

Contribución al estudio longitudinal de poblaciones del zifio de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) y zifio de Blainville (*Mesoplodon densirostris*) en El Hierro (2018-2019)

Contribution to the longitudinal study of populations of Cuvier's beaked whale (*Ziphius cavirostris*) and Blainville's beaked whale (*Mesoplodon densirostris*) off El Hierro (2018-2019)



Autora: Lucía Vacas Fumero

Tutora: Natacha Aguilar de Soto

Curso académico: 2020/2021

Grado en Biología

Departamento de Biología Animal

RESUMEN:

Este trabajo contribuye al estudio longitudinal de la fidelidad territorial de zifios de Cuvier y de Blainville en aguas costeras de El Hierro, donde la fuerte batimetría posibilita su buceo profundo. El estudio se realiza por identificación fotográfica de los individuos gracias a sus marcas naturales. Los resultados para el periodo analizado aquí (2018-19) muestra tendencias consistentes a las registradas desde el comienzo del estudio en 2004. La estima de abundancia en 2018-19 es de 54 (SD 7.46) y 47 (SD 4.97) para el zifio de Blainville y de Cuvier, respectivamente. De ellos, la mitad presenta un patrón de residencia (R), y la mitad son transeúntes (T). La distribución por sexos de R y T para cada especie coincide con su estructura social, siendo más R el sexo con alianzas interindividuales más longevas (hembras en Blainville y machos en Cuvier). Las estimas de abundancia por pares de años son similares desde 2004, lo que sugiere que el tamaño de la población está limitado por la capacidad de carga del área. Dado que este tamaño es bajo, así como las tasas reproductivas, una mortandad masiva como las registradas en Canarias coincidentes con sonares navales hasta la declaración de la moratoria a su uso en 2004, podría tener consecuencias a nivel poblacional. Por ello es necesario que esta moratoria se formalice legalmente.

Palabras clave: Ziphiidae, estudios de población, fidelidad territorial, fotoID, El Hierro.

ABSTRACT:

This work contributes to the longitudinal study of the populations of Cuvier's and Blainville's beaked whales in coastal waters of El Hierro, where a strong bathymetry enables their deep diving. The study is carried out by photographic identification of the individuals thanks to their natural marks. The results for the period analyzed here (2018-19) show trends consistent with those registered since the beginning of the study in 2004. The abundance estimates in 2018-19 are 54 (SD 7.46) and 47 (SD 4.97) for Blainville's and Cuvier's beaked whales, respectively. For both species around half of the animals show a pattern of residence (R), and the other half are transients (T). The distribution by sex of R and T for each species coincides with their social structure, with more R being the sex with longer-lived interindividual alliances (females in Blainville and males in Cuvier). Estimates of abundance per pairs of years are similar since 2004,

suggesting that the population size is limited by the carrying capacity of the area. Given that this size is low, as well as the reproductive rates, a massive mortality such as those registered in the Canary Islands coinciding with naval sonars until the declaration of the moratorium to their use in 2004, could have consequences at the population level. For this reason, it is necessary that this moratorium is legally formalized.

Key words: Ziphiidae, population studies, site fidelity, photoID, El Hierro.

AGRADECIMIENTOS:

Mi agradecimiento caluroso a mi tutora, la Doctora Natacha Aguilar de Soto, por su inagotable ejemplo de superación de obstáculos, y consecución de objetivos, por su compromiso con el medio que nos acoge, y al que nos empeñamos en agredir, por la transmisión generosa de conocimientos, y por su respaldo continuo. Y especialmente, por haberme dado la oportunidad de formar parte de esta aventura.

A Agnés Torres Ramis, compañera y guía a lo largo de este intenso periodo de trabajo, de identificar y reidentificar hasta la saciedad, y en definitiva, de formarme en esta apasionante disciplina, siempre con ella a mi lado. Por su enorme apoyo e instrucción constante, por su paciencia, y por su sonrisa.

Al equipo, especialmente a Taïme Smit Pellure y a Irene Cáceres Barrera, solícitas y solidarias, para cubrir mi inexperiencia, y a Darío de la Calle Martínez, a quien siempre pude acudir en busca de ayuda.

A la Universidad de La Laguna, por sostener esta investigación, de la que mi trabajo es un pequeño eslabón, que contribuirá a un mejor conocimiento de estos cetáceos, y por ende, a que sean tratados con respeto, y se consolide su protección.

Y por último, no podía acabar estos agradecimientos sin hacer mención a los auténticos protagonistas de este trabajo, por decidir dedicar parte del escaso tiempo que se dejan ver a hacernos compañía y enseñarnos más sobre ellos.

Índice

INTRODUCCIÓN.....	5
OBJETIVOS.....	7
METODOLOGÍA.....	7
Especies de estudio	7
Familia Ziphiidae	7
El zifio de Blainville	8
El zifio de Cuvier	9
Área de estudio:	10
Técnicas empleadas:	11
Recogida de datos de los avistamientos	11
Fotoidentificación y catalogación fotográfica	12
Análisis estadístico mediante métodos de captura-recaptura.....	16
Métodos de análisis de población cerrada.....	17
Animales sin marcas.....	19
Resultados.....	19
Análisis descriptivo.....	19
Zifio de Blainville	20
Zifio de Cuvier	22
Presencia de crías o juveniles.....	23
Análisis estadístico	23
Discusión	25
Conclusiones.....	28
Conclusions	29
Bibliografía.....	29

INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de zifios, nos referimos a la familia Ziphiidae, compuesta de seis géneros con veintidós especies de cetáceos dentados (suborden Odontocetos), que habitan en aguas profundas de todos los océanos, y que son unos grandes desconocidos, a pesar de su enorme tamaño de entre 4 y 12 m de longitud. Se trata de la segunda familia más numerosa de cetáceos (Würsig et al., 2009) pero de la mayor parte de las especies no existen datos básicos de abundancia poblacional o historia vital. La mayor parte de los datos de zifios provienen de animales varados por causas naturales o antrópicas, y algunas especies no han sido nunca vistas en libertad, o en muy raras ocasiones. Los zifios se distribuyen a lo largo y ancho de todos los océanos, desde los polos, hasta los trópicos (Leatherwood & Reeves, 1983). Las diferentes especies sienten predilección por aguas cálidas o templadas, y sólo los del género *Hyperoodon* llegan a los polos. Sin embargo, la verdadera distribución de todas las especies es desconocida, ya que los datos -escasos-, provienen principalmente de los varamientos ya mencionados (Mead, 2002). La falta de conocimientos sobre estas especies se debe a su preferencia por aguas profundas, que conlleva una distribución habitualmente lejana a la costa (Hooker & Baird, 1999; Tyack et al., 2006), donde los estudios son escasos, y a su comportamiento extremo de buceo, que hace que sean visibles en superficie muy poco tiempo (un 8% en el caso del zifio de Blainville, (Aguilar de Soto, 2006)).

Las especies de zifios más conocidas son el zifio de Blainville (*Mesoplodon densirostris*), y el zifio de Cuvier (*Ziphius cavirostris*), que han sido estudiados en diversas zonas. Los estudios más longevos son los que se han llevado a cabo en Bahamas (Claridge, 2006; Durban et al., 2001) y Hawaii (McSweeney et al., 2007). Tras ellos, vendría el caso canario, en donde la Universidad de La Laguna —en adelante, ULL— lidera desde el año 2003 y hasta la actualidad, el análisis y estudio de la población de estas dos especies, comprobando que se encuentran en aguas de El Hierro todo el año (Aguilar de Soto, 2006; Arranz et al., 2012). La continuidad en esos estudios demostró que, efectivamente, son poblaciones que presentan en parte fidelidad territorial (Aparicio et al., 2005; Reyes, 2017). Así mismo, se suma a este grupo de investigaciones punteras, la región de Liguria, aunque en este caso, únicamente se centra en el zifio de Cuvier (Ballardini et al., 2005). Todas estas zonas tienen en común el hecho de que los zifios pueden encontrarse relativamente cerca de costa, debido a ser

archipiélagos oceánicos o, en el caso de Liguria, presentar cañones submarinos. En este sentido, la isla de El Hierro es particularmente interesante y muy especial a nivel mundial. Esto es porque la definición batimétrica de la isla presenta gran profundidad cerca de la costa (Figura 1) y la existencia de acantilados litorales ofrece la oportunidad de monitorear a los zifios desde tierra, lo que es idóneo para aumentar la tasa de detección y facilitar el estudio de los zifios.

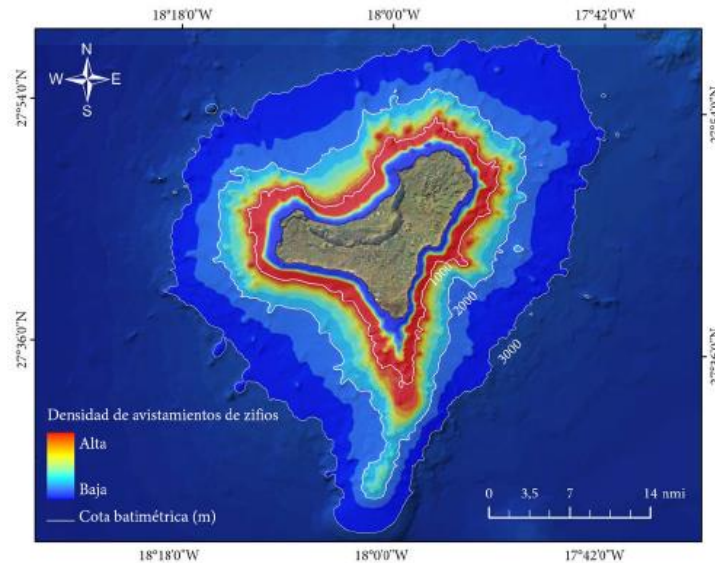


Figura 1 Modelo predictivo de la densidad de avistamientos de zifios en El Hierro en función de la cota batimétrica, indicativo de las preferencias en la selección del hábitat de los animales. Se espera una mayor densidad de avistamientos entre los 500 y 1500 m de profundidad, sobre el talud insular (Arranz, 2012).

Este trabajo de final de grado aprovecha este esfuerzo de la ULL, y suma su pequeña aportación a Cetabase, base de datos en la que se ha ido recogiendo los avistamientos de cetáceos, dotándolos con un código, y estudiando sus recapturas, para contribuir al estudio de las poblaciones, longevidad, distribución, y en definitiva la fidelización territorial de los individuos. Los estudios de poblaciones a largo plazo, como el de Cetabase, son muy importantes, tanto más cuanto más longevos sean en su constitución porque permiten extraer datos de dinámica poblacional e historia natural de las especies. Cetabase, en definitiva, es una herramienta valiosísima con fines a la conservación de los zifios, en la medida en al que contribuyen a su conocimiento. Esto es muy relevante porque los zifios están catalogados por la IUCN como “insuficientemente conocidos” y es importante obtener datos que permitan evaluar sus poblaciones y el posible efecto

poblacional de impactos antrópicos como los varamientos masivos de zifios relacionados con sonares militares de detección de submarinos que se han dado en muchos sitios del mundo (Cox et al., 2006) y se daban frecuentemente en Canarias hasta el establecimiento de una moratoria a su uso en 2004 (Fernández et al., 2013).

OBJETIVOS

El objetivo central del presente Trabajo de Fin de Grado es la continuación del estudio longitudinal de poblaciones de dos especies de zifios (*Z. cavirostris* y *M. densirostris*), iniciado por la ULL, desde el año 2003, con el fin de aportar una pequeña contribución al conocimiento de estas especies, tan necesario para que sean gestionadas adecuadamente para su conservación.

Para ello, nos proponemos como objetivos concretos:

1. Analizar las campañas de los años 2018 y 2019, para la creación de un catálogo, que identifique las poblaciones de cada una de las dos especies de zifios (*Z. cavirostris* y *M. densirostris*) observadas en aguas de El Hierro.
2. Estimar el tamaño poblacional en estos dos años y la permanencia de ambas poblaciones utilizando métodos de captura-recaptura, a través de la fotoidentificación.

METODOLOGÍA.

Especies de estudio

Familia Ziphiidae

Los cetáceos engloban actualmente ochenta y seis especies, que se dividen en dos subórdenes: misticetos, y odontocetos. Dentro de estos últimos, la familia Ziphiidae presenta registros fósiles desde principios del Mioceno (entre 23 y 16 millones de años), y como el resto de los este orden, fueron muy abundantes a mediados de este periodo, llegando a presentar catorce géneros (Muizon, 1991).

Volviendo a la actualidad, los zifios constituyen la segunda familia con un mayor número de especies dentro de los cetáceos, con hasta veintidós especies conocidas, repartidas en seis géneros (Pitman, 2002).

En Canarias se han registrado seis de estas misteriosas especies de la familia Ziphiidae (Vonk & Martel, 1988), correspondientes a tres géneros distintos:

- Género *Ziphius*: *Ziphius cavirostris* (Zifio de Cuvier).
- Género *Mesoplodon*: *Mesoplodon densirostris* (Zifio de Blainville); *Mesoplodon europaeus* (Zifio de Gervais); *Mesoplodon mirus* (Zifio de True); *Mesoplodon Bidens* (Zifio de Sowerby).
- Género *Hyperodon*: *Hyperodon ampullatus* (Zifio calderón del norte).

En los zifios, de cuerpo robusto e hidrodinámico, no existe diferenciación apreciable entre cabeza, tórax y abdomen, presentando un rostro prominente (Aparicio, 2008).

Son de aleta dorsal relativamente pequeña, situada en posición retrasada en el tercio posterior del cuerpo, ya que tórax y abdomen son relativamente alargados en comparación con la cola, que es corta.

La aleta caudal es grande y apuntada, con escotadura caudal pequeña, y generalmente, inexistente, debido a la localización distal de la vértebra caudal.

La dentición en la mandíbula superior es vestigial, o totalmente ausente. En la inferior, la mayor parte de las especies conservan un solo par de dientes, que sobresalen de las encías, únicamente en los machos adultos. En ellos suelen fijarse crustáceos cirrípedos del género *Conchoderma* (revisado en (Arranz, 2012)).

El zifio de Blainville

El zifio de Blainville (*Mesoplodon densirostris*) fue descrito por Henri de Blainville en 1817 a partir de un fragmento óseo procedente de la mandíbula superior. Este hueso, extremadamente denso, dio nombre a la especie, *densirostris*. Se trata de un zifio de tamaño mediano, de una longitud media de 4,5 m. y de un peso máximo de unos 1000 kilos (Mead, 1989).

Su coloración, de un marrón grisáceo, es similarmente variable en ambos sexos, y tiende a oscurecerse con la edad. Presenta, además, manchas marrones o amarillentas en el cuerpo, diatomeas epizooicas.

Los machos adultos presentan un par de dientes, ubicados en la mitad de la mandíbula inferior, fuertemente curvada, de forma que los dientes llegan a sobresalir por encima del rostro (Pitman, 2002) (Figura 2).



Figura 2: Ejemplos de zifios de Blainville. De izquierda a derecha: cría (A.S.), hembra (A.S.), macho (A.M.). Fotos de la ULL tomadas con permiso de MITECO y Gobierno de Canarias.

El zifio de Cuvier

El zifio de Cuvier (*Ziphius cavirostris*), fue descrito por George de Cuvier en 1823. La talla máxima registrada es de 7 m, y las hembras son más grandes que los machos. Su peso puede alcanzar los 3000 kg (Heyning, 1989).

De cabeza pequeña, rostro corto y robusto, con una depresión al inicio del espiráculo, muy característica.

De color gris o marrón, con tonos oscuros en el dorso, sufren, no obstante, un aclaramiento progresivo con la edad (patente primero en la cabeza), llegando al blanco en los animales adultos.

Igualmente al caso ya señalado para el zifio de Blainville, la presencia de diatomeas, dota al cuerpo, en ocasiones, de una coloración amarillenta o marrón verdosa.

La aleta dorsal adopta diferentes formas, desde triangular hasta en forma de hoz, y como en el resto de los zifios, se sitúa en el tercio posterior del cuerpo.

Los machos adultos presentan un par de dientes pequeños, de sección oval, situados en el extremo anterior de la mandíbula inferior. Parece que son utilizados en el cortejo, y

en luchas intraespecíficas, de modo que la edad ve aumentar el número de cicatrices, fundamentalmente, en los machos (Arranz, 2012) (Figura 3).



Figura 3: Ejemplos de zifios de Cuvier. De izquierda a derecha: hembra (A.M.), macho (A.M.), cría (R.V.). Fotos de la ULL tomadas con permiso de MITECO y Gobierno de Canarias.

Área de estudio:

Las zonas de toma de muestras se centran en dos grandes bahías de El Hierro, con una estación de observación en tierra para cada una de ellas, y se alterna el trabajo en cada una, dependiendo de las consideraciones meteorológicas y ambientales (Figura 4).

- El Mar de Las Calmas, abarcando toda la costa desde la Punta de La Restinga hasta casi el faro de Orchilla, incluyendo la reserva marina de interés pesquero “Punta de La Restinga-Mar de Las Calmas”. Aquí la estación de tierra se localizó en Tacorón. a 119 metros de altura en un acantilado costero.
- La bahía de Las Playas: cubriendo la vertiente sureste, desde aproximadamente el puerto de La Estaca a la Punta de la Restinga. Aquí el punto de observación en tierra se situó en la Punta de la Bonanza, a 92 metros de altura.



Figura 4: Estudio de las cotas batimétricas de El Hierro. En amarillo se seleccionan las dos zonas de estudio (Reyes, 2017).

Técnicas empleadas:

Recogida de datos de los avistamientos

La asiduidad de avistamientos de zifios, en zona relativamente cercana a costa, permiten combinar esfuerzos de muestreo visual desde mar, y desde tierra, utilizando prismáticos Fujinon de 7x50 y 15*70. Este último, de alta potencia, denominado Big Eye, permite incrementar la tasa de visualizaciones (Figura 5).



Figura 5: Equipo de trabajo en la estación de tierra de Tacorón. Imagen propia.

Se utilizan distintos estadillos para el registro de la información, tales como posición, temporalidad, y características de cada avistamiento (especie, número de individuos, composición social, comportamiento, etc.)

Esto se acopia en un diario, que recoge horas y avistamientos producidos, así como, de ser posible, la especie de la que se trata.

Todo ello se recopila en una base de datos, denominada Cetabase (<https://cetaceos.webs.ull.es/>).

A partir del año 2008, aproximadamente, se utiliza en la estación de tierra el software LogTool programado en Matlab para la recogida en tiempo real de los datos de avistamientos. Este programa permitiría su representación gráfica, y avanza herramientas que predicen la localización aproximada de la emersión de cada grupo, lo que, indudablemente multiplica la eficacia de la aproximación de la embarcación a los zifios, para el trabajo de identificación fotográfica.

Al final de la jornada de campo, se lleva a cabo la confirmación de los datos recogidos, tanto en el diario, como en el software, realizando un resumen de especies encontradas y los detalles de cada avistamiento.

Fotoidentificación y catalogación fotográfica

Los métodos de estimación del tamaño poblacional basados en transectos lineales (Buckland et al., 1993; Hammond, 1986), no son los más adecuados para los zifios, ya que el error en la cuantificación de los avistamientos es enorme, por la gran probabilidad (que ronda el 92%) de que un zifio esté sumergido, aunque se encuentre dentro de la línea de muestreo.

Debemos recurrir por tanto, y cuando sea posible, a formas alternativas para estimar el tamaño de las poblaciones, basados en métodos de captura recaptura de individuos en zonas determinadas (Seber, 1982).

Esta técnica de identificación fotográfica, que denominamos fotoidentificación, o fotoID, a partir de aquí, nos permite reconocer y caracterizar individuos diversos, a partir de sus propias marcas permanentes, constituidas por variaciones morfológicas de la aleta dorsal, cicatrices, muescas o mutilaciones naturales del animal.

Para facilitar la identificación de los individuos, se consideran tres zonas a lo largo del cuerpo del animal (Figura 6). Esto a su vez, se consideraría por cada uno de los lados (izquierdo y derecho).

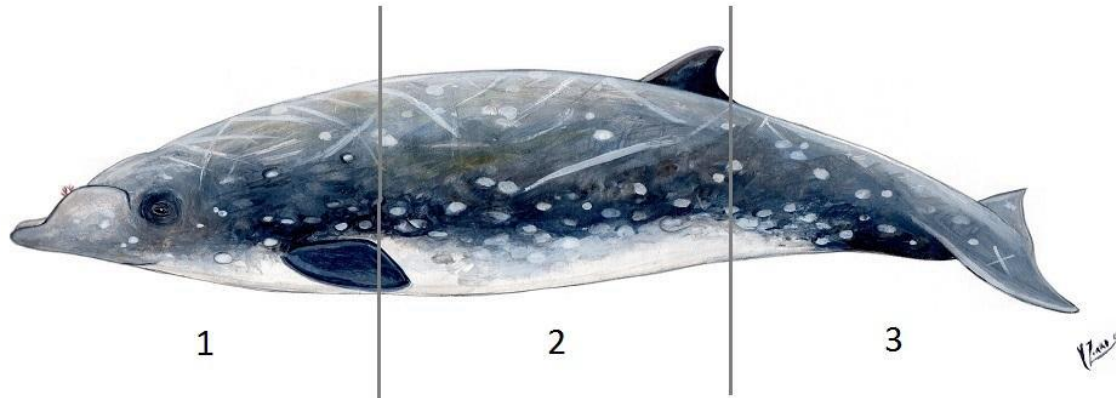


Figura 6: División del cuerpo del zifio en tres zonas para su estudio por foto-ID. 1: zona anterior; 2: zona media; 3: zona posterior. Dibujo de Chloé Yzoard.

Una de las ventajas que nos aporta el método, es evitar al animal el estrés de la captura para la colocación de una marca, y por tanto reduce que en el futuro nos evite, y de esa manera soslayamos un factor de heterogeneidad en la probabilidad de la recaptura.

Otra ventaja añadida es que, como son marcas naturales, no existe riesgo de pérdida o deterioro. Ello, evidentemente, nos obliga a seleccionar sólo aquellas marcas que consideremos verdaderamente perdurables en el tiempo.





Como las marcas de hecho, pueden cambiar, por ejemplo, por añadir nuevas que se confundan con las anteriores, es importante que las expediciones de muestreo sean relativamente cercanas en el tiempo entre sí.

Se recolecta el mayor número posible de registros fotográficos de aletas dorsales y cicatrices en el cuerpo de los animales avistados, para optimizar su reconocimiento individual. Esta técnica fue propuesta por Bigg et al., (1986) además de Agler & Katona, (1987), Agler et al., (1990), y Mizroch & Bigg, (1990).

Las fotografías seleccionadas (de las que se eliminan las de mala calidad), son mejoradas con programas de edición de imágenes, para optimizar las posibilidades de reconocer las marcas de los individuos.

Cada foto seleccionada recibió una categoría “Q”, que atiende a su calidad fotográfica (es decir: enfoque, ángulo y condiciones de iluminación), con cuatro categorías (Q1, Q2, Q3 y Q4) siendo la Q1 la de mayor calidad (Tabla 1).





Tabla 1: Relación visual entre el nivel asignado Q y la calidad de la imagen. A: A.S., B: A.M., C: ULL, D: A.S. Fotos de la ULL tomadas con permiso de MITECO y Gobierno de Canarias.

Nivel de Q	Observaciones	Ejemplo
Q1	Buen ángulo, exposición y enfoque. Las marcas se distinguen perfectamente	
Q2	Peor ángulo o enfoque, con brillos o sombras. Las marcas se distinguen, pero no todos los detalles se aprecian	
Q3	Solo las marcas evidentes se distinguen	
Q4	Las marcas no se pueden distinguir	

Así mismo, a través de la clasificación “M”, que evalúa la cantidad de rasgos distintivos del individuo (muecas, cicatrices o formas características de la aleta dorsal). Siendo M1 un animal sin marcas; M2 un animal con pequeñas cicatrices; M3, animal con muecas en la aleta dorsal y/o bastantes cicatrices en el cuerpo; y M4 animal con

grandes muescas o deformaciones en su aleta dorsal y/o completamente marcado por todo el cuerpo (Tabla 2).

Tabla 2: Relación visual entre el nivel asignado M y la cantidad de marcas. A: R.G., B: A.S., C: M.M., D: A.S. Fotos de la ULL tomadas con permiso de MITECO y Gobierno de Canarias.

Nivel de M	Observaciones	Ejemplo
M1	No presenta marcas	
M2	Presenta algunas marcas	
M3	Presenta muchas marcas, y puede presentar muescas en la aleta dorsal	
M4	Presenta el cuerpo lleno de marcas, además de tener la aleta dorsal incompleta	

La combinación de ambos criterios (Q y M) asegura la fiabilidad de las identificaciones. Así, las fotos de mala calidad Q4, sólo podrían identificarse con marcas tipo M4. De la misma forma, una calidad Q1 -óptima-, de foto, es suficiente para identificar marcas mínimas (M2), o para determinar que el animal no tiene marcas representativas (M1).

En este último caso, no se utilizan las fotografías, dado que estos animales son indistinguibles entre ellos, y sólo generaría confusiones a la hora de cuantificar las recapturas.

Cada ejemplar fotografiado se incluye en un catálogo creado para cada especie, con una clave identificativa, formada por la abreviatura del nombre científico (Md –*M. densirostris*- o Zc –*Z. cavirostris*-), más un número correlativo.

Para integrar el catálogo se compararon a simple vista las fotos de cada animal obtenidas durante un muestreo, con los animales ya presentes en el catálogo. Si son diferentes, ingresan al catálogo. En caso contrario, se registran como recapturas.

Análisis estadístico mediante métodos de captura-recaptura.

El estudio y análisis del tamaño de las poblaciones se realiza a través del método de captura-recaptura, empleado habitualmente, para aquellos organismos en los que es imposible realizar un censo total, debido a la alta movilidad de los individuos, y/o a la escasa visibilidad de los mismos o su gran abundancia.

Esta metodología se utiliza para estimar abundancias absolutas, y consiste originalmente, en realizar una primera campaña de captura y marcaje de ejemplares, que posteriormente y tras su liberación, se reintegran a los grupos. Posteriormente, en una segunda campaña, se captura de nuevo y en forma aleatoria, para calcular la fracción de organismos ya marcados, estimando el tamaño de la población a través de argumentos proporcionales.

Este método, llevado a nuestro campo, se pueden trasladar a individuos reconocibles sin necesidad de ser capturados físicamente, a través de técnicas de identificación fotográfica (foto-ID) de marcas naturales (Hammond, 1986). Así, cuando hablamos de “captura”, en realidad indicamos la obtención de fotografías de individuos reconocibles, y este sentido amplio es el que desde ahora aplicaremos en nuestro trabajo.

Cada año se recoge en una “matriz de encuentros”, en el que se comparan las fotografías de cada temporada (periodos de un año). Esta matriz contiene un listado de todos los individuos, y de años que comprende el estudio. Al animal visto durante el año, se

indica en la casilla correspondiente con un “1”, y a los no avistados, se les asigna un “0”.

Una vez cuantificadas las capturas y recapturas para cada año, y la estimación preliminar del número de zifios que conforman las poblaciones en aguas de El Hierro, se explora y compara resultados de varios métodos para estimar abundancias de poblaciones abiertas y cerradas, revisados para la aplicación en el análisis de marcas naturales.

Métodos de análisis de población cerrada

Según el método de Petersen, la estimación de la población, se basa en la proporción de animales recapturados, en una muestra de la población, es equivalente a la proporción de animales capturados, en la población total.

$$\hat{N} = \frac{n_1 \cdot n_2}{m_2}$$

Donde:

N: estimación del tamaño de la población.

n_1 : número de zifios fotoidentificados en la muestra 1.

n_2 : número de zifios fotoidentificados en la muestra 2.

m_2 : número de zifios fotoidentificados en ambas muestras.

Con muestras pequeñas, este método simple puede llevar a errores, y por ello, se han ido modificando aspectos del mismo. Para poblaciones cerradas habitualmente se usan las ecuaciones de Chapman y la de Bailey.

A esta se recurre cuando, como en nuestro caso, se utilizan marcas naturales, en las que no se extrae a los individuos del medio.

Así, la estimación de N según esta modificación al método de Petersen se define a través de la relación:

$$\hat{N} = \frac{n_1(n_2 + 1)}{m_2 + 1}$$

Y la varianza y error estándar asociados a esta ecuación:

$$Var(\hat{N}) = \frac{(n_1)^2(n_2 + 1)(n_2 - m_2)}{(m_2 + 1)^2(m_2 + 2)}$$

$$SE(\hat{N}) = \sqrt{Var(\hat{N})}$$

Este método está especialmente recomendado para cuando debamos prescindir de muestras individuales (Hammond, 1986). Para el caso de que no existiera reemplazo de muestras, se recurre al modelo de Chapman, que igualmente modifica a Petersen, especialmente útil para muestras pequeñas. En este caso la estimación de N se define a través de la ecuación:

$$\hat{N} = \frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1)}{(m_2 + 1)} - 1$$

Y la varianza y error estándar asociados a esta ecuación:

$$Var(\hat{N}) = \frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1)(n_1 - m_2)(n_2 - m_2)}{(m_2 + 1)^2(m_2 + 2)},$$

$$SE(\hat{N}) = \sqrt{Var(\hat{N})}$$

Las condiciones para el uso de estos modelos serían:

1. Poblaciones cerradas, tanto geográfico cuanto demográficamente –si hay entrada o salida de individuos, esta debe ser aleatoria-.
2. La probabilidad de captura de un individuo es la misma para todos los que conforman la población (homogeneidad de captura).

3. La captura no viene determinada por la marca realizada.
4. Ésta debe ser permanente – al menos, durante nuestro periodo de estudio.
5. Aleatoriedad de los muestreos.

Animales sin marcas.

La población se estima en base a los animales con marcas permanentes que incluimos en el catálogo. No obstante, corregimos esta estimación, para incluir aquellos sin marcas permanentes, que fueron fotografiados, pero no catalogados.

Aquellos individuos sin marcas permanentes, no pueden distinguirse en el medio/largo plazo, aunque normalmente sí pueden diferenciarse, en base a marcas no permanentes, tales como diatomeas o parásitos, durante un evento de fotoidentificación (por ejemplo, un seguimiento de un grupo en un día).

Las estimas de abundancia mediante captura recaptura se realizan solamente utilizando los animales con marcas permanentes suficientes para ser reconocibles. A la proporción de animales con estas características la llamamos P_{mp} . Cuando ya hemos calculado la proporción de animales con marcas permanentes, estimaremos la abundancia de población total, a través de la siguiente fórmula (Wilson et al., 1999).

$$\hat{N}_{tot} = \frac{\hat{N}}{P_{mp}}$$

Resultados

Análisis descriptivo

En cuanto a los años de estudio de este trabajo (2018 y 2019) se realizaron un total de 68 salidas al mar, repartidas en seis campañas – tres en cada año- (Tabla 3) (Tabla 4). En 57 de las cuales, se fotografiaron grupos de zifios (84%) (Figura 7). Destacar que aunque no pude participar en estas campañas de 2018 y 2019, participé en una campaña en 2021 para aprender de primera mano la metodología de muestreo de campo utilizada para mi TFG.

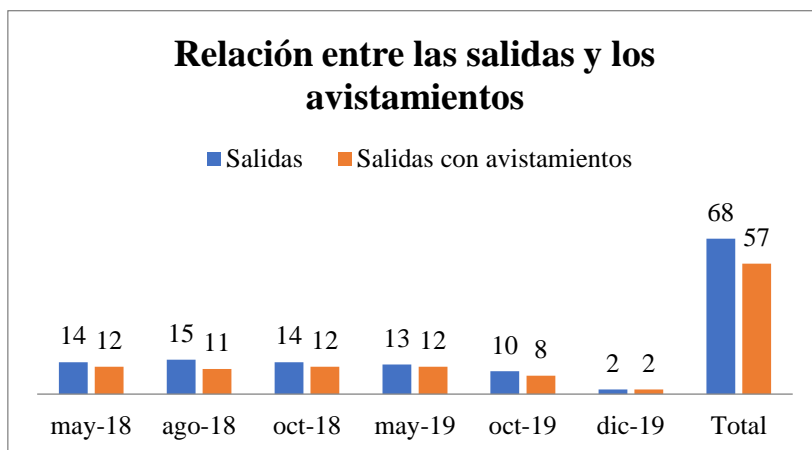


Figura 7: Presentación de los datos referidos a las salidas y los avistamientos de zifios

Tabla 3: Tabla resumen de los días de esfuerzo e individuos fotoidentificados por campaña y especie.

	Campaña	Días esfuerzo	Nº Individuos Zc	Nº Individuos Md
2018	Primavera	14	7	13
	Verano	15	14	12
	Otoño	14	31	26
2019	Primavera	13	11	11
	Otoño	10	14	13
	Invierno	2	2	0

Tabla 4: Número de individuos avistados en cada año por especie, y total de los dos años de estudio

Año	Total individuos Zc	Total individuos Md	Total individuos Zc	Total individuos Md
2018	35	34	41	43
2019	22	24		

Zifio de Blainville

La clasificación de los individuos se realizó en base al sexo y edad, es decir: machos, hembras y crías, e indeterminados –individuos de los que no podemos saber el sexo, es decir, subadultos o posibles hembras a las que nunca se ha avistado con crías-. Si lo contabilizamos anualmente, en 2018 fueron localizados 34 individuos, frente a los 24 del año posterior. Y si atendemos a las recapturas de 2019 frente a 2018, fueron 15.

Entre 2018 y 2019 se vieron un total de 43 individuos, de los cuales 29 se vieron en más de un año de estudio, lo que nos hace categorizarlos como Residentes (R) teniendo en cuenta años anteriores, y 14 solo se vieron un año de estudio, lo que nos lleva a considerarlos Transeúntes (T) (Tabla 5 y Figura 8). Algunos de estos últimos, con los estudios en años posteriores se han considerados R. Además, dentro del grupo de R se añadieron algunas crías que, aunque solo se han avistado un año, son crías de hembras residentes y por tanto, asumimos que formarán parte de dicha parte de la población.

Tabla 5: Número de individuos global, y diferenciando entre residentes y transeúntes, por sexo y edad, de *M. densirostris* en 2018-2019

<i>Mesoplodon densirostris</i> 2018-2019			
Sexo/edad	R	T	Global
Indeterminados	5	11	16
Machos	7	3	10
Hembras	11	0	11
Crías	6	0	6
Total	29	14	43

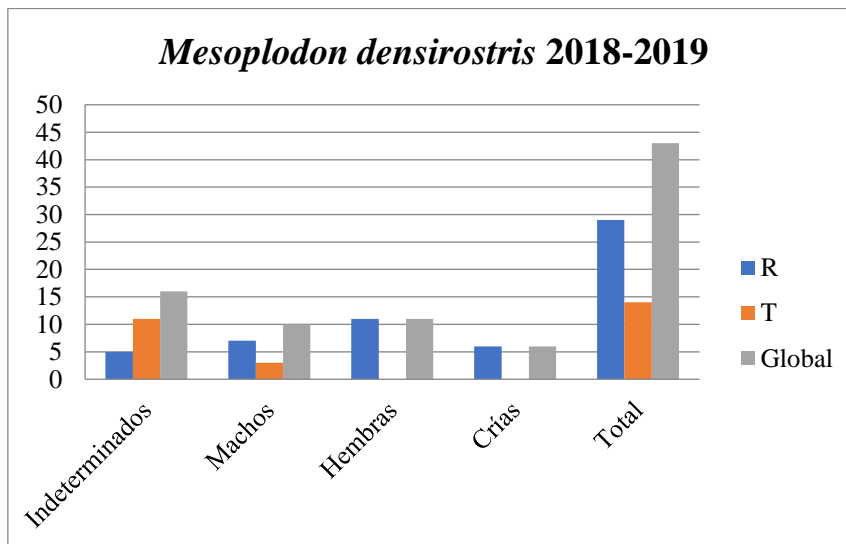


Figura 8: Gráfico con el número de individuos global, y diferenciando entre residentes y transeúntes, de *M. densirostris* en 2018-2019

Zifio de Cuvier

En 2018 fueron localizados un total de 35 zifios de Cuvier. En 2019 fueron localizados un total de 22 individuos de esta especie. Las recapturas conseguidas en 2019 con respecto a 2018 fueron 16 individuos.

Entre los dos años fueron localizados 41 zifios de Cuvier. De estos, 35 fueron vistos más de un año de estudio (R), revisando años anteriores, y 6 solo se registraron avistamientos en un año de estudio. (Tabla 6 y Figura 9)

Tabla 6: Número de individuos global, y diferenciando entre residentes y transeúntes, por sexo y edad, de *Z. cavirostris* en 2018-2019

<i>Ziphius cavirostris</i> 2018-2019			
Sexo/edad	R	T	Global
Indeterminados	12	6	18
Machos	13	0	13
Hembras	7	0	7
Crías	3	0	3
Total	35	6	41

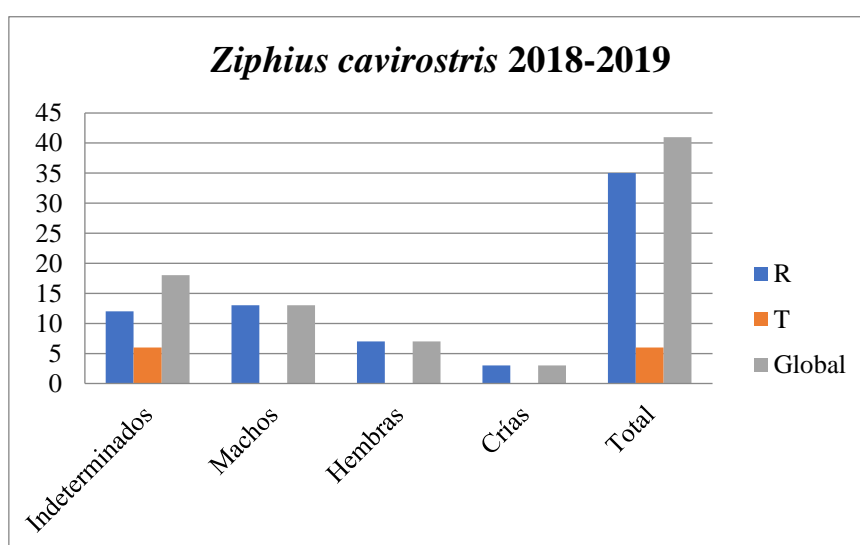


Figura 9: Gráfico con el número de individuos global, y diferenciando entre residentes y transeúntes, de *Z. cavirostris* en 2018-2019

Presencia de crías o juveniles

En los dos años de estudio, en el zifio de Blainville se registraron 5 crías, que se consideraron de menos de un año, y 1 juvenil, que habría nacido en los 2-3 años anteriores. Esto significa que de un total de 11 hembras, el 55% iba acompañada de crías o juveniles.

En el caso del zifio de Cuvier, entre los dos años observamos 2 crías, y 1 juvenil. Por tanto, del total de hembras avistadas (7), un 43% iba acompañada de crías o juveniles.

Análisis estadístico

Si consideramos solo a los individuos que cumplen criterios mínimos de M2 y Q3, donde hemos descartado a las crías por no tener marcas, la estimación de la población de zifios de Blainville (Tabla 7) y de Cuvier (Tabla 8), se determinaría a través de las ecuaciones expuestas. Se utilizan solamente los animales adultos y reconocibles, que constituyen un 84% y un 90% de todos los incluidos en el catálogo de Blainville y de Cuvier, respectivamente.

Tabla 7: Estimación del tamaño poblacional de animales adultos y reconocibles de *M. densirostris*

Temporada	2018-2019
n1	28
n2	20
m2	12
N (Petersen)	47
N (Bailey)	45
Var (N Bailey)	55.67
SE (N Bailey)	7.46
N (Champan)	46
Var (N Chapman)	32.95
SE (N Chapman)	5.74

Tabla 8: Estimación del tamaño poblacional de animales adultos y reconocibles de *Z. cavirostris*

Temporada	2018-2019
n1	32
n2	20
m2	15
N (Petersen)	43
N (Bailey)	42
Var (N Bailey)	24.7
SE (N Bailey)	4.97
N (Champan)	42
Var (N Chapman)	13.54
SE (N Chapman)	3.68

La mejor estima que nos da para cada especie es de 45 animales para el zifio de Blainville y 42 para el zifio de Cuvier. Para ambos resultados debemos tener en cuenta que para el análisis de captura recaptura únicamente consideramos los animales que presentan una M y Q adecuadas (M2 y Q3). Así, para el zifio de Blainville el porcentaje correspondiente con los animales incluidos en el estudio estadístico sería un 84% (dejando fuera al 16% restante por no ser animales reconocibles a largo plazo). Para compensar la eliminación de individuos, debemos dividir el valor dado en las ecuaciones por el porcentaje al que corresponde, así el valor final de la estima población sería 54.

Para el zifio de Cuvier, sin embargo, el porcentaje de los individuos que sí consideramos para este estudio es del 90% (por tanto, un 10% de los animales no cumplieron los criterios). Así, el valor de la estima poblacional corregido sería 47.

Cuando consideramos poblaciones cerradas, debemos tener en cuenta que algunos animales, pudieron haber muerto o nacido en el periodo de muestreo, pero que en principio este dato no debería ser muy determinante, ya que solo hablamos de dos años. Esto es así porque tomamos en cuenta que el error debido al desconocimiento de la tasa de mortalidad y natalidad debería ser bajo, porque presumimos una longevidad importante para los zifios (de unos cuarenta y nueve años), y una edad de madurez

sexual en torno los nueve a once años (Mead, 1989), ello nos sitúa en una tasa de reproducción baja.

También consideramos que la entrada y salida de los animales en el área de estudio es aleatoria, porque los encontramos en la zona a lo largo de todo el año.

Discusión

Los estudios poblacionales realizados con un enfoque longitudinal son sumamente valiosos, ya que permiten evaluar tendencias de abundancia, y por tanto una mejor comprensión de los factores naturales o antrópicos que influyen a los grupos animales que se están analizando. Al estudiar una población de animales longevos, como los cetáceos, es normal que en los primeros muestreos (en nuestro caso aunados en años para obtener suficiente tamaño muestral) la mayoría de individuos encontrados son nuevos, y esto cambia conforme va transcurriendo el tiempo. Así, vemos cómo con los datos de años consecutivos ya registrados por la ULL desde 2004, el número de individuos nuevos de la población tiende a estabilizarse (Figura 10 y 11), ya que conocemos un mayor porcentaje de especímenes. En el momento en el que se estabilice, se podría considerar que la población se comporta prácticamente como cerrada (tendríamos identificados a casi todos los residentes), donde los individuos nuevos serán un número mínimo del total.

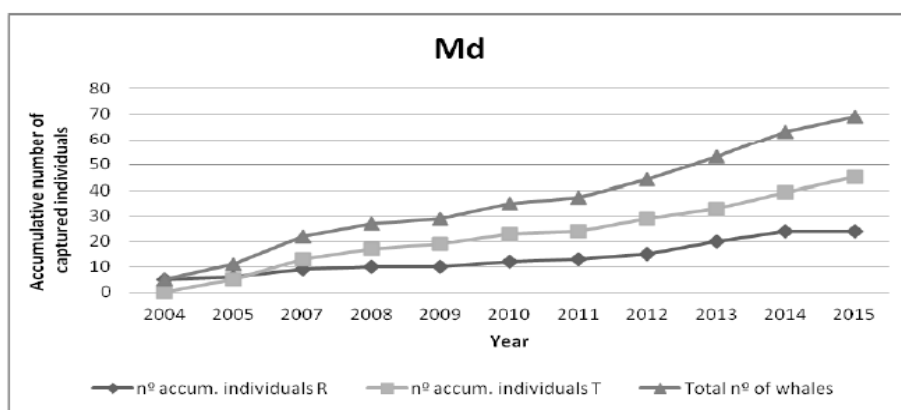


Figura 10: Número de zifios de Blainville acumulado identificados en El Hierro. R: individuos recapturados, es decir, observados más de un año durante el periodo de estudio. T: zifios transeúntes observados solo en uno de los años de estudio (Reyes, 2017).

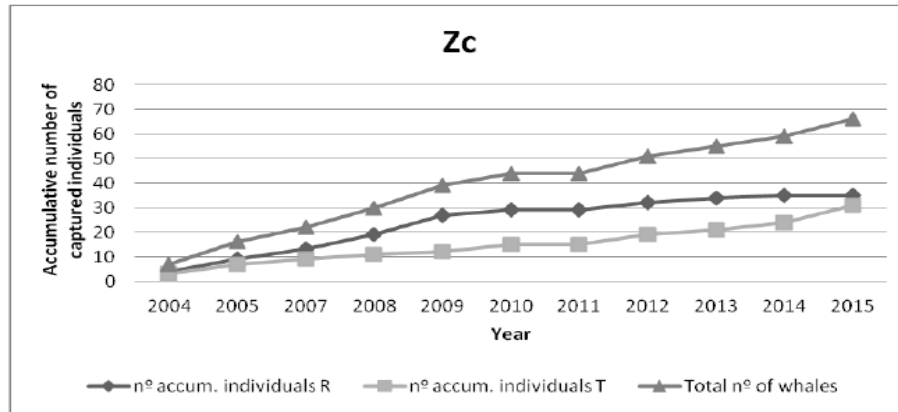


Figura 11: Número de zifios de Cuvier acumulado capturados en El Hierro. R: individuos recapturados, es decir, observados más de un año durante el periodo de estudio. T: zifios transeúntes observados solo en uno de los años de estudio. (Reyes, 2017).

Cuando hacemos un análisis de los resultados descriptivos por especie, podemos extraer varios aspectos interesantes.

En el caso del zifio de Blainville el porcentaje de machos es de un 23%, frente al de hembras que es un 26%, las crías representarían un 14% dentro de este grupo. Y en cuanto a los indeterminados, el porcentaje es un 37%, por lo que es el grupo mayoritario en esta especie. En el momento en el que se consiga determinar el sexo de estos individuos, podrá verse más correctamente la tendencia de las poblaciones en esta zona.

También es recomendable analizar los individuos que consideramos como Residentes y los que consideramos como Transeúntes (R y T, respectivamente). En el caso de los R avistados entre los dos años, vemos que un 38% son hembras, un 24% machos, y el porcentaje de indeterminados baja a un 21%. Las crías en este caso sumaron un 21%. En cambio, el número de indeterminados sigue siendo el principal cuando nos vamos a los individuos T: un 79%. El resto lo ocuparían los machos, con un 21%, y no encontramos hembras ni crías transeúntes.

Los datos presentados en este trabajo para el zifio de Blainville pueden compararse con estudios anteriores más fiables por incluir mayor número de años de estudio, donde también se observa una mayor fidelidad territorial por parte de las hembras (Reyes, 2017).

En cuanto al zifio de Cuvier, viendo el total de individuos fotoidentificados entre los dos años, observamos que un 32% corresponde a machos, un 17% a hembras, y las crías solo un 7%, viéndose menos representadas en esta especie; aunque un dato a destacar es el porcentaje que se llevan los individuos indeterminados, que asciende a un 44%. Este último dato se debe a la dificultad de observar los dientes en los zifios de Cuvier, que impide determinar con seguridad el sexo de los animales. Así, de los indeterminados no podemos saber el sexo por ser subadultos o hembras adultas a las que no se les ha visto con ninguna cría. Con la continuación de este estudio longitudinal, se podría conseguir determinar el sexo de estos individuos (o de parte de ellos), y con ello se conseguiría una mejor estima de cómo son las poblaciones de esta especie que habitan en El Hierro.

La relación del número de hembras y machos (casi el doble de machos que de hembras) en los dos años de estudio, concuerda con la relación presentada en trabajos anteriores, que incluyen una mayor cantidad de años de estudio, donde se observa que el número de machos de zifio de Cuvier es cercano al doble de las hembras (Reyes, 2017).

También observamos diferencias entre las dos especies cuando hablamos de los individuos que se consideraron R vemos que los porcentajes varían, estando en cabeza los machos, con un 37%. Tras estos, se sitúan los indeterminados (37%), y las hembras quedarían con un 20%. Las crías solo fueron un 9% del total. Esta redistribución de los porcentajes se explica viendo que la totalidad de individuos T son indeterminados (un 67% de los individuos indeterminados se consideran como Transeúntes). Estos valores, sin embargo, también pueden llevar a confusión, porque estos animales podrían volver a verse en años posteriores, y así cambiar estos resultados.

Observamos que de una estima total de 54 y 47 animales en El Hierro en los años 2018 y 2019, para el zifio de Blainville y de Cuvier, respectivamente, un 67% y un 85%, respectivamente, se consideran R, de alto uso del área, con un patrón de residencia, y el resto transeúntes. Este hecho se ha observado también en otros lugares como Hawaii (Claridge, 2006) y Bahamas (McSweeney et al., 2007). Se desconoce si los individuos residentes son territoriales en áreas favorecidas, que son visitadas por los transeúntes ocasionalmente, siendo los transeúntes parte de una población más oceánica. En el caso del zifio de Blainville las hembras son más residentes que los machos, lo que podría indicar que es una zona reproductiva de la especie, mientras que en el caso del zifio de

Cuvier es al contrario, hay más machos residentes. Esto es consistente con el hecho de que se han observado muy pocas crías de esta especie en El Hierro en todos los años de estudio (Viñé, 2019).

En cuanto a la estima poblacional, es muy similar a los valores obtenidos a lo largo de los años desde el comienzo del estudio en 2004. Esto indica una población estable, que probablemente esté determinada por la capacidad de carga del área, dado que si pudiera ofrecer más recursos, sería lógico pensar que tendería al aumento. La población es pequeña, y las tasas reproductivas son bajas (Viñé, 2019), por lo que una mortandad masiva de más de una decena de animales, como las que se registraban en Canarias hasta que se declaró la moratoria al uso de sonares navales en 2004 (Fernández et al., 2013) podría afectarla gravemente. Por ello, y dada la importancia a nivel internacional de las poblaciones de zifios en Canarias, es esencial que esta moratoria se mantenga y se formalice legalmente en forma de Decreto.

Conclusiones

Las poblaciones de zifio de Blainville y zifio de Cuvier en El Hierro presentan una parte residente y una parte transeúnte, probablemente correspondiente a una población oceánica en el archipiélago.

La estructura social de las poblaciones es diferente para el zifio de Blainville y el de Cuvier, de forma coherente con su estructura social. Para cada especie, el sexo más abundante en la parte residente de la población (hembras, y machos, respectivamente), coincide con el sexo cuyos individuos mantienen relaciones de alianza más longevas (los zifios de Blainville forman harenes y las hembras tienen largas asociaciones, y los zifios de Cuvier forman alianzas de machos y las hembras son independientes).

Las tendencias poblacionales de ambas especies son bastante estables desde el inicio del estudio en 2004 hasta 2018-2019 que se analiza en este trabajo. Esto podría indicar que la abundancia está limitada por la capacidad de carga del hábitat.

El presente estudio confirma también la baja tasa de natalidad de las especies, con tan solo 6 crías observadas para el zifio de Blainville, y 3 en el zifio de Cuvier, en los dos años analizados en este trabajo.

Los datos evidencian que ambas poblaciones son pequeñas, lo que, unido al conocimiento sobre su sensibilidad a mortandades masivas relacionadas con sonares navales, indica que deberían ser consideradas como vulnerables, y que la moratoria al uso de sonares navales en Canarias debería incluirse formalmente en un texto legal que la perpetúe.

Conclusions

The populations of Blainville's beaked whale and Cuvier's beaked whale of El Hierro present a resident part and a transient part, probably corresponding to an oceanic population in the archipelago.

The social structure of populations is different for Blainville's and Cuvier's beaked whales, consistent with their social structure. For each species, the most abundant sex in the resident part of the population (females and males, respectively), coincides with the sex whose individuals maintain longest-lived alliance relationships (the Blainville beaked whales form harems and the females have long associations, and Cuvier's beaked whales form alliances of males and females are independent).

The population trends of both species are quite stable from the beginning of the study in 2004 to 2018-2019 that is analyzed in this work. This could indicate that abundance is limited by the carrying capacity of the habitat.

The present study also confirms the low birth rate of the species, with only 6 offspring observed for the Blainville's beaked whale, and 3 in the Cuvier's beaked whale, in the two years analyzed in this study.

The data show that both populations are small, which, together with the knowledge about their sensitivity to mass deaths related to naval sonars, indicates that they should be considered vulnerable, and that the moratorium on the use of naval sonars in the Canary Islands should be formally included in a legal text that perpetuates it.

Bibliografía.

Agler, B. A., Beard, J. A., & Bowman, R. S. (1990). Fin Whale (*Balaenoptera physalus*) Photographic Identification: Methodology and Preliminary Results from the Western North Atlantic. In *Report of the International Whaling Commission* (Issue

Special Issue 12, pp. 349–356).

- Agler, B. A., & Katona, S. K. (1987). Photoidentification of finback whales. *Whalewatcher*, 21, 36–38.
- Aguilar de Soto, N. (2006). *Acoustic and diving behaviour of the short finned pilot whales (Globicephala macrorhynchus) and Blainville's beaked whale (Mesoplodon densirostris) in the Canary Islands. Implications on the effects of man-made noise and boat collisions.*
- Aparicio, C, Guerra, M., Hernández, A., Padrón, A., Díaz, F., Domínguez, I., Brito, A., Johnson, M., & Aguilar de Soto, N. (2005). Resident and reproductive populations of beaked whales in El Hierro, Canary Islands. *European Research on Cetaceans*, 19.
- Aparicio, Cristina. (2008). *Memoria de la fase de investigación línea "Estudio de cetáceos en libertad". Estudio de población de los zifios de Blainville y de Cuvier (Mesoplodon densirostris y Ziphius cavirostris) en El Hierro* (pp. 1–24).
- Arranz, P. (2012). *Descripción de la selección y uso del hábitat de los zifios de Blainville (Mesoplodon densirostris) y de Cuvier (Ziphius cavirostris) en la isla de El Hierro: propuestas de conservación.* Universidad de La Laguna, Servicio de Publicaciones.
- Arranz, P., de Soto, N. A., Madsen, P. T., Brito, A., Bordes, F., & Johnson, M. P. (2012). Correction: Following a Foraging Fish-Finder: Diel Habitat Use of Blainville's Beaked Whales Revealed by Echolocation. *PloS One*, 7(3).
- Ballardini, M., Pusser, T., & Nani, B. (2005). Photo-identification of Cuvier's beaked whales (*Ziphius cavirostris*) in the northern Ligurian Sea. *Proceedings of the 14th Annual Conference of the European Cetacean Society, La Rochelle*, 4–7.
- Bigg, M., Ellis, G. M., & C, B. K. (1986). The photographic identification of individual cetaceans. *Whale Watcher*, 20(2), 10–12.
- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., & Laake, J. L. (1993). Distance

- sampling: estimating abundance of biological populations. In *Chapman & Hall, London, United Kingdom*.
- Claridge, D. E. (2006). *Fine-scale distribution and habitat selection of beaked whales*. Aberdeen University.
- Cox, T. M., Ragen, T. J., Read, A. J., Vos, E., Baird, R. W., Balcomb, K., Barlow, J., Caldwell, J., Cranford, T., & Crum, L. (2006). Understanding the impacts of anthropogenic sound on beaked whales. *Journal of Cetacean Research and Management*, 7, 177–187.
- Durban, J., Claridge, D., Parsons, K., Ellifrit, D., & Balcomb, K. (2001). Quantifying beaked whale occupancy: Resident females and roving males. *Abstract from Beaked Whale Workshop, Vancouver, BC, Canada*.
- Fernández, A., Arbelo, M., & Martín, V. (2013). No mass strandings since sonar ban. *Nature*, 497, 317. <https://doi.org/10.1038/497317d>
- Hammond, P. S. (1986). Line transect sampling of dolphin populations. In *Research on dolphins*. Ed. Bryden M.M. & Harrison R.J. Oxford University Press, Oxford, UK (pp. 251–279). Clarendon Press.
- Heyning, J. E. (1989). Cuvier's beaked whale *Ziphius cavirostris*. In *Handbook of Marine Mammals*. Ed. Ridgway S.H. & Harrison, R. Academic Press. London, UK (pp. 289–308). Academic Press.
- Hooker, S. K., & Baird, R. W. (1999). Deep-diving behaviour of the northern bottlenose whale, *Hyperoodon ampullatus* (Cetacea: Ziphiidae). *Proceedings of the Royal Society of London B*, 266, 671–676.
- Leatherwood, S., & Reeves, R. R. (1983). The Sierra Club handbook of whales and dolphins. In *Sierra Club Books, San Francisco*.
- McSweeney, D. J., Baird, R. W., & Mahaffy, S. D. (2007). Site fidelity, associations, and movements of Cuvier's (*Ziphius cavirostris*) and Blainville's (*Mesoplodon densirostris*) beaked whales off the island of Hawai 'i. *Marine Mammal Science*,

23(3), 666–687.

Mead, J. G. (1989). Beaked whales of the genus *Mesoplodon*. In *Handbook of Marine Mammals, 4, River Dolphins and the Larger Toothed Whales* (pp. 349–430). Academic Press.

Mead, J. G. (2002). Beaked whales, overview: Ziphiidae. In *Encyclopedia of marine mammals* Ed. Perrin, W.F., Würsing, B. & Thewissen, J.G.M. San Diego: Academic Press (pp. 81–84). Elsevier.

Mizroch, S. A., & Bigg, M. A. (1990). Shooting whales (photographically) from small boats: An introductory guide. In *Individual Recognition of Cetaceans: Use of Photo-identification and Other Techniques to Estimate Population Parameters* (Hammond PS, Mizroch SA & Donovan GP, eds) (pp. 39–40).

Muizon, C. (1991). A new Ziphiidae (Cetacea) from the Early Miocene of Washington State (USA) and phylogenetic analysis of the major groups of odontocetes. *Bulletin Du Muséum National d'Histoire Naturelle Paris* (4), 12, 279–326.

Pitman, L. R. (2002). Mesoplodont Whales. In *Encyclopedia of Marine Mammals*. Ed. Perrin, W.F., Würsing, B. & Thewissen, J.G.M. Academic Press. Amsterdam, Netherlands (pp. 738–742). Academic Press.

Reyes, C. (2017). *Abundance estimate, survival and site fidelity patterns of Blainville's (Mesoplodon densirostris) and Cuvier's (Ziphius cavirostris) beaked whales off El Hierro (Canary Islands)*. University of St Andrews.

Seber, G. A. F. (1982). *The estimation of animal abundance and related parameters* (MacMillan). Blackburn press Caldwell, New Jersey.

Tyack, P. L., Johnson, M., Soto, N. A., Sturlese, A., & Madsen, P. T. (2006). Extreme diving of beaked whale species *Ziphius cavirostris* and *Mesoplodon densirostris*. *Journal of Experimental Biology*, 209, 4238–4253.

Viñé, R. (2019). *Demografía y Estructura Social del Zifio de Blainville (Mesoplodon densirostris) y del Zifio de Cuvier (Ziphius cavirostris) en El Hierro, Islas*

Canarias.

Vonk, R., & Martel, V. M. (1988). First list of odontocetes from the Canary Islands. *European Research on Cetaceans*, 2.

Wilson, B., Hammond, P. S., & Thompson, P. M. (1999). Estimating size and assessing trends in a coastal bottlenose dolphin population. *Ecological Applications*, 9, 288–300.

Würsig, B., Perrin, W. F., & Thewissen, J. G. M. (2009). *Encyclopedia of marine mammals*. Academic Press.