular la presencia mensual de las especies a lo largo del tiempo, se ponderó la suma de los datos de presencia/ ausencia por mes, teniendo en cuenta los días de esfuerzo de muestreo en cada mes. De esta manera, se obtuvo una tasa de presencia mensual de las especies, permitiendo un análisis más preciso de las variaciones en su presencia a lo largo del tiempo.

En primer lugar, se verificó el supuesto de normalidad de los datos para cada una de las especies con el test de Shapiro-Wilk, cuyos resultados indicaron que no seguían

una distribución normal en ninguno de los casos. En consecuencia, para evaluar posibles diferencias entre las tasas de presencia según la estación del año, se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman, seguida de comparaciones múltiples con corrección de Bonferroni para realizar las comparaciones entre las estaciones. Además, se analizaron los coeficientes de correlación de Spearman para examinar la relación entre la tasa de presencia anual y el año. La significación estadística se estableció en $p < 0,05$. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando IBM SPSS Statistics 25.0 (IBM Corp., New York, US) para Windows.

5. Resultados y Discusión

Se registraron un total de 116 avistamientos en 693 días de esfuerzo durante el período comprendido entre 2003 y 2022, considerando las cuatro especies estudiadas. Del total de avistamientos, el 55,2% corresponde a odontocetos, concretamente el 45,7% a Calderón Tropical y el 9,5% a Cachalote. Por otro lado, el 42,2% de avistamientos corresponden a Rorcual Tropical/Norteño mientras que el 2,6% a Yubarta (Tablas 1-5).

El número medio de días de esfuerzo al año fue de 36,47 días. Como puede verse en la Figura 2, aunque el total de los días de esfuerzo en muchos años ronda los 40 días, hay otros en los que el esfuerzo es menor. Las campañas con más días de esfuerzo fueron las realizadas en los meses de primavera y otoño, con una media de 12,79 y 11,10 días, respectivamente. En verano, el promedio de días de esfuerzo fue de 8,05 días y en invierno fue cuando se llevaron a cabo un menor número de campañas debido a las condiciones meteorológicas. En concreto, el número medio de días de esfuerzo en invierno fue de 3,75 días. La prueba de Friedman encontró diferencias significativas entre los días de esfuerzo por estación ($\chi^2 = 14,487; p = 0,002$). El análisis de comparaciones múltiples reveló diferencias estadísticamente significativas entre los días de esfuerzo en invierno y los días de esfuerzo en cada una de las demás estaciones.

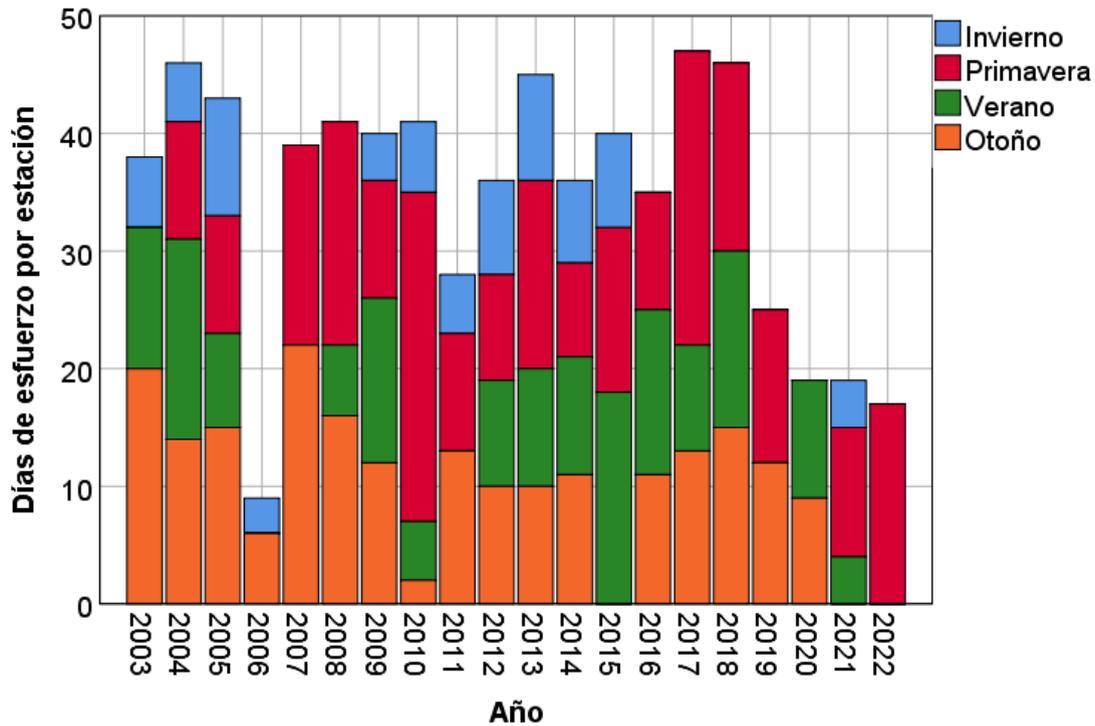


Figura 2. Días de esfuerzo por estación en función del año (2003-2022). Se representan los días de salida para la toma de datos tanto desde tierra como desde las embarcaciones por año, haciendo una distinción entre las diferentes estaciones con el objetivo de interpretar la tasa de presencia estacional.

5.2 Tasa de presencia de odontocetos

5.2.1 Calderón Tropical

El archipiélago canario es uno de los pocos lugares del mundo donde el Calderón Tropical puede observarse durante todo el año, aunque su patrón de residencia ha sido únicamente estudiado en el suroeste de Tenerife (Servidio, 2014). En el caso de El Hierro, la presencia de la especie era poco frecuente hasta 2018 (Figura 3). Los meses de mayor tasa de avistamiento se concentran en Mayo y Octubre por lo que, la escasez de días de esfuerzo en 2020 y 2022 en dichos meses, podrían haber influenciado el número de días de avistamiento en los últimos años (Tabla 1). El análisis de foto-identificación de los ejemplares avistados en El Hierro no incluye individuos reconocidos en los catálogos recopilados en Tenerife o avistados anteriormente (As. Tonina datos no publicados), lo que sugiere que podrían tratarse de animales transeúntes proveniente de otras zonas de la Macaronesia, debido a la

conectividad existente de las poblaciones de esta especie entre Azores, Canarias y Cabo Verde (Alessandrini, 2016).

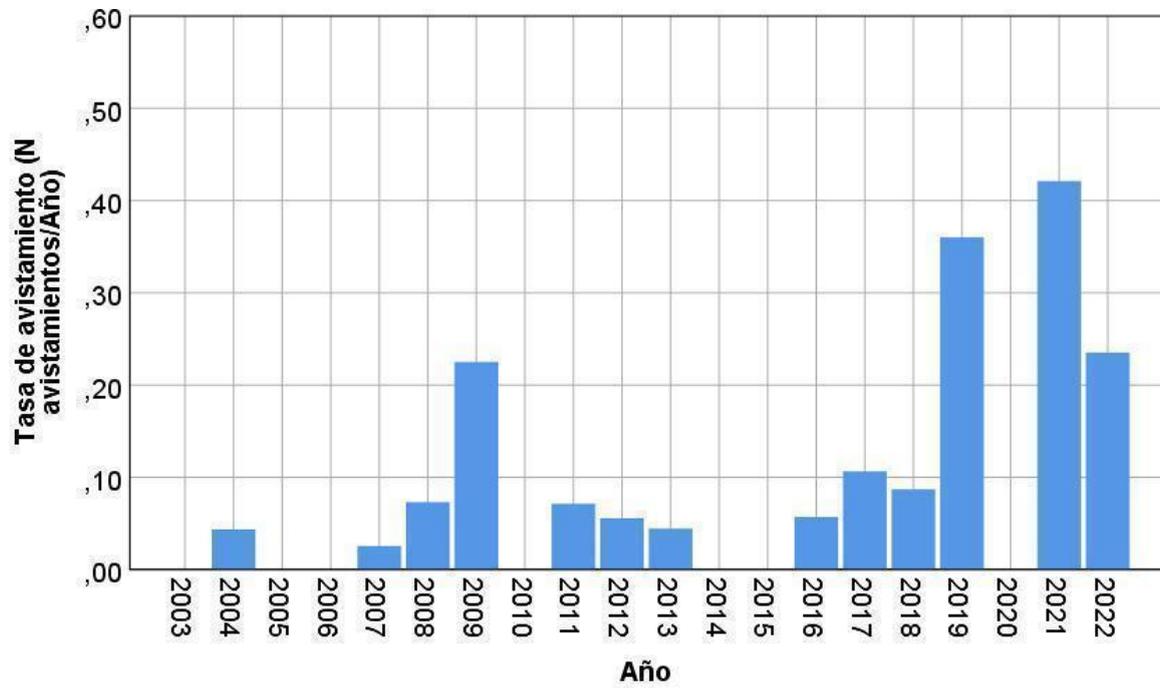


Figura 3. Tasa de avistamiento anual del Calderón Tropical en El Hierro, ponderada por esfuerzo de muestreo. La cantidad de avistamientos en 2020 y 2022 podrían haberse visto afectados por la escasez de días de esfuerzo en dichos años.

Mes/Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Enero	0	0	0/3	0	0	0	0	0	0/5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6/7	0	6/12
Febrero	0	0	0/3	0/3	0	0	0/4	0	0	0/8	2/9	0/7	0/3	0	0	0	0	0	0	0	2/37
Marzo	0/6	0/5	0/4	0	0	0	0	0/6	0	0	0	0	0/5	0	0	0	0	0	0	0	0/26
Abril	0	0/3	0	0	0	0	0/7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/10
Mayo	0	0/4	0/5	0	1/17	3/19	0/3	0/16	2/10	0/8	0/16	0/8	0/14	0/10	2/16	2/16	9/13	0	1/11	4/5	24/191
Junio	0	0/3	0/5	0	0	0	0	0/12	0	0/1	0	0	0	0	0/9	0	0	0	0	0/12	0/42
Julio	0	0/5	0	0	0	0	0/6	0	0	0/9	0	0/10	0	0	0/2	0/4	0	0	1/3	0	1/39
Agosto	0	0/4	0/5	0	0	0/6	2/8	0	0	0	0/10	0	0/8	0	0/2	0/11	0	0	0/1	0	2/55
Septiembre	0/12	0/8	0/3	0	0	0	0	0/5	0	0	0	0	0/10	2/14	0/5	0	0	0/10	0	0	2/67
Octubre	0/20	2/12	0/15	0/6	0/18	0/16	6/9	0/2	0/13	2/10	0/6	0/11	0	0/11	3/13	2/15	0/10	0/9	0	0	15/196
Noviembre	0	0/1	0	0	0/4	0	1/3	0	0	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/12
Diciembre	0	0/1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/2	0	0	0	0/3
Total	0/38	2/46	0/43	0/9	1/39	3/41	9/40	0/41	2/28	2/36	2/45	0/36	0/40	2/35	5/47	4/46	9/25	0/19	8/22	4/17	53/693

Tabla 1. Avistamientos de Calderón Tropical en función de los días de esfuerzo entre 2003 y 2022. Los datos recopilan tanto avistamientos desde tierra como desde las embarcaciones en el suroeste de El Hierro. En cada celda se representa el número de días de presencia de la especie entre los días de esfuerzo de la especie por mes.

La prueba de Friedman sustenta la falta de estacionalidad en la presencia de la especie, puesto que no muestra diferencias significativas entre las tasas de avistamiento por estación ($\chi^2 = 5,222; p = 0,156$). El coeficiente de Spearman mostró, de acuerdo a lo esperado, un incremento en la tasa de avistamientos anual en las aguas de El Hierro ($r_s = 0,522; p = 0,018$) que podría estar relacionado con la tropicalización del ecosistema marino de la isla. La distribución de esta especie se superpone con áreas que se prevé sufrirán cambios significativos en las condiciones físico-químicas de sus aguas (Sousa *et al.*, 2021), por lo que se espera que este aumento de avistamientos se prolongue en el tiempo, incluso se manifieste en otras partes del archipiélago.

5.2.2 Cachalote

Campañas realizadas alrededor del archipiélago, marcan una concentración importante de Cachalotes en el canal Tenerife - Gran Canaria (André, 1997). La presencia de esta especie en las islas, a pesar de la escasez de estudios, se deduce de índole anual y desestacionalizada, aunque con una visible preferencia por los meses de marzo y octubre (André, 1997). Esto es debido a que las hembras suelen mostrar patrones de residencia en zonas tropicales, mientras que la distribución de los machos es más cosmopolita y migran a estas zonas tropicales en épocas de apareamiento (Fernández-Casado, 2000; Lettevall *et al.*, 2002). Estas migraciones puntuales se ven ligeramente marcadas en las campañas realizadas entre 2003-2009, con avistamientos entre los meses de Agosto a Octubre en 2003, Febrero de 2005 y Agosto de 2009; aunque los datos reflejan la desestacionalidad (Tabla 2). El Cachalote es una de las especies que presenta una vulnerabilidad media al cambio climático en el contexto macaronésico, por lo que se esperaba un ligero crecimiento en la tasa de avistamientos anual de la especie (Sousa *et al.* 2021). Sin embargo, el análisis descriptivo parece indicar que la presencia de Cachalote en El Hierro no manifiesta un crecimiento progresivo (Figura 4).

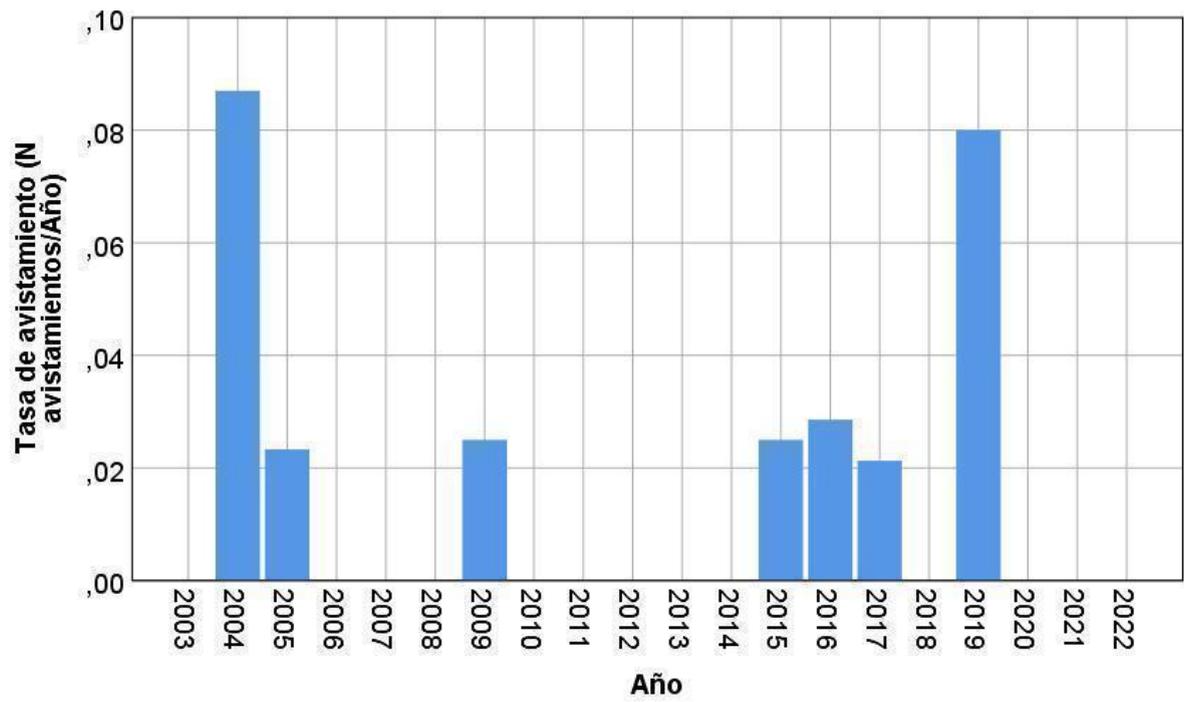


Figura 4. Tasa de avistamiento anual de Cachalote en El Hierro, ponderada por esfuerzo de muestreo.

Año/Mes	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Enero	0	0	0/3	0	0	0	0	0	0/5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/7	0	0/12
Febrero	0	0	1/3	0/3	0	0	0/4	0	0	0/8	0/9	0/7	0/3	0	0	0	0	0	0	0	1/37
Marzo	0/6	0/5	0/4	0	0	0	0	0/6	0	0	0	0	0/5	0	0	0	0	0	0	0	0/26
Abril	0	0/3	0	0	0	0	0/7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/10
Mayo	0	0/4	0/5	0	0/17	0/19	0/3	0/16	0/10	0/8	0/16	0/8	0/14	0/10	0/16	0/16	2/13	0	0/11	0/5	2/191
Junio	0	0/3	0/5	0	0	0	0	0/12	0	0/1	0	0	0	0	0/9	0	0	0	0	0/12	0/42
Julio	0	0/5	0	0	0	0	0/6	0	0	0/9	0	0/10	0	0	1/2	0/4	0	0	0/3	0	1/39
Agosto	0	2/4	0/5	0	0	0/6	1/8	0	0	0	0/10	0	1/8	0	0/2	0/11	0	0	0/1	0	4/55
Septiembre	0/12	1/8	0/3	0	0	0	0	0/5	0	0	0	0	0/10	0/14	0/5	0	0	0/10	0	0	1/67
Octubre	0/20	1/12	0/15	0/6	0/18	0/16	0/9	0/2	0/13	0/10	0/6	0/11	0	1/11	0/13	0/15	0/10	0/9	0	0	2/196
Noviembre	0	0/1	0	0	0/4	0	0/3	0	0	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/12
Diciembre	0	0/1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/2	0	0	0	0/3
Total	0/38	4/46	1/43	0/9	0/39	0/41	1/40	0/41	0/28	0/36	0/45	0/36	1/40	1/35	1/47	0/46	2/25	0/19	0/22	0/17	11/693

Tabla 2. Avistamientos de Cachalote en función de los días de esfuerzo entre 2003 y 2022. Los datos recopilan tanto avistamientos desde tierra como desde las embarcaciones en el suroeste de El Hierro.

Los resultados de la prueba de Friedman no evidenciaron diferencias significativas de tasa de presencia estacional ($\chi^2 = 3,00$; $p = 0,392$), confirmando la desestacionalidad. En cuanto al coeficiente de Spearman, contradiciendo lo esperado, no mostró una correlación estadísticamente significativa en la tasa de avistamiento anual ($r_s = -0,056$; $p = 0,813$). Estos resultados pueden haberse visto afectados por varias causas, como por los pocos días de esfuerzo entre 2020 y 2022, también influenciados por la pandemia que impidió salir de campaña en los meses de primavera de 2020; o el efecto acumulativo de diversos factores de impacto antrópico en sus poblaciones. El 60% de los casos de varamientos de la especie en Canarias (2000-2023) presentan como la principal causa de muerte las colisiones con embarcaciones (Díaz-Delgado *et al.*, 2018). Teniendo en cuenta los patrones de residencia manifestados por las hembras con cría en las zonas tropicales/subtropicales, este hecho supone un gran problema de conservación para la especie y podría estar contrarrestando las predicciones en la tasa de avistamiento anual en aguas más tropicalizadas.

5.3 Tasa de presencia de misticetos

5.3.1 Rorcual tropical

Los Rorcuales Tropicales permanecen en aguas templadas durante todo el año, generalmente de forma solitaria o en grupos de 2-3 individuos (Kato *et al.*, 2009). Esta presencia anual en las Islas Canarias se atribuye en gran medida a la abundancia de alimento, que lleva a que estos animales no necesiten migrar en busca de recursos (Ritter *et al.*, 2006). En el análisis descriptivo de los datos se observa un pico de avistamientos en primavera, de hecho, desde 2012, se dan avistamientos de esta especie en mayo de forma casi constante (Tablas 3-4). En la Figura 5 se observa que, a pesar del bajo número de días de esfuerzo en el año 2022, los avistamientos de la especie se disparan en comparación a los anteriores años, lo que coincide con las previsiones de un aumento en la tasa de avistamiento sustentadas por la alta vulnerabilidad que presenta la especie en la Macaronesia al cambio climático (Sousa *et al.*, 2021).

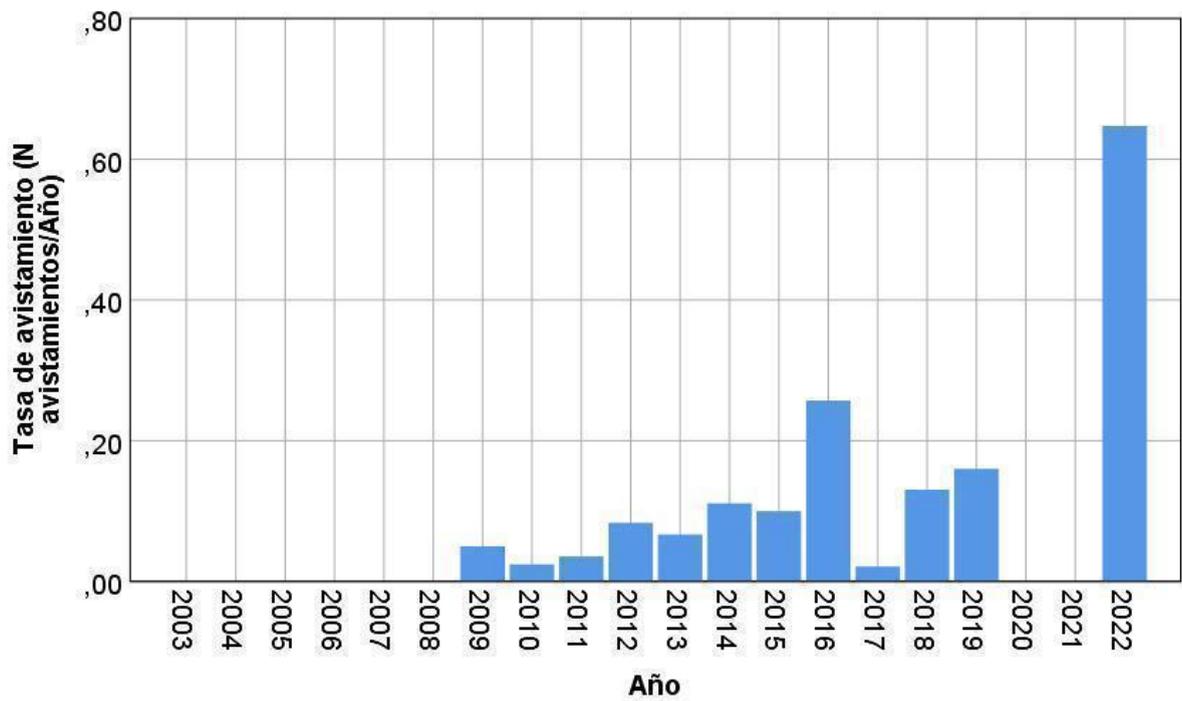


Figura 5. Tasa de avistamiento anual de Rorcual Tropical en El Hierro, ponderada por esfuerzo de muestreo. Los datos representados pueden incluir avistamientos correspondientes a Rorcual Común. Sin embargo, se espera que la inclusión de estos avistamientos no sea relevante, por la baja presencia de esta especie en Canarias.

Mes/Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Enero	0	0	0/3	0	0	0	0	0	1/5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/7	0	1/12
Febrero	0	0	0/3	0/3	0	0	1/4	0	0	0/8	2/9	1/7	0/3	0	0	0	0	0	0	0	4/37
Marzo	0/6	0/5	0/4	0	0	0	0	0/6	0	0	0	0	2/5	0	0	0	0	0	0	0	2/26
Abril	0	0/3	0	0	0	0	1/7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/10
Mayo	0	0/4	0/5	0	0/17	0/19	0/3	0/16	0/10	3/8	1/16	2/8	1/14	4/10	0/16	4/16	4/13	0	0/11	4/5	23/191
Junio	0	0/3	0/5	0	0	0	0	1/12	0	0/1	0	0	0	0	0/9	0	0	0	0	7/12	8/42
Julio	0	0/5	0	0	0	0	0/6	0	0	0/9	0	0/10	0	0	1/2	0/4	0	0	0/3	0	1/39
Agosto	0	0/4	0/5	0	0	0/6	0/8	0	0	0	0/10	0	1/8	0	0/2	0/11	0	0	0/1	0	1/55
Septiembre	0/12	0/8	0/3	0	0	0	0	0/5	0	0	0	0	0/10	1/14	0/5	0	0	0/10	0	0	1/67
Octubre	0/20	0/12	0/15	0/6	0/18	0/16	0/9	0/2	0/13	0/10	0/6	1/11	0	4/11	0/13	2/15	0/10	0/9	0	0	7/196
Noviembre	0	0/1	0	0	0/4	0	0/3	0	0	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/12
Diciembre	0	0/1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/2	0	0	0	0/3
Total	0/38	0/46	0/43	0/9	0/39	0/41	2/40	1/41	1/28	3/36	3/45	4/36	4/40	9/35	1/47	6/46	4/25	0/19	0/22	11/17	49/693

Tabla 3. Avistamientos totales de Rorcual Tropical en función de los días de esfuerzo entre 2003 y 2022. Los datos recopilan tanto avistamientos desde tierra como desde las embarcaciones en el suroeste de El Hierro, incluyendo los avistamientos que podrían corresponder tanto al Rorcual Tropical como al Rorcual Norteño.

Mes/Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Enero	0	0	0/3	0	0	0	0	0	0/5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/7	0	0/12
Febrero	0	0	0/3	0/3	0	0	0/4	0	0	0/8	0/9	0/7	0/3	0	0	0	0	0	0	0	0/37
Marzo	0/6	0/5	0/4	0	0	0	0	0/6	0	0	0	0	0/5	0	0	0	0	0	0	0	0/26
Abril	0	0/3	0	0	0	0	0/7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/10
Mayo	0	0/4	0/5	0	0/17	0/19	0/3	0/16	0/10	0/8	0/16	0/8	0/14	1/10	0/16	0/16	2/13	0	0/11	4/5	7/191
Junio	0	0/3	0/5	0	0	0	0	0/12	0	0/1	0	0	0	0	0/9	0	0	0	0	7/12	7/42
Julio	0	0/5	0	0	0	0	0/6	0	0	0/9	0	0/10	0	0	0/2	0/4	0	0	0/3	0	0/39
Agosto	0	0/4	0/5	0	0	0/6	0/8	0	0	0	0/10	0	0/8	0	0/2	0/11	0	0	0/1	0	0/55
Septiembre	0/12	0/8	0/3	0	0	0	0	0/5	0	0	0	0	0/10	0/14	0/5	0	0	0/10	0	0	0/67
Octubre	0/20	0/12	0/15	0/6	0/18	0/16	0/9	0/2	0/13	0/10	0/6	0/11	0	0/11	0/13	0/15	0/10	0/9	0	0	0/196
Noviembre	0	0/1	0	0	0/4	0	0/3	0	0	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/12
Diciembre	0	0/1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/2	0	0	0	0/3
Total	0/38	0/46	0/43	0/9	0/39	0/41	0/40	0/28	0/36	0/45	0/36	0/40	0/35	1/47	0/46	0/25	2/19	0/19	0/22	11/17	14/693

Tabla 4. Avistamientos fiables de Rorcual Tropical en función de los días de esfuerzo entre 2003 y 2022. Los datos recopilan únicamente avistamientos confirmados de la especie en el suroeste de El Hierro, tanto desde tierra como desde las embarcaciones.

La prueba de Friedman encontró diferencias significativas en las tasas de presencia de Rorcual Tropical por estación ($\chi^2 = 10,35; p = 0,016$), concretamente las comparaciones múltiples revelaron una reducción en la tasa de presencia en verano con respecto a la de primavera. Según lo esperado, el coeficiente de Spearman confirma el aumento en la tasa de presencia anual en la isla de El Hierro ($r_s = 0,572; p = 0,008$). Finalmente, es destacable que, aunque esta especie también presenta riesgo de colisión con embarcaciones también influenciadas por la gran cantidad de tiempo que pasan en la superficie (Cunha *et al.* 2017), en Canarias se ha registrado un porcentaje muy bajo en el número de ejemplares con signos de colisión correspondientes a esta especie (Carrillo & Ritter, 2010). Este hecho facilita la posible manifestación de los efectos del cambio climático en la tasa de presencia de la especie en el archipiélago.

5.3.2 Yubarta

Las Yubartas migran estacionalmente de altas a bajas latitudes en búsqueda de zonas de cría durante los meses de invierno (Wenzel *et al.*, 2020). Las Islas Canarias hasta ahora han supuesto un punto de paso en su travesía hacia Cabo Verde (Wenzel *et al.*, 2020). En nuestro estudio sólo se registraron 3 avistamientos, que se distribuyeron entre 2017 y 2022 (Figura 6). Dichos avistamientos se dan en los meses de mayo y septiembre (Tabla 5) coincidiendo con el comienzo y con el fin de la época de cría, época en la que los machos suelen presentar mayor actividad superficial (Félix, 2004) y las hembras con cría permanecen en aguas más someras (Martins *et al.*, 2001).

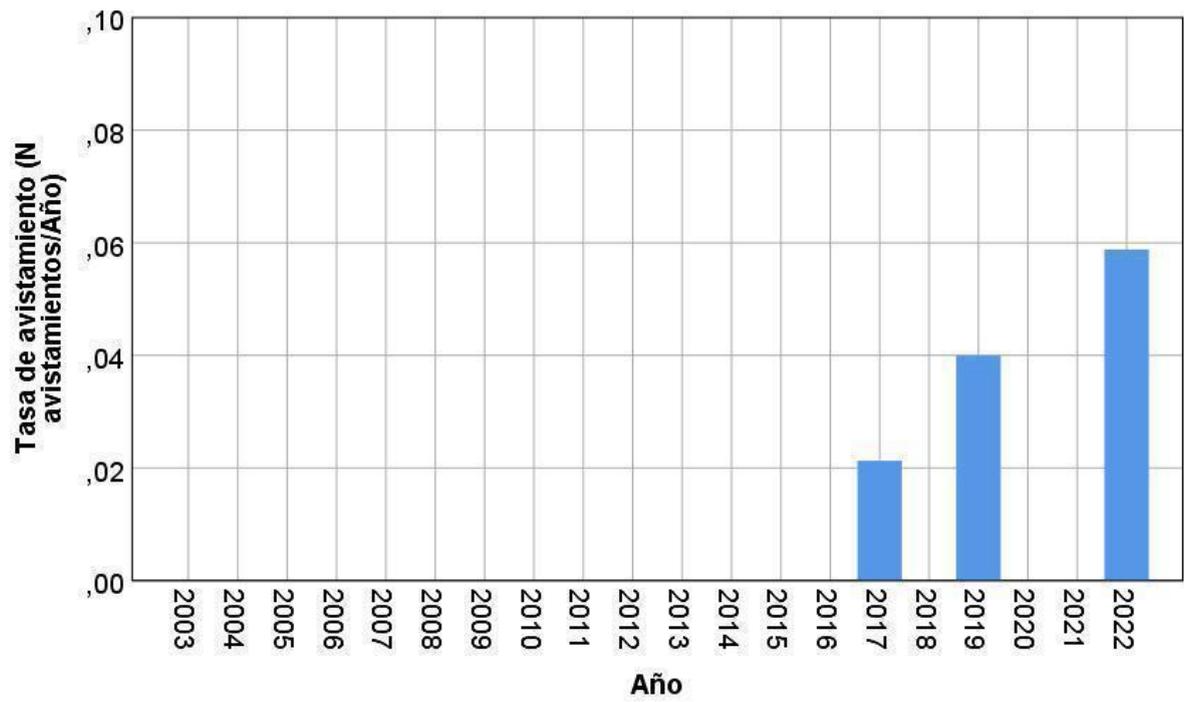


Figura 6. Tasa de avistamiento anual de la Yubarta en El Hierro, ponderada por esfuerzo de muestreo.

Mes/Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Enero	0	0	0/3	0	0	0	0	0	0/5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/7	0	0/12
Febrero	0	0	0/3	0/3	0	0	0/4	0	0	0/8	0/9	0/7	0/3	0	0	0	0	0	0	0	0/37
Marzo	0/6	0/5	0/4	0	0	0	0	0/6	0	0	0	0	0/5	0	0	0	0	0	0	0	0/26
Abril	0	0/3	0	0	0	0	0/7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/10
Mayo	0	0/4	0/5	0	0/17	0/19	0/3	0/16	0/10	0/8	0/16	0/8	0/14	0/10	0/16	0/16	1/13	0	0/11	1/5	2/191
Junio	0	0/3	0/5	0	0	0	0	0/12	0	0/1	0	0	0	0	0/9	0	0	0	0	0/12	0/42
Julio	0	0/5	0	0	0	0	0/6	0	0	0/9	0	0/10	0	0	0/2	0/4	0	0	0/3	0	0/39
Agosto	0	0/4	0/5	0	0	0/6	0/8	0	0	0	0/10	0	0/8	0	0/2	0/11	0	0	0/1	0	0/55
Septiembre	0/12	0/8	0/3	0	0	0	0	0/5	0	0	0	0	0/10	0/14	1/5	0	0	0/10	0	0	1/67
Octubre	0/20	0/12	0/15	0/6	0/18	0/16	0/9	0/2	0/13	0/10	0/6	0/11	0	0/11	0/13	0/15	0/10	0/9	0	0	0/196
Noviembre	0	0/1	0	0	0/4	0	0/3	0	0	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/12
Diciembre	0	0/1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/2	0	0	0	0/3
Total	0/38	0/46	0/43	0/9	0/39	0/41	0/40	0/41	0/28	0/36	0/45	0/36	0/40	0/35	1/47	0/46	1/25	0/19	0/22	1/17	3/693

Tabla 5. Avistamientos de Yubarta en función de los días de esfuerzo entre 2003 y 2022. Los datos recopilan tanto avistamientos desde tierra como desde las embarcaciones en el suroeste de El Hierro.

La escasez de datos de presencia de la especie no permitió aplicar la prueba de Friedman. Sin embargo, el coeficiente de Spearman manifiesta un aumento en la tasa de presencia anual de la especie ($r_s = 0,508$; $p = 0,022$). En este caso, la falta de homogeneidad en el número días de esfuerzo por estación apoyaría los resultados debido a que, desde el año 2019, el total de días de esfuerzo es menor a la media. La baja tasa de avistamientos a lo largo de los años se puede explicar con el pequeño tamaño de la población de la especie del Atlántico Norte, debido a la lenta recuperación natural y la existencia de múltiples factores de amenaza antrópicos que afectan a las poblaciones tras el cese de la caza comercial (Wenzel *et al.*, 2020).

6. Conclusiones

El presente estudio contribuye a aumentar la información disponible sobre la presencia del Calderón Tropical, la Yubarta, el Cachalote y el Rorcual Tropical en la isla de El Hierro. Teniendo en cuenta el contexto de cambio climático de origen antrópico, que ya se está manifestando en las condiciones fisicoquímicas del agua (Burbano, 2021), este tipo de estudios son de gran relevancia para poder establecer las medidas adecuadas que aseguren la conservación de estas especies a largo plazo.

Los resultados obtenidos manifiestan una tendencia al aumento de la presencia de las especies de mayor afinidad tropical en las aguas de El Hierro, la isla más tropicalizada del archipiélago canario (Arranz, 2007; Espino *et al.*, 2019). Estos hallazgos sugieren la posibilidad de que estas especies se estén enfrentando a desafíos para su supervivencia relacionados con el cambio climático. En el caso de la Yubarta, el presente estudio no recoge datos suficientes para poder obtener conclusiones fiables sobre los cambios en la tasa de presencia/ausencia de esta especie. Sin embargo, estos cetáceos presentan grandes problemas de conservación en la Macaronesia (Wenzel *et al.*, 2020; André, 1997) por lo que es fundamental la ampliación de conocimientos sobre los cambios en su distribución y abundancia en las Islas Canarias.

Este estudio supone un punto de partida en el monitoreo de los efectos del cambio climático en los cetáceos distribuidos a lo largo de la Macaronesia. Además de los posibles problemas de conservación que sufren a día de hoy por actividades antrópicas en el archipiélago canario.

6. Conclusions

This study contributes to increasing the available information on the presence of the Short-finned Pilot Whale, the Humpback Whale, the Sperm Whale, and the Bryde's Whale on the island of El Hierro. Considering the anthropogenic context of climate change, which is already manifesting in the physicochemical conditions of the water (Burbano, 2021), studies of this kind are highly relevant in establishing appropriate measures to ensure the long-term conservation of these species.

The results obtained indicate a trend towards increased presence of species with a higher tropical affinity in the waters of El Hierro, the most tropicalized island in the Canary archipelago (Arranz, 2007; Espino et al., 2019). These findings suggest the possibility that these species are facing challenges to their survival related to climate change. In the case of the Humpback Whale, this study does not collect sufficient data to draw reliable conclusions regarding changes in the presence/absence rate for this species. However, these cetaceans face significant conservation issues in Macaronesia (Wenzel et al., 2020; André, 1997), highlighting the importance of expanding knowledge about changes in their distribution and abundance in the Canary Islands.

This study represents a starting point in monitoring the effects of climate change on cetaceans distributed throughout Macaronesia, as well as addressing the potential conservation problems they currently face due to human activities in the Canary archipelago.

8. Bibliografía

Alessandrini, A. 2016. Movements of short-finned pilot whales (*Globicephala macrorhynchus*) in the Macaronesian biogeographical region: a photo-identification analysis. Tesis doctoral, Universidade do Algarve.

André, M. 1997. *Distribución y conservación del cachalote (Physeter macrocephalus) en las Islas Canarias*. Tesis doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. <http://hdl.handle.net/10553/2135>

Arranz, P., Borchers, D. L., Aguilar de Soto, N., Johnson, M. P., & Cox, M. J. 2014. A new method to study inshore whale cue distribution from land-based observations. *Marine Mammal Science*, 30(2), 810-818.

Arranz, P. 2007. Composición y distribución del ictioplancton de la reserva marina de El Hierro, Islas Canarias. MS Thesis, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Bowen WD. 1997. Role of marine mammals in aquatic ecosystems. *Marine ecology progress series*, 158, 267-274.

Burbano López, D. 2021. Influencia de variables oceanográficas e interacciones interespecíficas sobre la distribución de cetáceos. Tesis de Grado, Universidad del Valle. <http://hdl.handle.net/10893/20212>

Carrillo, M., & Ritter, F. 2010. Increasing numbers of ship strikes in the Canary Islands: proposals for immediate action to reduce risk of vessel-whale collisions. *The Journal of Cetacean Research and Management.*, 11(2), 131-138.

Cunha, I., Freitas, L., Alves, F., Dinis, A., Ribeiro, C., Nicolau, C., ... & Formigo, N. (2017). Marine traffic and potential impacts towards cetaceans within the Madeira EEZ. *J. Cetacean Res. Manage.*, 16(1), 17-28.

Díaz-Delgado, J., Fernández, A., Sierra, E., Sacchini, S., Andrada, M., *et al.* 2018. Pathologic findings and causes of death of stranded cetaceans in the Canary Islands (2006-2012). *PloS one*, 13(10), e0204444.

Fais, A., Lewis, T.P., Zitterbart, D.P., Álvarez, O., Tejedor, A. *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(5): e0155199. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155199>

Félix, F. 2004. Assessment of the level of surface activity in humpback whales during the breeding season. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 3(1), 25-36.

Fernández-Casado, M. 2000. El cachalote (*Physeter macrocephalus*). *Galemys*, 12(2), 3-22.

Ferreira, R., Steiner, L., Martin, V., Fusar, F., Dinis, A., *et al.* 2022. Unraveling site fidelity and residency patterns of sperm whales in the insular oceanic waters of Macaronesia. *Frontiers in Marine Science*, 9, 2546.

Gambaiani, D.D., Mayol, P., Isaac, S.J., & Simmonds, M.P. 2009. Potential impacts of climate change and greenhouse gas emissions on Mediterranean marine ecosystems and cetaceans. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(1), 179–201.

Gnanadesikan, G.E., Pearse, W.D., & Shaw, A.K. 2017. Evolution of mammalian migrations for refuge, breeding, and food. *Ecology and Evolution*, 7, 5891-5900. <https://doi.org/10.1002/ece3.3120>

Herrera, I., Carrillo, M., Cosme de Esteban, M., & 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. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.669790>

Kato, H., & Perrin, W.F. 2009. Bryde's Whales: *Balaenoptera edeni/brydei*. In W.F. Perrin, B. Würsig, J.G.M. Thewissen (Eds.), *Encyclopedia of Marine Mammals* (Second Edition) (pp. 158-163). Academic Press, San Diego.

Lettevall, E., Richter, C., Jaquet, N., Slooten, E., Dawson, S., *et al.* 2002. Social structure and residency in aggregations of male sperm whales. *Canadian Journal of Zoology*, 80(7), 1189-1196.

Martins, C.C.A., Morete M.E., Coitinho, M.H.E., Freitas, A.C., Secchi, E.R., *et al.* 2001. Aspects of habitat use patterns of humpback whales in the Abrolhos bank, Brazil, breeding ground. *Memoirs of the Queensland Museum*, 47, 563-570.

Moliner, J. 2004. Cetáceos: reyes del buceo. *Eubacteria*, 12(7), 7-10.

Ritter, F., & Neumann, K. 2006. The year of the whale: extraordinary occurrence of Bryde's whales off La Gomera (Canary Islands). *Annual Conference of the European Cetacean Society*, Gdynia, Poland.

Servidio, A. 2014. Distribution, social structure and habitat use of short-finned pilot whale, *Globicephala macrorhynchus*, in the Canary Islands. Tesis doctoral, University of St. Andrews. <http://hdl.handle.net/10023/6441>

Servidio , A., Pérez-Gil , E., Pérez-Gil , M., Cañadas , A., Hammond , P.S., *et al.* 2019. Site fidelity and movement patterns of short-finned pilot whales within the Canary Islands : evidence for resident and transient populations. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29, 227-241.

Sousa, A., Fernandez, M., Alves, F., Arranz, P., Dinis, A., *et al.* 2023. A novel expert-driven methodology to develop thermal response curves and project habitat thermal suitability for cetaceans under a changing climate. *Science of the Total Environment*, 860, 160376. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160376>

Sousa, A., Alves, F., Arranz, P., Dinis, A., Fernández, M., *et al.* 2021. Climate change vulnerability of cetaceans in Macaronesia: Insights from a trait-based assessment. *Science of the Total Environment*, 795, 148652.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148652>

Torres, G., Kreuder, C., Gulland, F.M.D., Langlois, G.W., *et al.* 2009. Association of an unusual marine mammal mortality event with pseudo-nitzschia spp. blooms along the southern California coastline. *Journal of Wildlife Diseases*, 45(1), 109–121.

<https://doi.org/10.7589/0090-3558-45.1.109>

Van Weelden, C., Towers, J.R., & Bosker, T. 2021. Impacts of climate change on cetacean distribution, habitat and migration. *Climate Change Ecology*, 1, 100009.

Wenzel, F. W., Broms, F., López, P., Lopes, K., Veiga, N., *et al.* 2020. Humpback Whales (*Megaptera Novaeangliae*) in the Cape Verde Islands: Migratory Patterns, Resightings, and Abundance. *Aquatic Mammals*, 46(1), 21-31.