Determinación de factores de riesgo para la conservación de la población de Calderón tropical *(Globicephala macrorhynchus)* en el ZEC ES-7020017. TENERIFE. Contaminación acústica, interacciones tróficas y colisiones.

MEMORIA TÉCNICA. JUNIO DE 2016

Un proyecto de ASOCIACIÓN TONINA con la colaboración de la Universidad de La Laguna (ULL) y con el apoyo de la Fundación Biodiversidad, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, y el Cabildo de Tenerife.

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
Fundación Biodiversidad

MEMORIA TÉCNICA. PROYECTO MITCALD.

Organiza:

Colabora:

Con el apoyo de:

MEMORIA TÉCNICA. JUNIO 2016

PROYECTO MITCALD: Determinación de factores de riesgo para la conservación de la población de Calderón tropical *(Globicephala macrorhynchus)* en el ZEC ES-7020017. TENERIFE. Contaminación acústica, interacciones tróficas y colisiones.

AUTORES RESPONSABLES DE LA MEMORIA TÉCNICA:

Marrero Pérez, J., Crespo Torres, A., Escánez Pérez, A. y Albaladejo Robles, G.

EQUIPO DE INVESTIGADORES RESPONSABLES DEL PROYECTO:

Jacobo Marrero Pérez, Ana Crespo Torres, Alejandro Escánez Pérez, Sara Rodríguez Ramallo, Omar Álvarez González y Marta Moral Cendón.

---

* CITA GENERAL: Marrero Pérez, J., Crespo Torres, A., Escánez Pérez, A. y Albaladejo Robles, G. 2016. MITCALD. Determinación de factores de riesgo para la conservación de la población de Calderón tropical *(Globicephala macrorhynchus)* en el ZEC ES-7020017. TENERIFE. Contaminación acústica, interacciones tróficas y colisiones (Memoria técnica). Informe de Asociación Tonina para la Fundación Biodiversidad-MAGRAMA.

Agradecimientos:

Este proyecto no hubiese sido posible sin el estimable apoyo de la Fundación Biodiversidad, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, el Cabildo de Tenerife, la Universidad de La Laguna y Triodos Bank; a todos ellos, gracias por haber confiado en este equipo nuevo de jóvenes investigadores. Tampoco hubiera sido posible sin la estimable colaboración de Alberto Brito, Natacha Aguilar y Mark Jhonson. Pauline Gauffier y Philippe Verborgh, mil gracias por participar en las campañas y por ser apoyo técnico y moral cuando fue necesario. Un especial agradecimiento a Turismo de Tenerife por abrirnos siempre las puertas e implicarse en todas las iniciativas para la conservación de los calderones.

Por supuesto, agradecer una vez más, la sabiduría y predisposición de Mariano Hernández, Mario Díaz y Ana Covadonga, así como a los miembros de las Unidades de Fisiología Animal y Genética de la Universidad de La Laguna, por el apoyo mostrado. Agradecer la inmensa colaboración de Kataisa López, David Quinto, Lupe Acosta y Jose Antonio Pérez, gracias de corazón por ser ojos, cabeza y/o manos en el laboratorio.

Gracias también a María Belén Caro por su actitud positiva frente a todo tipo de problemas surgidos. También a Sandra Marí y Marta Vitoria, que se dejaron los ojos para que ninguna aleta pasase desapercibida. Gracias a Dani Hernández, Marta González, Marina Oñate, Marina, Lola, Juan, Sabri, Armando y Armiche (Ocean brothers) todos los participantes en la toma de datos de campaña. Gracias también a Marcel, Anna y Cristel. Un inmenso gracias por contribuir de manera desinteresada a Chloe Yzoard y Adriana Costurilla con material artístico, Sergio, Mirna, Antonio, "Biólogo", Bonadea, Calderones de Canarias y Teo Lucas, por su cesión desinteresada de fotografías y/o información de cualquier suceso referente a esta población de calderones. Gracias a Turismo de Tenerife, Frontier, Colegio Hispano Británico, JINTE, Ayuntamiento de Tegueste, Dolphinity Festival, y

al resto de entidades por invitarnos a participar en las diversas charlas y talleres organizadas. Gracias a Carlos Crespo y Patri Guillén por ayudar en la traducción de los textos y a Omar Caballero por dejar su huella en cada maquetación. Un especial agradecimiento a Manolo Carrillo por facilitarnos muestras de grasa subcutánea de cachalote, sin ellas no hubiéramos podido poner a punto la técnica de extracción de cortisol en grasa de calderón.

Gracias también al Gobierno de Canarias y el MAGRAMA por haber facilitado los permisos. A la plataforma VERKAMI, por haber creído que este proyecto podía cumplir el objetivo y por supuesto, a todos y cada uno de los mecenas del crowdfunding: Carmeliya, Manuel Caballero, Javier Crespo, Hao Higuchi, Isla Azul, Marta Gallego, Esmeralda Delgado Frías, Yuri Más Expósito, Paula Fernández Guerra, Marta Gon Car, Gap, Ducatona, Oliver Rivero music, Nani Lofish, Asun Martínez, Raquel M. Hernández Hernández, Almula, Pérsida Díaz Hernández, Saray Padrón, Pau Díaz Gallifa, Marta Mora, Dani, Tina Crespo, Mtxell, Oscar Padura Unanue, Raquel González, Roc Laseca, Héctor Izquierdo, Zebina, Agueda Caballero, Armando OceanBrothers, Marcel Gil Velasco, Federico, Sergio Bonadea, Lau Lorenzo, Pablo Fajardo, Armiche, Natacha Aguilar, Carlos Crespo, Mirna, Néstor Pérez, David San Juan Morera, Soroush, Miguel Aguilera, Joan Giménez, Laura M.González, Toni Pérez, Patricia Guillén, Chema Hernández, Mireia Aguilera, Javier Martín, Anna Benaiges, Tadeita, Aitor Gazzoline, Carmen Delia, Rober Bimabache, ElenaD, Yure Magec, Carlos y Nieves, Ruth Esteban, Pepo Lasso, Marta González, Amaranto Caballero, Berg, Glauce María, Deiviz, Mel Consentino, Nieves Amaro, Alejandro Fernández Cano, Eva Meyers, Tamara Falcón, David Jiménez, Elena Piacentini, Hector Croca, Kelkoyata, Ariel Caballero, Caterina Tresalti, Nayra Tronada, Yolandas, Nmartina Navarro, Akerraren Adarrak, Jose Mº Landeira, Víctor Hubara, Estefanía Jiménez, Agus Schiavi, Adrián Martínez Hernández, Carlos García, DC, Chema Hernández, Efrain Morales, así como a los participantes de la carrera "Minimal Running 2015", a todos ellos, mil gracias por haber aportado su granito de arena.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

BLOQUE I. INTRODUCCIÓN 1

1. ANTECEDENTES DE CONOCIMIENTOS SOBRE EL CALDERÓN TROPICAL EN LAS ISLAS CANARIAS 1

1.1. Taxonomía de la especie 1

1.2. Descripción de la especie 1

1.3. Distribución y abundancia de la especie 5

1.3.1. Distribución y abundancia en Canarias 6

1.3.2. La población residente del suroeste de Tenerife 8

1.4. Estructura social del calderón tropical en el sur de Tenerife 10

1.5. Dieta de la especie 11

1.6. Comportamiento de buceo y técnicas de caza 12

1.7. Comportamiento acústico de la especie 15

1.7.1. Biosónar o ecolocalización 15

1.7.2. Comunicación acústica 16

1.7.3. Comunicación bajo los efectos de la presión 19

2. FACTORES DE RIESGO PARA LA CONSERVACIÓN DEL CALDERÓN TROPICAL EN LAS ISLAS CANARIAS 21

2.1. Turismo de observación de cetáceos (“Whalewatching”) 21

2.2. Interacciones con pesquerías 23

2.3. Tráfico marítimo y colisiones 25

2.4. Contaminación acústica producida por embarcaciones 26

3. ESTUDIO DEL CALDERÓN TROPICAL UTILIZANDO TÉCNICAS DE FOTOIDENTIFICACIÓN. ABUNDANCIA Y ESTRUCTURA SOCIAL 27

3.1. Estima de la abundancia utilizando técnicas de fotoid de cetáceos 28

3.2. Análisis de la estructura social de cetáceos 29

4. ESTUDIO DE LA ECOLOGÍA TRÓFICA DEL CALDERÓN TROPICAL UTILIZANDO BIÓPSIAS 30

4.1. Análisis de la relación de isótopos estables de Carbono y Nitrógeno ... 31

4.2. Análisis de perfiles de ácidos grasos 33

5. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD DE LA POBLACIÓN. INDICADORES COMPORTAMENTALES Y FISIOLÓGICOS DEL ESTRÉS 34

5.1. Comportamientos como factor indicativo de estrés en cetáceos 35

5.2. El cortisol como factor indicativo de estrés 35

6. BIBLIOGRAFÍA 38

BLOQUE II. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DE LAS ACTUACIONES REALIZADAS. MATERIAL Y MÉTODOS 53

1. REUNIONES PARA DAR A CONOCER EL PROYECTO CON LA ADMINISTRACIÓN Y SECTORES IMPLICADOS (ACT.1) 53

2. CURSOS DE FORMACIÓN PARA PERSONAL VOLUNTARIO (ACT.2) 55

3. CAMPAÑAS CIENTÍFICAS PARA EL SEGUIMIENTO ESTACIONAL DE CETÁCEOS, TOMA DE DATOS ACÚSTICOS Y BIÓPSIAS (ACT.3) 58

3.1. Áreas de estudio 58

3.2. Metodología de estudio 59

3.2.1. Toma de fotografías para fotoidentificación 70

3.2.2. Registro de datos acústicos 71

3.2.3. Toma de biópsias 71

4. ANÁLISIS DE DATOS (ACT.4) 72

4.1. Creación de un catálogo de fotoidentificación, análisis de abundancia y estructura social (Act. 4.A) 72

4.1.1. Selección y análisis fotográfico. Asignación de valores “Q” y “M”. Creación de bases de datos y catálogo de fotoidentificación 72

4.1.2. Análisis de abundancia utilizando técnicas de captura-recaptura mediante fotoidentificación 75

4.1.3. Análisis de la estructura social del calderón tropical 76

4.2. Determinación genética del sexo (Act. Extra)..... 79

4.3. Análisis de la tipología y número de embarcaciones que visitan los grupos de calderones (Act. 4.B) 80

4.3.1. Elaboración de mapas de esfuerzo e interacción de barcos 80

4.4. Análisis de cambios de comportamiento asociados al tipo de embarcación en las cercanías de los gruposd de calderones (Act. 4.B y 4.C.1)..... 82

4.5. Determinación de los niveles de ruido ambiental y análisis espectral del ruido producido por embarcaciones en las cercanías de los grupos de calderones (Act. 4.B) 83

4.6. Determinación de la dieta del calderón utilizando técnicas de análisis de isótopos (Act. D.1) 83

4.6.1. Recolección de muestras para análisis de isótopos 83

4.6.2. Análisis de isótopos estables 85

4.6.3. Análisis estadístico 86

4.7. Determinación de las clases lipídicas y ácidos grasos en el panículo adiposo. Estudio de diferencias en la dieta dependientes de sexo, zona e individuo (Act. D.2) 86

4.7.1. Recolección de muestras para análisis de clases lipídicas y ácidos grasos..... 86

4.7.2. Extracción de grasas y ácidos grasos 88

4.7.3. Análisis estadístico 89

4.8. Análisis de los niveles de cortisol en el panículo adiposo como facor indicativo de estrés (Act. C.2) 90

4.8.1. Recolección de muestras para análisis de cortisol 90

4.8.2. Extracción y análisis de cortisol 90

4.8.3. Análisis estadístico 91

5. INTERACCIÓN DE CALDERONES CON PESQUERÍAS REALIZADAS EN EL SUROESTE DE TENERIFE 91

6. ACCIONES DE DIVULGACIÓN E IMPLANTACIÓN DE MEDIDAS PALIATIVAS 92

7. BIBLIOGRAFÍA 95

BLOQUE III: EVALUACIÓN Y RESULTADOS DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 101

1. REUNIONES PARA DAR A CONOCER EL PROYECTO CON LA ADMINISTRACIÓN Y SECTORES IMPLICADOS (ACT.1) 101

2. CURSOS DE FORMACIÓN PARA PERSONAL VOLUNTARIO COLABORADOR 104

3. CAMPAÑAS CIENTÍFICAS PARA EL SEGUIMIENTO ESTACIONAL DE CETÁCEOS, TOMA DE DATOS ACÚSTICOS Y BIÓPSIAS (ACT.3) 105

3.1. Resultados generales, días y horas de esfuerzo totales de búsqueda y avistamiento de diferentes especies de cetáceos 105

3.2. Registro de datos acústicos 109

3.3. Toma de biópsias 109

4. ACTIVIDADES ANALÍTICAS REALIZADAS (ACT.4) 109

4.1. Creación de un catálogo de fotoidentificación de individuos y estima poblacional de los calderones en las dos áreas de estudio 109

4.1.1. Esfuerzo fotográfico 109

4.1.2. Catálogo de Fotoidentificación del calderón tropical en Tenerife .. 117

4.1.3. Estima poblacional 118

4.1.3.1. Estima poblacional de calderón tropical para Los Cristianos (Zona sw de Tenerife) 119

4.1.3.2. Estima poblacional de calderón tropical en Anaga (Zona norte de Tenerife) 120

4.1.3.3. Estima poblacional de calderón tropical para ambas zonas (Los Cristianos y Anaga) 120

4.2. Análisis de la estructura social del calderón tropical 121

4.3. Distribución y uso del hábitat del calderón tropical en las dos zonas de estudio 123

4.4. Determinación genética del sexo (Act.extra) 126

4.4.1. Resultados obtenidos tras la amplificación con LGL 126

4.4.1. Resultados obtenidos tras la amplificación con SRY 126

4.5. Análisis de la tipología y número de embarcaciones que visitan los grupos de calderones 130

4.6. Análisis de cambios de comportamiento asociados al tipo de embarcación en las cercanías de los grupos de calderones 134

4.7. Determinación de los niveles de ruido ambiental y análisis espectral del ruido producido por embarcaciones en las cercanías de los grupos de calderones 136

4.8. Determinación de la dieta del calderón utilizando técnicas de análisis de isótopos 138

4.9. Determinación de clases lipídicas y ácidos grasos en el panículo adiposo. Estudio de diferencias en la dieta dependientes del sexo, por zonas e individuos 145

4.9.1. Determinación del porcentaje de humedad y contenido lipídico 145

4.9.2. Clases lipídicas 149

4.9.3. Análisis de ácidos grasos de calderones 151

4.9.4. Análisis de ácidos grasos de las posibles presas..... 154

4.9.5. Determinación de la dieta del calderón utilizando ácidos grasos... 155

4.10. Análisis de los niveles de cortisol en el panículo adiposo como factor indicativo de estrés. 158

5. BIBLIOGRAFÍA. 162

BLOQUE IV. CONCLUSIONES Y VALORACIÓN GENERAL. 166

1. CONCLUSIONES 166

2. VALORACIÓN GENERAL 167

BLOQUE V. OBSTÁCULOS ENCONTRADOS. 168

BLOQUE I: INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES DE CONOCIMIENTOS SOBRE EL CALDERÓN TROPICAL EN LAS ISLAS CANARIAS.

1.1. Taxonomía de la especie.

La taxonomía actualmente aceptada del calderón tropical es la siguiente:

Clase: Mammalia

Subclase: Eutheria

Orden: Cetartiodactila

Suborden: Cetacea

Superfamilia: Odontoceti

Familia: Delphinidae

Subfamilia: Globicephalinae

Género: Globicephala

Especie: *Globicephala macrorhynchus*

1.2. Descripción de la especie.

El calderón tropical o de aleta corta, es una especie de cuerpo largo y robusto, con la boca ínfera, sin el hocico pronunciado característico de otras especies de delfínidos, y con la frente entre bulbosa y cuadrada, dependiendo del género y la edad. Su patrón de coloración es muy característico y dependiente de la edad (Fig.1.1). Los individuos jóvenes son de coloración parduzca o gris claro, que se vuelve negro azabache o gris oscuro con el paso de los años (Yokenura *et al*., 1980). Presentan áreas claras en la parte ventral del cuerpo, donde poseen una mancha en forma de ancla que empieza bajo la garganta y acaba detrás del ano. En las hembras esta mancha ventral se extiende alrededor de las hendiduras mamarias (Yokenura *et al*., 1980) y se ha especulado que podría servir para guiar a las crías durante la lactancia (Yokenura *et al*., 1980). Detrás de la aleta dorsal presentan además una mancha gris clara en forma de silla de montar, y muchos individuos poseen además unas líneas claras post-orbitales (Yokenura *et al*., 1980; Kasuya & Marsh, 1984).

La aleta dorsal está situada en la mitad anterior del cuerpo y su forma es muy característica, siendo en general de base ancha y con forma de hoz. Las aletas pectorales, situadas posteriores a la cabeza, son largas, terminadas en punta y con un borde curvo a modo de "codo" (Sergeant, 1962). El pedúnculo caudal es grueso, acabado en una ancha aleta caudal con una muesca separando los dos lóbulos, de bordes cóncavos y con los extremos apuntados (Fig.1.1)

Esta especie muestra un marcado dimorfismo sexual (Fig.1.1). Los machos adultos alcanzan tamaños que varían entre los 7,2 m en el norte de Japón a los 5,25 m en el sur de Japón, mientras que las hembras alcanzan tamaños de 5,3 a 4,1 m (en las mismas zonas geográficas) (Kasuya & Marsh, 1984). Las características de los animales varados en Canarias indican que el morfotipo que se encuentra en el archipiélago es similar al del sur del Japón (Aguilar de Soto, 2006).

Figura 1.1. Ilustración de calderón tropical donde se muestran diferentes clases de edad/sexo. De arriba a abajo: morfotipo de un macho adulto, de una hembra adulta y de un juvenil. Para más detalles consultar texto. Ilustración realizada por Chloe Yzoard

Las diferencias morfológicas que presenta esta especie y observaciones sobre su comportamiento llevadas a cabo en el medio natural, permiten diferenciar cinco clases de edad/sexo (revisado en Heimlich-Boran, 1993).

- Macho adulto: Son calderones visiblemente más grandes que los otros individuos. Las diferencias en la tasa de crecimiento, hacen que los machos que acaban de alcanzar la madurez sexual sean hasta un 14% más grandes que las hembras adultas perfectamente desarrolladas, pudiendo llegar a pesar 2 toneladas y doblando a las hembras en peso (algunas fuentes postulan que los machos pueden llegar a los 3.600 kg.; Jefferson *et al.,* 1993) Los machos son ligeramente más grandes que las hembras al nacer y parecen tener un desarrollo acelerado durante la pubertad (Sergeant, 1962). Este dimorfismo sexual se observa también en otros caracteres morfológicos de los machos adultos, como son: el mayor desarrollo de los músculos dorsales y el gran tamaño que alcanzan las aletas dorsales, con una base mucho más ancha que la de las hembras (Yokenura *et al*., 1980; Kasuya & Marsh, 1984). Se ha sugerido que los machos de calderón tropical desarrollan más el melón que las hembras, siendo más bulboso y superando en varios centímetros la mandíbula inferio (Fig. 1.2). Sin embargo, en algunos estudios comparativos no se observaron diferencias apreciables en el tamaño del melón entre los sexos (Yokenura *et al.,* 1980).

- Hembras con crías: Son animales adultos que se observan asociados regularmente a un juvenil o una cría. Aunque se supone que las crías se asocian siempre a su “madre”, en calderones tropicales puede observarse que los juveniles y las crías se asocian a más de un adulto de su grupo social (Heimlich-Boran, 1993), no siendo raro observar a un adulto con varios juveniles (Heimlich-Boran, 1993; Carrillo & Tejedor, 2002), lo que puede complicar la determinación en condiciones normales de observación.

- Adulto indeterminado: Son animales que han alcanzado su madurez sexual, pero no puede discernirse si es hembra o macho, ya que el animal no aparece asociado regularmente a ninguna cría o juvenil y podría ser un macho subadulto, donde no se han terminado de desarrollar los caracteres secundarios que permiten diferenciarlo de una hembra. Kasuya y Marsh (1984) definieron la madurez sexual en los machos de esta especie basándose en el desarrollo de los conductos seminíferos en los testículos. Los machos de calderón alcanzan la madurez sexual a los 15,5-45,5 años de edad con 3,94-

5,25 m, aunque parece que la madurez social (cuando los machos se reproducen con éxito dentro de un grupo) se alcanza más tarde (Kasuya & Marsh, 1984). Estos mismos autores definen la madurez sexual de las hembras con la edad a la que se tiene la primera ovulación, siendo de 7-12 años de edad, con 3-3,44 m (Kasuya & Marsh, 1984).

- Juvenil: Los individuos inmaduros sexualmente son aquellos que presentan un tamaño apreciablemente menor que los adultos, de unos 2.5 a 3 m y complexión general menos robusta que los adultos (Fig. 1.2). Las edades de estos juveniles sería de 4-9 años para las hembras y menores de 8 años para los machos, debido a la diferencia entre sexos que existe en la tasa de crecimiento (Yokenura *et al.,* 1980; Kasuya & Marsh, 1984).

- Cría o neonato: Las crías o neonatos son individuos de 1,4-2,3 m, de aproximadamente menos un año de edad (Kasuya & Marsh, 1984). Estos individuos presentan marcas fetales visibles en el cuerpo, que son pliegues en forma de bandas laterales que se producen durante el embarazo debido a la posición del feto en el útero (Fig. 1.2). En la población de calderón común del estrecho de Gibraltar, se ha estimado que las macas fetales permanecen visibles en el cuerpo de las crías alrededor de un año (Gauffier, 2008), por lo que se estima que en el calderón tropical debe ser similar.

Figura 1.2. Clases de edad/sexo en el calderón tropical. Paneles superiores: diferencias entre el melón de un indeterminado/hembra (izquierda) y un macho adulto (derecha). Nótese el melón más bulboso, que supera en varios centímetros la mandíbula inferior en el macho. **Paneles inferiores**: diferencias entre un juvenil (izquierda), sin pliegues fetales, y una cría/neonato (derecha) llamada "Lucky", que pertenece a un grupo residente del SO de Tenerife (nació en 2015), véase los pliegues fetales. Las heridas de dientes en el cuerpo de "Lucky" permiten su identificación y seguimiento; se desconoce si fueron provocadas por el ataque de algún depredador o por otro calderón durante los primeros momentos tras el parto. Por cortesía del barco de whalewatching: Bonadea II.

1.3. Distribución y abundancia de la especie.

El calderón tropical es una especie oceánica, siendo frecuente observarlo asociado al borde de la plataforma continental, aunque en ocasiones puede acercarse mucho a la costa. Tiene una distribución pantropical en las aguas tropicales y templado cálidas de todos los océanos, aunque puede llegar a latitudes altas, extendiéndose desde aproximadamente los 41º S hasta los 45º N (Bernard & Reilly, 1999) (Fig. 1.3). Esto provoca que exista cierto solapamiento en la distribución de las dos especies de calderón (Olson & Reilly, 2009), lo que, unido a la similitud morfológica de ambas especies, dificulta la determinación precisa de su rango de distribución (Revisado en Bernard & Reilly, 1999).

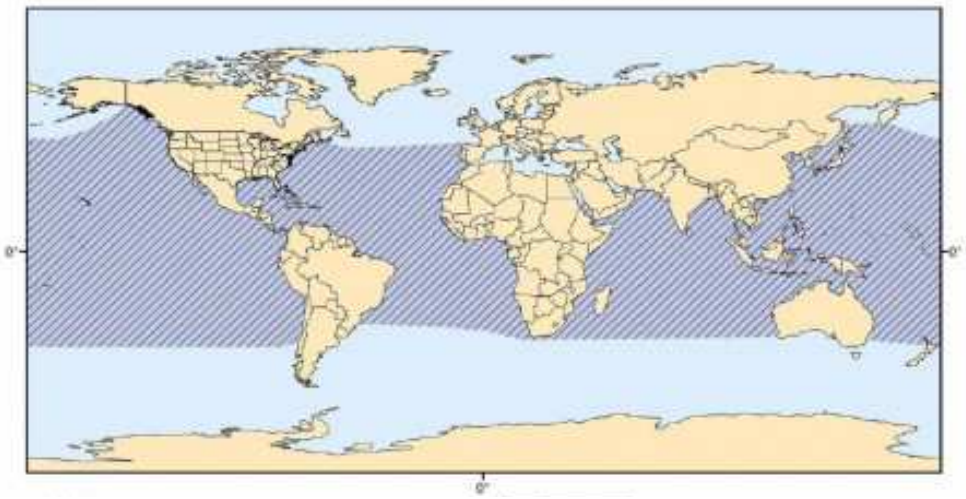


Figura 1.3. Distribución del calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*). Imagen de la Administración Nacional Oceánica y Atmósférica (NOAA). http://www.nmfs.noaa.gov/pr/species/mammals/cetaceans/pilotwhale_shortfinned.htm

No existe una estima para la población mundial de calderón tropical, aunque se considera globalmente abundante (Reeves, 2003). La mayoría de las estimas de abundancia existentes para esta especie derivan de trabajos realizados en zonas concretas cerca de la costa. Utilizando la metodología de transectos lineares, se estimó la población de calderón tropical en aguas tropicales del Pacífico Este en 160.200 (Wade & Gerrodette, 1993). En Japón se obtuvieron estimas de 5.300 para la población del norte y 53.000 para la del sur (Miyashita *et al.,* 1986).

1.3.1. Distribución y abundancia en Canarias.

En las aguas del archipiélago canario se pueden producir avistamientos de calderón tropical en todas las islas, siendo relevante la presencia de una comunidad residente establecida en aguas costeras del suroeste de Tenerife (Heimlich-Boran, 1993; Montero & Martín, 1993; Carrillo & Tejedor, 2002; Servidio 2014). Esta comunidad no se encuentra aislada del resto de la población canaria de calderones, existiendo flujo de animales de unas islas a otras, a juzgar por los datos obtenidos por Servidio (2014). Ella reconoció utilizando técnicas de foto-identificación (en adelante fotoid) que existía intercambio de animales entre las islas, siendo el flujo de individuos más común entre las islas de Tenerife y la Gomera. Estos resultados coinciden con la baja diferenciación genética que existe entre calderones tropicales que se encontraron varados en las diferentes islas del Archipiélago Canario (Hildebrand, 2002). Además,

11 calderones fotoidentificados en la Gomera parecen corresponder a individuos observados también en Madeira (Servidio, 2014), confirmándose que existe flujo de individuos entre los dos archipiélagos.

Durante los muestreos realizados por La Universidad de La Laguna (2009-2010) se observó una alta detección visual de grupos de calderón de aleta corta (n=31) en las aguas colindantes a la isla de Tenerife (Fig. 1.4), sobre todo en el suroeste y este de la isla. A pesar de las buenas condiciones de visibilidad durante el muestreo en muchas otras zonas del archipiélago, sólo se registraron avistamientos aislados de esta especie en otras zonas del Archipiélago (Fig. 1.4). Se observó además que la mayoría de los avistamientos tuvieron lugar a profundidades superiores a 1500m (Fais *et al.*, 2010). Servidio (2014) encontró que los calderones tropicales se distribuían preferiblemente dentro de los 8 Km más cercanos a la costa, a una profundidad media de 1077m, aunque se producían avistamientos aislados en aguas más profundas, coincidentes con los canales entre las islas.

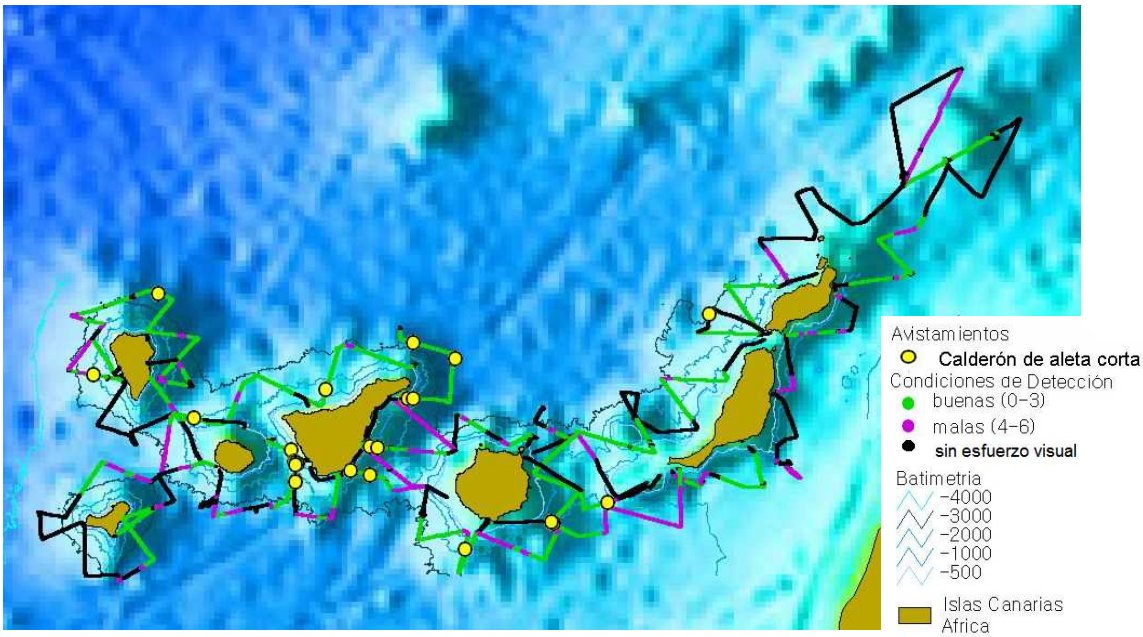


Figura 1.4. Avistamientos del calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*). El trayecto está coloreado según la condición de detección según el estado de la mar en la escala combinada de Douglas-Beaufort (0-6). Con el color negro se representan los periodos de navegación fuera de esfuerzo visual (Extraído de Fais *et al.*, 2016).

1.3.2. La población residente del suroeste de Tenerife.

La comunidad de calderón tropical establecida en el suroeste de Tenerife se considera como residente en el área, ya que pueden producirse avistamientos durante todo el año y algunos de los grupos sociales que se avistan mantienen una alta fidelidad por esta área (Heimlich-Boran, 1993; Montero & Martín, 1993; Carrillo & Tejedor, 2002; Servidio, 2014). Esta comunidad es de gran importancia a nivel mundial, debido a que sólo se conocen otras poblaciones residentes en Japón (kasuya & Tai, 1993), Madeira (Alves *et al.,* 2013), California y Hawaii (Olson & Reilly, 2002; Mahaffy, 2012).

La franja Marina Teno-Rasca (suroeste de Tenerife), está considerada como una Zona de Especial Conservación (ZEC ES-7020017). En el año 1989, Heimlich-Boran realizó el primer estudio de los calderones en esta zona, dándola a conocer para la ciencia. Durante los 22 meses que duró este estudio, se registró una presencia diaria de calderones de aleta corta de 0,77 avistamientos por unidad de esfuerzo al día (APUE/día) (Heimlinch-Boran, 1993). Estudios posteriores llevados a cabo de 1992 a 1993 y de 2001 a 2002 obtuvieron resultados de 0,92 avistamientos/día (Montero & Martín, 1993) y 3,57 avistamientos/día (Carrillo & Tejedor, 2002) respectivamente. Esta diferencia en los APUE/día pueden explicarse en parte debido a las diferentes embarcaciones empleadas en los distintos estudios, habiéndose empleado embarcaciones neumáticas hasta el estudio llevado a cabo por Carrillo y Tejedor, donde se empleó un barco de 13 m de eslora con una plataforma de avistamiento situada a 7 m de altura. Ninguno de los estudios anteriores ha demostrado que existan variaciones estacionales significativas en la frecuencia de avistamientos de esta especie (Heimlich-Boran, 1993; Montero & Martín, 1993; Carrillo & Tejedor, 2002), aunque parecen existir incrementos en los APUE/día a lo largo del año, que parecen variar en los diversos estudios llevados a cabo (para diferentes años). Así se detectaron ligeros incrementos en las APUE/día de abril a junio (Montero, 1997) y de diciembre a enero (Carrillo & Tejedor, 2002). Este último resultado parece coincidir con los valores obtenidos por Morales (2015), en el que se utilizó un modelo ARIMA para el análisis de series temporales de avistamientos y donde se observaron incrementos en el número de días con avistamientos de calderones de aleta corta durante el otoño.

La distribución de los avistamientos de calderón tropical en el área del ZEC (suroeste de Tenerife) no es homogénea, existiendo zonas de mayor o menor uso en base a la frecuencia de avistamientos en el área. Aunque la diversidad de metodologías utilizadas para determinar la batimetría entre los diversos estudios realizados no permite una comparativa fiable, todos coinciden en situar una preferencia de los grupos de calderones en torno a la isóbata de 1000m (Heimlich-Boran, 1993; Montero & Martín, 1993; Carrillo & Tejedor, 2002; Servidio, 2014).

Utilizando técnicas de fotoid, Heimlich-Boran (1993) elaboró un catálogo con 495 ejemplares (más 77 animales inmaduros sin marcas características claras). Utilizando la frecuencia de individuos reavistados, los animales catalogados fueron clasificados en 388 residentes (individuos que aparecían más de una vez) y 107 visitantes (que sólo fueron avistados una vez). Un estudio posterior, utilizando la misma metodología, obtuvo un número similar de calderones residentes, aunque 117 fueron clasificados como visitantes (Montero & Martín, 1993). Hay que considerar sin embargo, que éstos fueron estudios acumulativos de individuos durante el periodo de estudio (1989 a 1993) y no pueden considerarse en ningún caso como un indicativo del número medio de calderones en el área. Una estima de abundancia en el que se utilizó la metodología de análisis de transectos linares con el programa DISTANCE (Buckland *et al.,* 2005), obtuvo un valor medio de 362 individuos en el área, con un intervalo de confianza entre 241-544, una estima del tamaño mínimo de la población de 200,14 ejemplares y una densidad de 1,47 individuos por Km^2 (Carrillo & Tejedor, 2002).

Hay que considerar que si se cumplen los requisitos de los modelos analíticos, las técnicas de captura-recaptura (basadas en fotoid en cetáceos) ofrecen una estima del tamaño poblacional más precisa que las llevadas a cabo por transectos lineares (Fairfield, 1990; Calambokidis *et al.,* 1990). Servido (2014) realizó una estima de abundancia utilizando datos de fotoid obtenidos de 2007-2009, donde el mejor modelo que se ajustaba a los datos era el de población cerrada, con dos grupos diferentes de animales dependiendo de su fidelidad por el área y donde se excluyen los animales vistos sólo una o dos veces. Utilizando este modelo, la abundancia de calderones residentes estimada para el suroeste de Tenerife es de 636 individuos (95% CI=602-671), lo que representa una densidad de 1,16 individuos por Km^2 (Servidio, 2014).

1.4. Estructura social del calderón tropical en el sur de Tenerife.

Utilizando la definición dada por Bigg et al. (1990) para definir los grupos sociales de orcas, Heimlich-Boran (1993) agrupó los calderones fotoidentificados en Tenerife en grupos familiares básicos a los que denominó “pods”. Este autor observó un total de 46 “pods”, con un tamaño medio de 12.2 individuos en cada grupo. De esos “pods”, 31 fueron considerados residentes, con una media de 14,1 ind./pod y 15 pods fueron considerados visitantes, con un tamaño medio de 8,2 ind./pod. Además, cada una de estos “pods” se dividieron en grupos productivos y no productivos, en base a si los grupos presentaban crías o juveniles en compañía de sus madres. Se observó que los grupos productivos presentaba más animales por grupo (15,5 ind./pod) frente a los no productivos (4,6 ind./pod) (Heimlich-Boran, 1993).

El modelo de “compañeros constantes”, que indica un sistema social con relaciones duraderas entre sus miembros, es el que mejor predice los patrones de asociación del calderón tropical en los recientes trabajos realizados en Hawaii y Madeira (Mahaffy 2012; Alves *et al.,* 2013). Los datos de fotoID de los calderones más frecuentemente avistados en Tenerife y La Gomera mostraron un sistema social con asociaciones duraderas entre sus miembros (Servidio, 2014). Esta autora realizó también una combinación de técnicas analíticas (“cluster análisis”, ”network análisis”, ”temporal análisis”), donde se identificaron 11 grupos diferentes que permanecían estables a lo largo del tiempo, pero donde se encontraban niveles de asociación mixtos, lo que sugiere que existe cierto grado de intercambio entre los miembros de algunos de los grupos (Servidio, 2014).

Alves y colaboradores (2013) analizaron datos genéticos paralelamente a los datos de fotoID, obteniendo que los miembros de los distintos grupos sociales de calderón tropical están estrechamente emparentados entre sí, lo que parece indicar que existe una alta filópatría natal para esta especie. Este estudio parece confirmar la hipótesis de Heimlich-Boran (1993) de que los grupos sociales de calderón tienen un tipo de organización social jerarquizada de tipo matrilineal. Los resultados de los test de paternidad, llevados a cabo en las Islas Faroe sobre calderones comunes, indican que los machos raramente o nunca copulan con las hembras de su grupo natal (Amos *et al.,* 1993). Estos resultados, junto con el descubrimiento de que los calderones

comunes poseen también un tipo de estructura social de tipo matrilineal (Amos *et al.,*1991, 1993; Fullard, 2000), ha llevado a varios autores a apoyar la idea de que el género *Globicephala* sigue este tipo de estructura social, donde los machos no se reproducen con las hembras de sus mismos grupos sociales para evitar la endogamia (Heimlich-Boran, 1993; Alves *et al.,* 2013).

Los resultados obtenidos en todos los estudios llevados a cabo sobre las dos especies de calderones indican la existencia de grupos más numerosos durante estaciones determinadas del año (Heimlich-Boram, 1993; Cañadas & Sagarminaga, 2000; Alves *et al*., 2013). En el caso concreto de la comunidad de calderón tropical del suroeste de Tenerife, los grupos más numerosos se observan durante los meses de primavera-verano (Heimlich-Boram, 1993; Montero & Martín, 1993; Carrillo & Tejedor, 2002). Estos grandes grupos parecen estar formados por asociaciones temporales de dos o más unidades familiares y se cree que se forman para favorecer el apareamiento, por lo que se ha rechazado la poliginia como el sistema empleado por esta especie para aparearse (Heimlich-Boram, 1993; Alves *et al*., 2013).

1.5. Dieta de la especie.

La mayor parte de la información disponible acerca de la dieta del calderón tropical procede del análisis de contenidos estomacales de animales varados, siendo las espinas, escamas y los otolitos sagitales los restos más utilizados para la identificación de los peces (Hyslop, 1980; Pierce *et al.,* 1993), mientras que para la identificación de los cefalópodos se utilizan sobre todo los picos (Clarke, 1996). Todos estos estudios coinciden en que el calderón de aleta corta es una especie eminentemente teutófaga, aunque en algunos casos se han encontrado también restos de peces (Bustamante *et al.,* 2003; Mintzer *et al*., 2008). Además, existen variaciones geográficas tanto en la frecuencia de aparición de presas, como en la abundancia numérica de presas consumidas (Hyslop, 1980).

En Canarias, aunque el calderón tropical es una de las especies que más aparece en los varamientos (Carrillo & Tejedor, 2002), apenas existen datos sobre sus contenidos estomacales y no se han realizado hasta la fecha estudios dietéticos utilizando técnicas modernas de análisis de isótopos estables o de perfiles de ácidos grasos. Hernández-García y Martín (1994) analizaron los contenidos de dos

estómagos de calderones en el archipiélago y encontraron restos de cefalópodos tanto epipelágicos (*Discoteuthis sp., Cranchia scabra*) como meso-batipelágicos, mientras que Fernández et al. (2009) (Fernandez *et al.*, 2009) sólo hallaron restos de cefalópodos meso-batipelágicos (*Todarodes sagitattus* y *Megalocranchia sp.)* en otro ejemplar varado en Los Gigantes. En un tercer ejemplar se encontraron los restos de un pez de profundidad (*Regalecus glesne*) (Martín, pers. com., en Aguilar de Soto, 2006). En Tenerife además, es relativamente frecuente que aparezcan pedazos frescos del cuerpo de calamares gigantes (*Architeuctis* sp.) flotando en las cercanías de grupos de calderones, lo que ha llevado a algunos autores a sugerir que esta especie de calamar forma parte de la dieta de los calderones (Aguilar de Soto *et al.,* 2008).

1.6. Comportamiento de buceo y técnicas de caza.

Utilizando Dtags (Johnson & Tyack, 2003), se ha descubierto que los calderones tropicales de Tenerife presentan un ciclo de inmersión compuesto por periodos en superficie de duración variable, seguidos de series de buceos con una profundidad y duración medias de 289 m y 8 minutos, respectivamente (Aguilar de Soto, 2006; Aguilar de Soto *et al.,* 2008). Existe sin embargo, una gran variabilidad en el comportamiento de buceo de esta especie, pudiendo dividirse sus inmersiones en: profundas (mayores de 500 m) y someras (menores de 500 m). Las inmersiones profundas alcanzan una media de profundidad de 723 m y duran unos 15 minutos, mientras que las someras alcanzan profundidades y duraciones medias de 90 m y 5 minutos. La máxima profundidad registrada fue de 1019 m, en un buceo profundo que duró 21 minutos (Aguilar de Soto *et al.,* 2008).

La combinación de los datos relacionados con los movimientos de los animales (profundidad, velocidad, orientación) y la localización temporal de las vocalizaciones indicativas de actividad trófica (chasquidos de ecolocalización y zumbidos, marcando los intentos de captura de presas), ha permitido estudiar las estrategias de alimentación del calderón tropical y cómo éstas se ajustan a los ritmos circadianos. Además, se han deducido características del tipo y ecología de las presas, así como aspectos relativos al ambiente, extraídos de los ecos de los chasquidos reflejados por el fondo marino (Aguilar de Soto, 2006; Aguilar de Soto *et al.,* 2008).

Durante el día, los calderones realizan las inmersiones más profundas durante los cuales emiten pocos zumbidos (media de 0,7 por buceo), concentrándose éstos en la parte más profunda de las inmersiones. Por el contrario, durante la noche, los calderones realizan más zumbidos (media de 4 por buceo) a diversas profundidades, por lo que se cree que intentan capturar un mayor número de presas en cada buceo. Además, las inmersiones de alimentación profundas, principalmente las diurnas, contienen ocasionalmente eventos de elevada velocidad vertical ("sprints"), que normalmente preceden a los zumbidos en la parte más profunda de las inmersiones (Fig. 1.5). La combinación "sprint"-zumbido define una estrategia de alimentación "tipo guepardo", que se caracteriza por su elevado coste energético, ya que los animales alcanzan picos de velocidad vertical de 9 m/s (Aguilar de Soto *et al.,* 2008). Los "sprints" son eventos puntuales de ejercicio intenso, comparables al tipo de esfuerzos que requieren el uso de metabolismo anaeróbico en animales terrestres. Es por ello que se cree que los calderones realizan estas inmersiones profundas diurnas para cazar cefalópodos de consistencia musculosa y con un alto valor calórico, como pueden ser *Todarodes saggitatus* o *Lepidoteuthis grimaldi* (Aguilar de Soto *et al.,* 2008), que aparecen en sus contenidos estomacales y que alcanzan longitudes de manto de 75 y 97 cm respectivamente (Nesis, 1982; Jereb & Roper, 2005).

Las inmersiones someras diurnas de los calderones raramente tienen "sprints"ni zumbidos, lo que sugiere que su función no es la de capturar presas, o al menos no con una estrategia de caza que requiera el uso de la ecolocalización (Aguilar de Soto, 2006).

Durante la noche los calderones realizan un mayor número de intentos de capturar una presa, que además requiere, en general, de menores esfuerzos de persecución que las presas que parecen perseguir durante el día. Este comportamiento, tan distinto del que realizan durante el día, es similar al que muestran otros cetáceos de buceo profundo como pueden ser los cachalotes (*Physeter macrocephalus*) (Watwood *et al*., 2006) o los zifios de Cuvier y Blainville (Tyack *et al*., 2006). Esta plasticidad en el comportamiento de buceo de los calderones les capacita para ajustarse a la dinámica de las presas y a las migraciones circadianas de los organismos profundos, permitiéndoles aprovechar una mayor variedad de los recursos profundos disponibles.

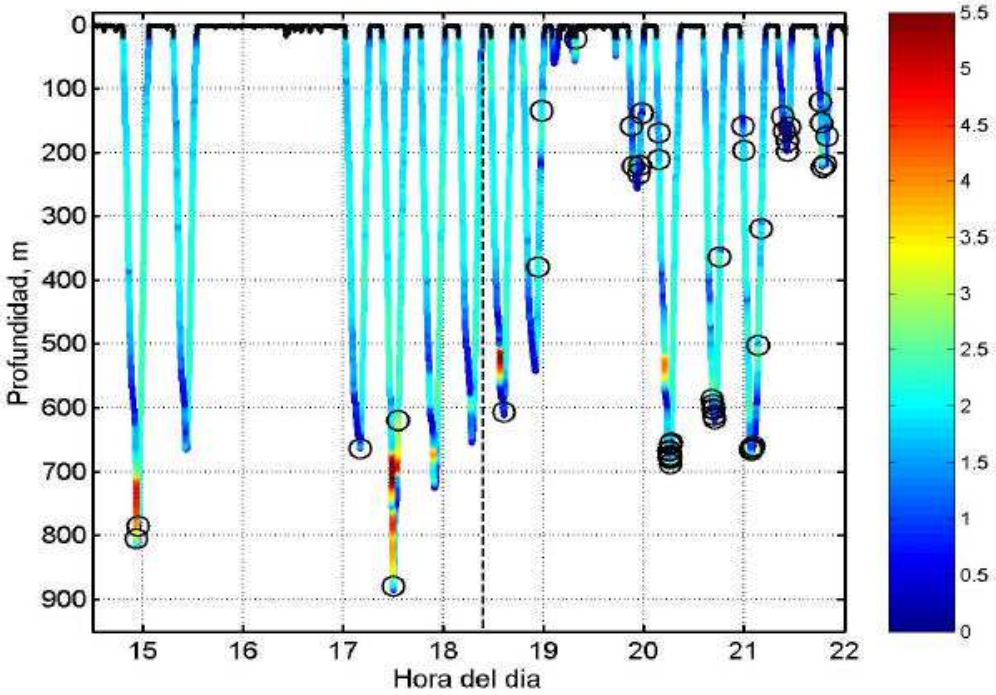


Figura 1.5. Perfil de inmersión de un calderón tropical en Tenerife (pw306b). Los colores indican la velocidad vertical (m/s) según la escala de la derecha. Los círculos negros señalan los zumbidos que realizó el animal y que indican intentos de captura de presas. La línea de puntos vertical indica la hora del ocaso (Aguilar de Soto, 2006).

Utilizando los ecos del fondo registrados en tres inmersiones sucesivas de un calderón marcado en Tenerife, se constató que el animal se encontraba a unos 600 m del fondo en una cota batimétrica cercana a los 1200 m de profundidad, por lo que parece que estos animales son depredadores pelágicos (Aguilar de Soto, 2006). El marcaje simultáneo de varios calderones de aleta corta en un mismo grupo ha permitido estudiar la coordinación de varios animales durante los buceos, observándose en tres calderones marcados en 2003 que los animales descienden a escasa distancia entre sí (< 80 m) hasta unos 600 m de profundidad; luego se separan en la parte más honda del buceo (>250 m), coincidiendo con la fase de alimentación, y tienden a reunirse de nuevo durante el ascenso (Aguilar de Soto, 2006).

1.7. Comportamiento acústico de la especie.

Los calderones tropicales producen una gran variedad de sonidos diferentes: chasquidos ("clicks") y zumbidos ("buzzes") de eco-localización (Aguilar de Soto *et al.,* 2008) y otros sonidos pulsados y tonales con potenciales funciones comunicativas (Jensen *et al.,* 2011).

1.7.1. Biosónar o ecolocalización.

La ecolocalización ha evolucionado de forma independiente en las aves (Griffin, 1953; Novick, 1959; Medway & Pye, 1977) y en dos grupos de mamíferos: los murciélagos (Pierce & Griffin, 1938; Griffin *et al.,* 1960) y los cetáceos odontocetos (Kellogg & Bennett, 1973; Au *et al.,* 1974), siendo la principal modalidad sensorial de estos animales para la navegación y localización de presas (Medway & Pye, 1977; Griffin *et al.*, 1960; Au *et al.,* 1974). Un odontoceto al ecolocalizar, transmite información acerca de su posición y actividad a otros miembros de su propio grupo u otros posibles oyentes que se encuentren en el rango audible de estas señales (Revisado en McGregor, 2005; Gregg *et al*., 2007). Sin embargo, se asume que la función principal de los chasquidos usuales de ecolocalización y de los zumbidos, al menos para el animal que está produciendo las señales, es la de obtener información del entorno mediante la ecolocalización (Miller *et al*., 2004; Johnson *et al*., 2004; Wisniwieska *et al*., 2012; Madsen *et al*., 2013).

El comportamiento de ecolocalización del calderón tropical es similar al descrito para el cachalote y los zifios de Cuvier y de Blainville (Miller *et al.*, 2004; Johnson *et al.,* 2004; Zimmer *et al.,* 2005; Aguilar de Soto *et al*., 2008). Los calderones realizan un proceso de búsqueda y discriminación del alimento en la que emiten largas series de chasquidos, seguida de una fase de aproximación a la presa y, finalmente, un intento de captura, caracterizado por la emisión de un zumbido (Aguilar de Soto, 2006; Aguilar de Soto *et al.,* 2008). Los zumbidos de los calderones, denominados en inglés "buzz" en delfines y zifios (Au, 1993*;* Johnson *et al.,* 2004; Aguilar de Soto *et al.,* 2008) y "creak" en la bibliografía de cachalotes (Miller *et al*., 2004; Watwood *et al*., 2006), son series de chasquidos emitidos en ráfagas, con un intervalo entre chasquidos ("ICI")

medio de 0.02 s (Aguilar de Soto, 2006), lo que permite a los animales obtener una imagen acústica con más resolución en los momentos previos a la captura de las presas (Johnson *et al.,* 2004; Madsen *et al.,* 2013) .

Se ha observado que los calderones reducen el ICI de las series regulares de chasquidos progresivamente al aumentar la profundidad durante los buceos, a medida que se acercan a la profundidad a la que emiten un zumbido (que puede utilizarse como estimador de la posición de la presa) (Aguilar de Soto, 2006). Esto parece ser una adaptación a la búsqueda de presas profundas, que están más lejanas al inicio del buceo y se van acercando al calderón, al llegar éste a cotas más profundas (Aguilar de Soto, 2006).

1.7.2. Comunicación acústica.

Se han llevado a cabo diferentes estudios acerca del comportamiento acústico de esta especie en el archipiélago canario (P. ej. Scheer, 2013), pero estos trabajos fueron realizados durante cortos encuentros con grupos de calderones en superficie, donde no se describieron apropiadamente las diferentes señales. Trabajos más recientes han utilizado marcas acústicas provistas de múltiples sensores, Dtags (Johnson & Tyack, 2003) para el estudio acústico de los calderones, pudiéndose constatar que esta especie usa señales pulsadas y tonales para comunicarse (Jensen *et al.,* 2011; Sayigh *et al.,* 2012; Marrero, 2015).

Marrero (2015) caracterizó el repertorio acústico del calderón tropical en las Islas Canarias. Este autor descubrió que durante sus contextos naturales de comportamiento, los calderones tropicales producen cinco tipos principales de vocalizaciones (además de los chasquidos regulares de ecolocalización): **zumbidos**, **rasps** (Fig. 1.6), y **llamadas de baja frecuencia** (“LFC”, de las siglas en inglés: Low Frequency Calls), **llamadas de media frecuencia** (“MFC”, de las siglas en inglés: Medium Frequency Calls) y **llamadas de dos componentes** (“TCC”, de las siglas en inglés: Two Component Calls) (Fig. 1.7).

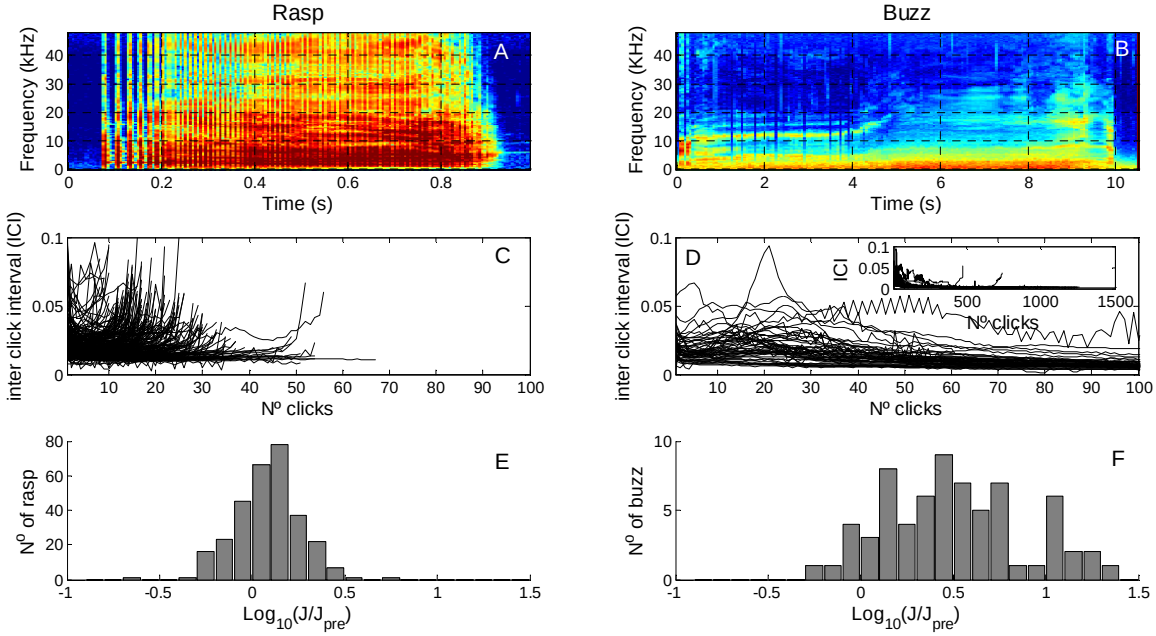


Figura 1.6. Características temporales y de contexto de emisión de rasps y zumbidos. (A) y (B) muestran los espectrogramas (Hamming, 1024 NFFT, 50% de solapamiento) de un rasp y un zumbido focal. (C) y (D) muestran la distribución del intervalo entre chasquidos (ICI) durante los 297 rasps y los 91 zumbidos focales analizados. El subgráfico en D) muestra esta variación para toda la duración de los zumbidos, ya que el eje de las x en el panel principal está ajustado para permitir la comparación con los rasps. (E) y (F): histogramas del logaritmo del ratio de la tasa de aceleración durante la producción de los raps y los zumbidos con respecto a periodos de igual duración seleccionados justo antes de la producción de cada señal (Marrero, 2015).

Los zumbidos se asocian a súbitos incrementos en la tasa de aceleración ("jerk") del animal que los produce. Estos cambios en la aceleración apoyan la hipótesis de que los zumbidos se asocian a los momentos previos a la captura de presas, de forma homóloga a como sucede en los murciélagos (Johnson *et al*., 2004; Madsen *et al*., 2005; Aguilar de Soto *et al*., 2008, 2012). Los rasps, aunque son estructuralmente similares a los zumbidos, son más cortos y sus chasquidos se producen a tasas más bajas de repetición que las de los zumbidos. Además, los rasps no se asocian a grandes cambios en la aceleración de los calderones, lo que sugiere que los rasps no están relacionados con procesos de ecolocalización en los momentos previos a la captura de presas (Marrero, 2015).

Las llamadas de esta especie fueron clasificadas atendiendo al valor umbral observado en la media de la frecuencia fundamental o de la primera "sideband", que separa entre los dos tipos de llamadas monofónicas (LFC y MFC, Fig. I.1.7). Inspecciones detalladas de las formas de onda y reproduciendo las grabaciones a 1/10

de su velocidad normal, revelaron que la mayoría de las llamadas de baja frecuencia parecen estar constituidas por pulsos emitidos a alta repetición (Marrero, 2015).

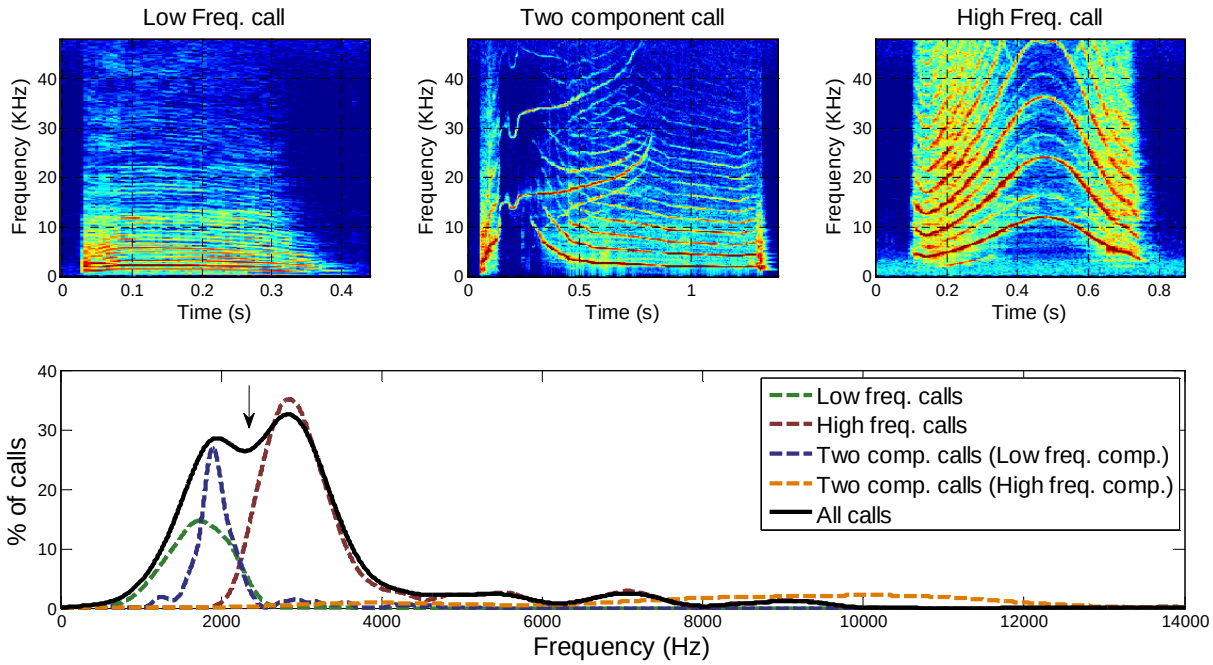


Figura 1.7. Tipos principales de llamadas producidas por el calderón tropical. Los paneles superiores muestran el espectrograma (Hamming, 1024 NFFT, 50% superposición) de una llamada de baja frecuencia, una llamada de dos componentes y una llamada de frecuencia media. El panel inferior muestra la distribución de la media de la frecuencia fundamental para todas las llamadas (all calls, línea continua negra) y para los distintos tipos de llamadas (líneas punteadas). El cambio en la pendiente a 2300 Hz (marcado con una flecha negra) fue utilizado para separar entre llamadas de baja frecuencia (LFC) y llamadas de alta frecuencia (HFC) (Marrero, 2015).

Un alto porcentaje de las llamadas de media frecuencia (46%) muestran gradaciones desde trenes de pulsos emitidos extremadamente rápido (frecuentemente al principio de la vocalización) hasta señales sinusoidales continuas de tipo tonal. Resultados similares ya habían sido observados previamente por Sayigh et al. (2012) en calderones tropicales de Bahamas. Esta gradación desde pulsos a tonos continuos parece confirmar la hipótesis de que la frecuencia fundamental de estas llamadas está formada por la vibración neumática de los labios de mono, como ha sido demostrado recientemente para los silbidos del delfín mular (Madsen *et al*., 2012). Esto contradice la hipótesis de Lilly (1962), que sostiene que la frecuencia fundamental de las señales tonales se genera por la resonancia de los sacos nasales. Un único mecanismo de producción acústica para los calderones tropicales explicaría la aparente continuidad que se observa entre chasquidos regulares, ráfagas de pulsos (zumbidos y rasps) y llamadas; fenómeno observado también en otros delfínidos (Murray *et al*., 1998).

Las llamadas de dos componentes de los calderones tropicales, poseen dos frecuencias fundamentales (con sus armónicos asociados) superpuestas en el tiempo, lo que sugiere que estos sonidos son producidos por la vibración simultánea de los dos pares de labios de mono, como parece ocurrir en otras especies de odontocetos como la orca (Tyson *et al*., 2007) de modo que cada uno de los componentes sería emitido por uno de los pares de labios fónicos.

1.7.3. Comunicación bajo los efectos de la presión.

Algunos estudios han descubierto que la producción de chasquidos de ecolocalización se mantiene durante la parte más profunda de los buceos, a pesar de que los odontocetos pueden descender hasta más de un kilómetro de profundidad (Madsen *et al*., 2002). Sin embargo, los cetáceos parecen necesitar reciclar aire más a menudo al aumentar la profundidad, cuando el volumen de aire disponible es menor (Wahlberg, 2002). Varios estudios han encontrado evidencias de que los sonidos de naturaleza tonal son más susceptibles de verse afectados al aumentar la presión hidrostática con la profundidad (P.ej. Ridway et al., 2001).

En calderones tropicales, Jensen y colaboradores (2011) descubrieron que tanto el contenido en energía como la duración de las llamadas tonales decrecían al aumentar la profundidad, lo que indica que existe una limitación biofísica en el aparato de fonación al reducirse el volumen de aire disponible. Marrero (2015) amplió este estudio para todos los tipos de sonidos con función comunicativa que produce esta especie, y descubrió que todos los tipos de llamadas muestran disminuciones tanto en el nivel de emisión como en su duración (Fig. 1.8).

Debido a que la tasa de producción de las llamadas aumenta durante la fase de ascenso de los buceos profundos del calderón tropical, se cree que este tipo de señales juegan papeles importantes para el restablecimiento del contacto entre los individuos que están buceando y los que permanecen en superficie (Jensen et al., 2011; Marrero, 2015). Sin embargo, la reducción de la duración de las llamadas con la profundidad limitaría el uso de sistemas de reconocimiento (ya sea a nivel de grupo o individual) en el calderón, ya que la corta duración de las llamadas profundas limita la modulación espectral de las mismas (Fig. 1.8). En condiciones de altos niveles de

ruido antropogénico, estas llamadas profundas son muy susceptibles al enmascaramiento, por lo que los calderones que estuvieran buceando pueden tener problemas para reencontrarse con sus grupos familiares en superficie (Marrero, 2015).

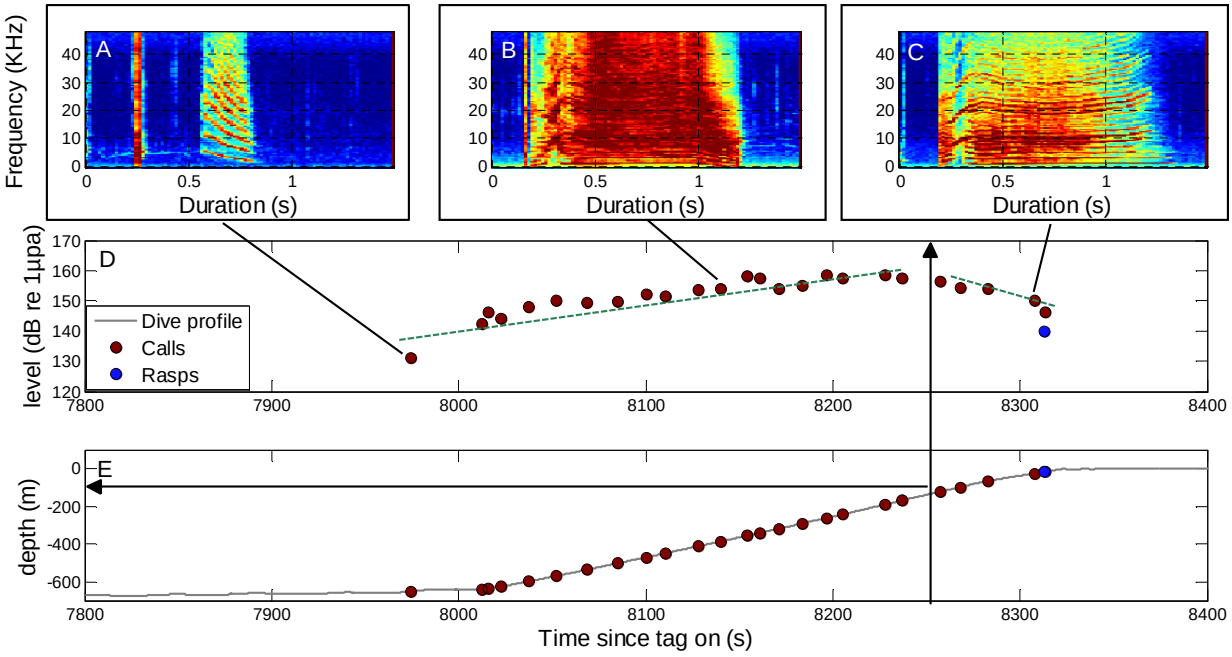


Figura 1.8. Detalle de un ascenso de un buceo profundo mostrando los cambios en nivel de las llamadas ("calls") y los rasps. (A) a (C) espectrogramas (Hamming, 1024 NFFT, 50% de superposición) de una llamada profunda (A), una llamada producida a mitad del ascenso (B) y una llamada producida en superficie (C). (D) variaciones en nivel de las llamadas y los rasps durante el ascenso. Las líneas punteadas de color verde representan las tendencias de: i) aumento general de nivel (desde 800 a los 20 m de profundidad) y ii-) disminución general de nivel (desde 20 m a superficie). (E) sección de la fase de ascenso de un buceo profundo de un calderón de aleta corta, mostrando los momentos de producción las llamadas y los rasps. Nótese el cambio en la tendencia general de aumento del nivel de las llamadas (marcado con flechas negras) a partir de 20 m de profundidad hasta superficie (Marrero, 2015).

Sin embargo, los rasps en el calderón no se ven limitados por la presión hidrostática (Marrero, 2015). Esto parece confirmar la hipótesis de que las señales constituidas por chasquidos no se ven afectadas por la profundidad y podría explicar los aumentos en las tasas de producción de rasps en calderones que se alimentan en capas mesopelágicas. Una posible explicación para la abundancia de rasps observados durante los buceos podría ser el de que estas señales sean utilizadas para mantener el contacto con animales lejanos, en condiciones en las que se requiere un mayor rango espacial de comunicación, o donde hay un alto nivel de ruido antropogénico (Marrero, 2015).

2. FACTORES DE RIESGO PARA LA CONSERVACIÓN DEL CALDERÓN TROPICAL EN LAS ISLAS CANARIAS.

2.1. Turismo de observación de cetáceos *("Whalewatching").*

Según Hoyt (2001), el avistamiento de cetáceos es uno de los mercados turísticos emergentes más exitosos, ya que ofrece a las comunidades locales considerables ingresos económicos y aporta importantes beneficios a la educación, investigación y conservación. La Comisión Ballenera Internacional (IWC) definió el turismo de observación de cetáceos o "Whalewatching" como: "*cualquier actividad comercial que proporciona al publico la posibilidad de ver cetáceos en su hábitat natural*" (Pág. 33 en IWC, 1994). Entendida de esta forma, la observación comercial de cetáceos es la actividad económica más importante relacionada con las ballenas, delfines y marsopas, siendo una actividad más lucrativa que la caza de ballenas (Parsons & Rawles, 2003). En 2009, esta industria produjo 1,7 billones de Euros y dio empleo a unas 13.000 personas en 119 países (O' Connor *et al.,* 2009; Cisneros-Montemayor, 2010), estimándose además, que unos 13 millones de turistas realizaron viajes para observar cetáceos en su hábitat natural.

En 2005, un subcomité de la IWC definió diferentes tipos de actividades de "Whalewatching". El tipo más invasivo de turismo de observación de cetáceos es aquel que incluye excursiones donde se ofrece a los turistas la posibilidad de nadar con los cetáceos salvajes, siendo una actividad de especial preocupación para la IWC, debido al riesgo potencial que existe tanto para los seres humanos como para los cetáceos (IWC, 2003). Otro tipo de actividad turística de alto impacto es la que incluye la alimentación de los cetáceos salvajes (conocida con el término anglosajón: "feeding"), existiendo de nuevo un alto riesgo tanto para la especie objetivo, como para los turistas implicados en la actividad (Orams, 1996; Sheer *et al.,* 2014).

La actividad profesional de observación de cetáceos en Canarias surge en el suroeste de Tenerife, debido a la presencia de cetáceos durante todo el año a escasa distancia de la costa, en un área donde predomina el buen tiempo y las aguas en calma. En la actualidad, el avistamiento de cetáceos en Canarias se realiza de forma comercial en diferentes zonas de las islas: Los Gigantes, Puerto Colón, Los Cristianos

y Las Galletas en la isla de Tenerife; Valle Gran Rey en la isla de la Gomera; Puerto Rico en la isla de Gran Canaria y Tazacorte en la isla de La Palma. Tenerife representa aproximadamente el 85% del total de la actividad de observación de cetáceos que se oferta en Canarias (Mohamed, 2013), siendo Puerto Colón el que concentra la mayoría de la oferta, seguido de Los Cristianos, Los Gigantes, Playa San Juan y Las Galletas (Plasencia *et al.,* 2001; Vallejo & Tabraue, 2007. La capacidad total del pasaje para el año 2004 fue de 2560 plazas. En general, las excursiones son de corta duración, económicas y se realizan varias salidas al día, siendo la observación de cetáceos una actividad complementaria dentro de un paquete donde se ofertan diferentes actividades (O'Connor *et al*., 2009). De 1991 a 1996, esta actividad pasó de los 40.000 a los 700.000 visitantes en Tenerife y supuso una recaudación de ingresos directos de unos 12.000.000 € (Urquiola, 1999).

Hay que considerar que la observación de los cetáceos no es en sí misma una actividad negativa o perjudicial, pudiendo desempeñar importantes labores de educación, conservación y sensibilización medioambiental. Sin embargo, el número de embarcaciones que realizan esta actividad (37 embarcaciones autorizadas para Tenerife en 2015 según los datos oficiales del Gobierno de Canarias), pueden provocar problemas de conservación sobre las especies de cetáceos de la zona, especialmente sobre el calderón tropical. Además, la situación de la actividad en Tenerife se agrava debido a la competencia desleal de numerosas embarcaciones que realizan estas actividades de manera furtiva. Esto provoca que surjan problemas de conservación de las especies y el hábitat como consecuencia de las molestias y daños que causa la masificación de la actividad (Mohamed, 2013).

La investigación de diferentes especies de mamíferos expuestos a la actividad turística muestra que los animales acaban habituándose o tolerando la presencia humana; es el caso por ejemplo de los chimpancés (*Pan troglodytes*) (Johns, 1996) o la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) (Jones & Swartz, 1984). Sin embargo, si los animales perciben la actividad turística como una situación de amenaza, se vuelven más sensibles a la presencia humana en la zona; es el caso por ejemplo del gorila (*Gorilla gorilla beringei*) (Fossey, 1972) o el delfín mular (*Tursiops truncatus*) (Constantine, 2001). Multitud de estudios han registrado cambios en el comportamiento de los cetáceos debido a la presencia de embarcaciones. Estos cambios en el comportamiento incluyen alteraciones en los patrones de alimentación o

de descanso, en el comportamiento de natación o acústico (Janik & Thompson, 1996); Buckstaff, 2004; Foote *et al*., 2004; Williams & Ashe, 2007; Lusseau *et al.,* 2009; Visser *et al*., 2011), así como cambios en la dirección de desplazamiento, el tamaño o la coordinación del grupo (Mattson *et al.,* 2005; Bejder *et al.,* 2006). Resulta complicado determinar los efectos negativos a largo plazo que suponen estos cambios en el comportamiento de los animales. Algunos autores han sugerido que estos cambios en el comportamiento provocan que los animales se vean forzados a incrementar el gasto energético de actividades básicas para su supervivencia, o que resulte en aumentos de los niveles de estrés crónico, los cuales pueden tener efectos negativos en la salud de los cetáceos (Orams, 2004). También se ha sugerido que las disrupciones continuadas en el comportamiento natural de especies como el delfín mular (*Tursiops truncatus*), pueden llevar a la disminución en la tasa de reproducción (Bejder *et al.,* 2006). Algunos estudios muestran que el "whalewatching" produce alteraciones en patrones de comportamiento esenciales, como la alimentación o el descanso, lo cual puede reducir el "fitness" de la población a largo plazo, especialmente en situaciones donde la exposición a la actividad es repetitiva (Allen & Read, 2000; Williams *et al.,* 2006; Visser *et al.,* 2011). Asimismo, el impacto de las embarcaciones de "whalewatching" sobre los cetáceos ha sido relacionado con el abandono temporal o permanente de las áreas de distribución original (P. Ej. Lusseau, 2005), lo que provoca que los animales se desplacen a territorios menos óptimos, donde puede existir mayor riesgo de depredación o ser más difícil acceder a las presas (Revisado en Parsons, 2012).

2.2. Interacciones con pesquerías.

La interacción entre los cetáceos y el sector pesquero se remonta a la antigüedad, existiendo fundamentalmente tres tipos de interacción:

i-) Pesca dirigida sobre especies de cetáceos. El calderón tropical ha sido históricamente capturado para su consumo en Japón, donde pequeños barcos balleneros capturaban una media anual de 392 calderones al año desde 1948 a 1980. En el periodo de 1985 a 1989, se calcula que Japón capturó un total de 2.326 calderones tropicales (Kasuya & Marsh, 1984). La captura de calderones en Japón continúa en la actualidad, principalmente en la famosa localidad de Taiji (http://savejapandolphins.org/blog/post/15-pilot-whales-slaughtered-in-the-cove). En

Canarias hubo intentos de potenciar y desarrollar la industria ballenera durante la segunda mitad del siglo XVIII, sin embargo nunca llego a dar los beneficios deseados y todo se redujo a herir a varias ballenas y capturar alguna crías (Pérez, 2011).

ii-) Capturas accidentales o bycatch. Las capturas accidentales de cetáceos por diversos tipos de pesquerías constituyen una problemática mundial, aunque el alcance global de esta problemática se desconoce, ya que muchos países no registran su incidencia. En la costa Noreste de EE.UU. varios estudios han demostrado que el número de calderones capturados en las diferentes artes de pesca varía mucho de un año a otro, pero que en general está por encima del 10% del nivel de "Extracción Biológica Potencial" (EBP) (NOAA 2010). En el periodo de 2004 a 2008, la mortalidad anual causada por diversas pesquerías en la costa Noreste de EE.UU fue de 176 calderones, correspondiendo al 29% de la EBP calculada para este área (NOAA 2010). La mayor parte de la mortalidad registrada se debe a capturas accidentales en los palangreros pelágicos, arrastreros de superficie y pesquerías de fondo, siendo estas capturas más probables en áreas de mayor densidad de calderones, donde estos pesqueros suelen faenar (Northridge, 1991). En un seminario para revisar la mortalidad de cetáceos en las pesquerías se estimó que en Japón la mortalidad del calderón tropical debido a las capturas accidentales rondaba los 350-750 ejemplares al año (Perrin *et al.,* 1994).

No existen datos oficiales acerca del número de cetáceos que se capturan accidentalmente en Canarias, pero el estudio anatomopatológico de ejemplares varados revela que un 13,8% de las especies de cetáceos presentan lesiones y síntomas inequívocos de la interacción con pescadores o con las artes de pesca (Arbelo *et al*., 2013). Aunque en el estudio de Arbelo y colaboradores no se registraron casos de interacciones entre calderones tropicales y actividades antropogénicas, otros estudios han registrado el varamiento de individuos de esta especie con politraumatismos generalizados y enredados en redes de pesca (Carrillo & Tejedor 2002).

iii-) Depredación por parte de los cetáceos de las especies capturadas por los pescadores. El desarrollo de la tecnología pesquera ha venido acompañado del aumento de interacciones donde los cetáceos se acercan a los aparejos para depredar sobre las capturas. Así, en los años ochenta se consideraba a los cetáceos como una especie parasitaria de las comunidades de pescadores (Revisado en Bearzi, 2002).

Este tipo de interacción competitiva por los recursos pesqueros, provoca que los pescadores tomen medidas encaminadas a reducir este tipo de incidencias en diversas zonas pesqueras. En el Mediterráneo durante los años 50, se consideraba como práctica habitual matar a los delfines, siendo una iniciativa apoyada por las administraciones que ofrecían recompensas monetarias. Esto provocó, junto con otros factores, que la población mediterránea de delfín mular haya disminuido alrededor de un 30% en los últimos 60 años (Bearzi *et al.,* 2009). Aunque la mayoría de los países en la actualidad consideran ilegal acosar y dañar a los cetáceos, y este tipo de prácticas no son bien vista en por los pescadores modernos, este tipo de prácticas siguen produciéndose de forma ocasional por algunos pescadores (Bearzi, 2002; Bearzi *et al.,* 2002).

En Canarias, este tipo de interacción parece producirse de forma habitual en la pesca artesanal de altura o pesca del alto, siendo el delfín mular (27% de las interacciones) y el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*) (55% de las interacciones) las especies de cetáceos implicadas (Morales *et al.*, 2015). No se tiene registro de depredación por parte de calderones tropicales en ninguno de los artes pesqueros de Canarias, aunque se han observado de forma ocasional calderones persiguiendo bancos de atunes en zonas localizadas de las islas, por lo que no se descarta que exista interacción.

2.3. Tráfico marítimo y colisiones.

En general, existen pocos datos acerca de la distribución global de las colisiones entre cetáceos y embarcaciones, aunque han sido identificados puntos calientes, donde coinciden un nivel alto de tráfico marítimo y una alta densidad de cetáceos (Aguilar *et al.,* 2000; André *et al*., 2000; Pesante *et al.,* 2002).

La situación de Canarias como región ultraperiférica de la Unión Europea, provoca que el tráfico marítimo sea un factor determinante del desarrollo económico y social. Según los últimos datos del Instituto Canario de Estadística (ISTAC), unos 5.150.929 de pasajeros al año eligen el barco como medio de transporte y pasan por los puertos de Canarias, una media anual de 29.772 buques mercantes. La red de varamientos de Canarias registró un total de 59 animales con signos de colisión (10,6% del total de animales varados) desde 1991 hasta 2007, siendo el calderón

tropical, con seis animales, una de las especies que más mortandad presenta por esta causa (Carrillo & Ritter, 2010). A partir de 1999 se produjo un incremento significativo en la velocidad de los ferries para el transporte de pasajeros y vehículos, y en el número de trayectos interinsulares. Esto se tradujo en un alarmante aumento de los casos de varamiento de cetáceos con signos inequívocos de haber colisionado con embarcaciones (Aguilar *et al.,* 2000; Carrillo & Ritter, 2010). Otros barcos de menor tamaño también pueden producir colisiones, y en este aspecto es preocupante el alto número de barcos recreativos de alta velocidad en la ZEC Suroeste de Tenerife.

Figura 1.9. Fotografías de un calderón tropical en el sur de Tenerife con evidentes signos de colisión (Fotos de Joaquín Gutiérrez).

2.4. Contaminación acústica producida por embarcaciones.

El avance tecnológico que supuso la incorporación del motor a la industria naval en el siglo XIX, supuso un aumento en la autonomía de los buques y un incremento paulatino de la velocidad de los mismos. Desde entonces, el tráfico marítimo mundial no ha hecho más que aumentar, siendo la marina mercante un factor fundamental en el desarrollo económico de los países. Los avances tecnológicos han propiciado también el incremento del transporte marítimo de pasajeros, especialmente el de alta velocidad y el aumento masivo de las actividades náuticas de recreo. Todas estas actividades suponen una fuente importante de contaminación acústica para la fauna marina. Se considera el tráfico marino como la mayor fuente de ruido antrópico en el mar, lo que ha provocado que se incrementen los niveles basales de ruido ambiente en los océanos unos 15 dB (en frecuencias bajas <100Hz) (Ross, 1993;

Richardson et al., 1995; Mazzuca, 2001; Andrew *et al*., 2002). En general, los niveles acústicos generados por una embarcación aumentan con el tamaño, la velocidad de desplazamiento y la edad del barco, siendo el fenómeno conocido como cavitación el que provoca la mayor parte del ruido provocado por un barco que se desplaza a velocidades superiores a 10 nudos (Revisado en Aguilar de Soto *et al.* 2012). El fenómeno de la cavitación provoca que se generen ruidos de medias-altas frecuencias (Revisado en Aguilar de Soto *et al.* 2012), que interfieren con las vocalizaciones que producen diversas especies de cetáceos odontocetos, produciéndose el enmascaramiento de las señales (P. ej. Jensen *et al.,* 2009). Los odontocetos son especialmente sensibles al ruido submarino, ya que dependen del sonido para la realización de funciones como son la alimentación o la comunicación (Richardson *et al.,* 1995). El ruido submarino puede provocar que los animales sean incapaces de comunicarse (pudiendo incluir situaciones de importancia biológica como puede ser el cortejo) o que se vean obligados a incrementar el volumen de sus vocalizaciones, con el costo energético que esto les supone (P. ej. Foote *et al.,* 2004).

3. ESTUDIO DEL CALDERÓN TROPICAL UTILIZANDO TÉCNICAS DE FOTOIDENTIFICACIÓN. ABUNDANCIA Y ESTRUCTURA SOCIAL.

Uno de los métodos utilizados habitualmente para estimar el tamaño de las poblaciones en un área determinada es el de captura-recaptura (Begon, 1979; Seber, 1982). Este método se basa en la captura de individuos, marcaje, liberación y muestreos posteriores para ver qué fracción de los individuos de la población llevan marcas. Además de permitir estimar el tamaño de la población, este método permite estudiar otras características como son: el crecimiento, la supervivencia, la migración, etc.

Aplicado al estudio de cetáceos, se realiza la “captura fotográfica” de individuos de la población durante una campaña de muestreo y se comparan esas fotografías con las tomadas en campañas posteriores. Esta técnica, denominada Fotoidentificación o Fotoid, permite el reconocimiento de distintos individuos de la población atendiendo a diferencias individuales en las marcas naturales del cuerpo,

patrones de coloración, morfología de la aleta dorsal, cicatrices, heridas o muescas (Hammond, 1990).

Dependiendo de la especie objetivo, se concentra el esfuerzo fotográfico en zonas particulares del cuerpo de los animales, de forma que podemos determinar unas directrices básicas a seguir para la fotoidentificación de las distintas especies: Así, en el caso del calderón tropical, se utiliza para el reconocimiento la forma y las muescas de la aleta dorsal, siendo importante tomar las fotografías lo más perpendicularmente posible al animal (preferiblemente siempre de un lado) (http://www.gobiernodecanarias.org/opencmsweb/export/sites/medioambiente/piac/galerias/descargas/Documentos/Biodiversidad/Cetaceos/Curso/Tema-14-Metodologia-de-investigacion-de-cetaceos.pdf). Se usan también otras marcas como cicatrices peculiares del cuerpo y es importante sacar fotografías de cuerpo entero en el caso de crías para ver si presentan marcas fetales (http://www.gobiernodecanarias.org/opencmsweb/export/sites/medioambiente/piac/galerias/descargas/Documentos/Biodiversidad/Cetaceos/Curso/Tema-14-Metodologia-de-investigacion-de-cetaceos.pdf).

3.1. Estima de la abundancia utilizando técnicas de fotoid de cetáceos.

Cuando se cumplen las condiciones del método las técnicas de captura-recaptura ofrecen una estima del tamaño poblacional más precisa que las llevadas a cabo por transectos lineales. Sin embargo, se suelen cometer errores debido a: (i) heterogeneidad en la probabilidad de capturar un animal, debido a que se realiza mucho esfuerzo fotográfico en individuos muy marcados, o sobre individuos que se acercan más a la embarcación. (ii) Pérdida de marcas, debido al uso indiscriminado de marcas no permanentes o periodos entre los muestreos inapropiados (Hammond, 1990). Las violaciones de las condiciones para aplicar estos modelos conllevan la utilización de métodos de análisis menos precisos y en el peor de los casos, si son ignoradas, los resultados y conclusiones que podemos sacar de ellos pueden estar muy sesgados (Hammond, 1990).

Existen diferentes paquetes de software para el análisis de los datos utilizando las técnicas de captura-recaptura. Uno de los más utilizados es el programa **MARK**

(White & Burnham 1999): http://www.phidot.org/software/mark/. Esta herramienta informática tiene la ventaja sobre otros paquetes de software de que permite analizar las bases de datos de fotoid utilizando una amplia variedad de modelos analíticos diferentes y usando diferentes niveles de complejidad, permitiendo a su vez comprobar la bondad del ajuste para cada uno de esos modelos.

En general pueden considerarse dos situaciones diferentes a la hora de analizar un conjunto de datos de una población dada: que la **población** sea **cerrada** o que, por el contrario, se trate de una **población abierta**. Los modelos para la estima de poblaciones cerradas (Revisado en Bailey, 1951; Hammond, 1990) se aplican cuando la población de estudio no sufre grandes cambios durante el periodo de estudio; es decir, cuando no existen grandes variaciones debido a nacimientos, o grandes mortandades porque el periodo de estudio es corto en el tiempo. También se aplica cuando se considera que existe poco flujo de inmigración y emigración. En el caso de que existen grandes cambios en la población o para el caso de estudios a largo plazo, se utilizan los modelos de población abierta (Revisado en Bailey, 1951; Hammond, 1990).

3.2. Análisis de la estructura social de cetáceos.

Los mamíferos marinos han desarrollado una gran variedad de sistemas sociales diferentes, entendiendo como sistema social las interacciones o asociaciones que se dan entre individuos (Whitehead, 1997). Estos sistemas sociales pueden tener estructuras fluidas, con la entrada y salida de diferentes individuos a lo largo del tiempo o caracterizarse por una estructura cerrada y estable, con poco intercambio de individuos. Por ejemplo, el sistema social del delfín mular (*Tursiops truncatus*) es de tipo fusión-fisión, en donde las asociaciones son fluidas y varían en función de la edad o el género de los animales (Connor *et al.*, 2000). Las orcas (*Orcinus orca*) por el contrario pasan la mayor parte de su vida en grupos cerrados, creando grupos matrilineales, en donde miembros estrechamente emparentados forman grupos familiares y sólo abandonan el grupo en momentos puntuales para procesos de reproducción con otros grupos (Bigg *et al*., 1990; Barret-Lennard, 2000).

En la actualidad, para analizar la estructura social de los cetáceos se utilizan test de permutaciones (Whitehead & Dufault, 1999). Éstos permiten comprobar si las asociaciones entre los distintos individuos fotoidentificados son diferentes a las que se

esperarían de su asociación al azar. Para calcular la fuerza de las relaciones sociales entre los individuos de un grupo (que presuponemos es un "grupo social") se usan dos índices de frecuencia de co-ocurrencia: "half-weight association index" (Bejder *et al.*, 1998), y el "simple ratio association index" (Ginsberg & Young, 1992). Estos índices nos dan una idea del porcentaje de tiempo que dos individuos son vistos juntos a partir de una matriz de datos simétrica. Un valor de 0 significa que dos individuos no aparecen nunca juntos y un valor de 1 que los dos animales aparecen siempre asociados. Si las relaciones calculadas mediante un diagrama de redes sociales ("Social network diagram") son similares entre los dos índices, se suele usar el "half-weigth association index", ya que es más robusto al error provocado por la no identificación de todos los individuos de una asociación. Seguidamente, y para poder visualizar los patrones de asociación, se realiza un análisis de cluster.

Se utiliza entonces el "Lagged Association Rate" (LAR), que nos da una idea de la probabilidad de que si dos individuos son vistos juntos en un tiempo T_0 lo sean también en un tiempo T_0+t (Whitehead, 1997; Whitehead *et al.*, 2000). El análisis de los patrones de asociación permite determinar la estructura de la población en función del LAR obtenido, a partir de modelos simulados utilizando el programa **SOCPROG** (Whitehead, 2009). Para estimar el error asociado a estos modelos se suele utilizar el método "jackknife" (Efron & Goong, 1983). El modelo que mejor se ajusta a los datos suele ser aquel que minimiza el Criterio de Información de Akaie o el Quasi Criterio de Información de Akaike (Whitehead, 1997; Whitehead *et al.*, 2000).

4. ESTUDIO DE LA ECOLOGÍA TRÓFICA DEL CALDERÓN TROPICAL UTILIZANDO BIOPSIAS.

Evaluar la dieta, preferencias de presas y el nicho trófico de una especie es fundamental para comprender su papel dentro de las cadenas tróficas y del funcionamiento general del ecosistema donde se desenvuelve (P. ej. Schoener, 1971; Paine, 1980). Para carnívoros terrestres, como pueden ser los lobos (*Canis lupus*) o los leones (*Panthera leo*), la dieta puede estimarse gracias a la observación directa de los hábitos de alimentación de estas especies. Sin embargo, para muchas especies de carnívoros, entre las que se encuentran los cetáceos, la observación directa de la

alimentación rara vez es posible, por lo que se debe recurrir a métodos indirectos para estimar la dieta (Revisado en Santos *et al.*, 2001; Iverson *et al.*, 2004).

Los métodos tradicionales de estudio de la dieta de cetáceos se basan en la recolección e identificación de estructuras resistentes a la digestión de presas, ya sea mediante el análisis de las heces o de los contenidos estomacales (Pierce *et al.*, 1991). Aunque gran parte de los conocimientos que se poseen en la actualidad acerca de la dieta de diferentes especies de cetáceos deriva del empleo de estos métodos, estas estimas pueden estar sesgadas (P. ej. Jobling & Breiby, 1986). La mayoría de los tejidos blandos de las presas son extremadamente difíciles de identificar debido a la descomposición durante la digestión y los diferentes tiempos de digestión de los diferentes tipos de presas pueden afectar de forma notoria los resultados. Así por ejemplo, las estimas de dieta utilizando los picos de los cefalópodos, que pueden permanecer en los estómagos por varios meses (Clarke & MacLeod, 1974), puede resultar en una sobreestimación de la abundancia relativa de cefalópodos con respecto a otro tipo de presas como pueden ser los peces. Además, hay que tener en cuenta que los animales que varan en las costas lo suelen hacer con el estómago vacío y suelen presentar patologías, lo que podría no permitirles capturar sus presas habituales y por tanto darnos una idea equivocada de su tipo de dieta (Pierce *et al.*, 2004). Asimismo, los contenidos estomacales, en el mejor de los casos, nos darán una idea de las presas consumidas en los últimos días u horas que preceden a la muerte del animal, dependiendo de qué partes de las presas sean más o menos resistentes a la digestión (Pierce *et al.*, 2004).

4.1. Análisis de la relación de isótopos estables de Carbono y Nitrógeno.

Estas limitaciones en los métodos tradicionales de determinación de la dieta han propiciado el desarrollo de técnicas alternativas basadas por ejemplo en los análisis de la relación entre los isótopos estables de carbono ($^{13}C/^{12}C$) y nitrógeno ($^{15}N/^{14}N$) en los tejidos de los depredadores. Esta técnica se basa en que debido al efecto de fragmentación isotópica, por procesos de excreción y asimilación diferencial entre el isótopo ligero y pesado, tanto de nitrógeno como de carbono, se produce un enriquecimiento de la fracción pesada frente a la ligera por cada aumento de nivel

trófico, lo que representa un salto de un 1‰ de δ ^{13}C y de un 3‰ de $\delta^{15}N$ entre niveles. Una de las ventajas del análisis de isótopos estables respecto a las técnicas tradicionales, es su potencial para darnos una visión integradora de la dieta del animal durante un periodo de tiempo más o menos amplio de la vida del animal y no una imagen instantánea de la dieta correspondiente a un corto periodo de tiempo, como lo hace por ejemplo el estudio de contenidos estomacales. El tiempo integrado de la dieta estudiado depende de la vida media de los isótopos estables seleccionados para su análisis y de la tasa de renovación de los mismos en los diferentes tejidos analizados del animal, los cuales pueden variar entre semanas hasta años (Abend & Smith, 1995). Por ejemplo, los isótopos estables analizados sobre muestras de piel de cetáceos aportan información sobre la dieta del animal de un periodo de tiempo comprendido entre 1 y 3 meses (Abend & Smith, 1995; Browning *et al.,* 2014; Hicks *et al.,* 1985), mientras que el análisis de contenidos estomacales provee información de un periodo de tiempo de unos pocos días (Pierce & Boyle, 1991).

El análisis de isótopos estables es una técnica útil para estudiar la selección de hábitat o nicho trófico de las especies en su medio natural. De esta manera la abundancia relativa de $^{13}C/^{12}C$, expresada como $\delta^{13}C$, puede ser utilizada para discriminar entre cadenas tróficas de origen oceánico o bien de origen costero (Newsome *et al.*, 2010). Por otra parte el análisis de la abundancia relativa del isótopo $^{15}N/^{14}N$, expresado como $\delta^{15}N$ nos aporta información sobre las relaciones tróficas, es decir, relaciones de presa/depredador a través de la cadena trófica desde los productores primarios hasta los depredadores cúspide. Así también, los isótopos estables pueden aportar información a nivel cuantitativo de las presas consumidas por una determinada especie depredadora. Esto es debido al hecho de que un depredador utiliza para la síntesis de sus tejidos preferentemente los isótopos pesados (estables), como por ejemplo el ^{15}N y el ^{13}C (Owens, 1987), lo que conlleva a un enriquecimiento de estos isótopos en los tejidos del depredador respecto a los tejidos de la presa consumida. Además de este efecto, el análisis de dieta a partir de los isótopos estables asume que la composición de isótopos estables del depredador es una mezcla de los isótopos estables que ha ingerido formando parte de sus presas y modificada por un determinado fraccionamiento isotópico. Esta diferencia entre el perfil isotópico de la presa y la del depredador, se conoce como Factor de Fraccionamiento Isotópico o Factor de Enriquecimiento Trófico, más conocido por sus siglas en ingles TEF (“Trophic Enrichment Factors”) y es consecuencia última de los diferentes

procesos metabólicos y fisiológicos del depredador (Newsome *et al*., 2010). Una misma especie de depredador puede tener más de un TEF para cada uno de los isótopos estables ingeridos, esta variación de los TEF se debe principalmente a tres causas: i) la especie analizada; ii) el tejido analizado; iii) el estado nutricional y la tasa de crecimiento en la que se encuentre el depredador (Hobson *et al.,* 1996; Browning *et al.,* 2014; Vanderklift & Ponsard, 2003).

Para realizar modelos de dieta precisos basados en la mezcla isotópica de presas y depredador, es un requerimiento importante conocer previamente los TEF, para lo diferentes isótopos utilizados para construir el modelo.

4.2. Análisis de perfiles de ácidos grasos.

Un tercer método para la determinación de la dieta es el desarrollado por Iverson (1993), basado en el análisis cuantitativo de los perfiles de ácidos grasos (Q-FASA) (Iverson, 1993; Iverson *et al.,* 2004). En los cetáceos, los ácidos grasos pasan intactos al torrente sanguíneo durante la digestión, acumulándose en las reservas de grasa subcutánea y movilizándose para su empleo según los requerimientos de los animales en cada momento. Debido a ello, el análisis de los perfiles de ácidos grasos es una poderosa herramienta en estudios sobre ecología trófica de los cetáceos (Iverson *et al.,* 2004). Combinando la información obtenida de los perfiles de ácidos grasos de presas potenciales con el del depredador, se puede modelar y cuantificar la dieta de este último. Utilizando esta metodología, se ha estudiado la dieta de diferentes especies de mamíferos marinos como puede ser la beluga (*D. leucas*) (Dahl *et al*., 2000), el zifio boreal (*Hyperoodon ampullatus*) (Hooker *et al*., 2001) o la foca común (*Phoca vitulina*) (Nordstrom *et al*., 2008), entre otros (Bradshaw *et al.,* 2003; Budge *et al.,* 2006, 2007).

Además, las diferencias en los perfiles de ácidos grasos pueden utilizarse para determinar cambios en la dieta a lo largo del tiempo, o entre poblaciones de una misma especie (Iverson *et al.,* 2004). Así por ejemplo, Walton y Pomeroy (2003) pudieron diferenciar entre dos stocks ecológicos de foca gris (*Halichoerus grypus*) utilizando análisis de ácidos grasos, incluso cuando el análisis de ADN mitocondrial no reveló diferencias.

5. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD DE LA POBLACIÓN. INDICADORES COMPORTAMENTALES Y FISIOLÓGICOS DEL ESTRÉS.

El "bienestar animal" es un concepto ambiguo, sobre el que confluyen diferentes planteamientos defendidos por colectivos y organizaciones diversas. De forma general, el "bienestar animal" se puede definir como el estado de salud física y mental en el cual los individuos están en armonía con el medio (Hughes, 1976; Broom, 1986). Sin embargo, el estado en que se encuentra un individuo es muy variable, y el reconocimiento de ese estado en un momento dado puede ser muy complejo y, en muchos casos, en absoluto evidente. Existe unanimidad al considerar la ausencia de indicadores de dolor, sufrimiento o enfermedad, como los indicadores más claros y directos del bienestar (P. ej. Morton & Griffiths, 1985; Bateson, 1991; Broom & Johnson, 1993). Por ejemplo, un tipo de comportamiento que indica un estado severo de malestar, son los denominados "comportamientos deletéreos", cuyos ejemplos más graves llevan asociados automutilaciones y conllevan la aparición de diferentes cuadros clínicos más o menos graves, pudiendo llegar a la muerte (Broom, 1991; Fraser & Broom, 1997).

Además de los signos inequívocos de dolor o malestar, existen otras formas de sufrimiento menos agudas, pero que a largo plazo, pueden conducir a la reducción de la eficacia biológica, la aparición de enfermedades e incluso a la muerte. De esta forma, utilizar parámetros fisiológicos relacionados con formas de sufrimiento menos agudas, permiten valorar el estado del animal sin tener que esperar al fatal desenlace (Revisado en Carranza, 1994).

El término estrés fue introducido por el fisiólogo Cannon (1929) y más tarde desarrollado por Selye a principios del siglo veinte (Selye, 1950; 1973), quien estudio el conjunto de cambios fisiológicos y neurofisiológicos ("Síndrome general de adaptación", GAS) debidos a diferentes estímulos externos o internos a los que denominó estresores. El estrés es una reacción adaptativa del organismo ante una situación amenazante o de demanda incrementada, que conlleva cambios en el comportamiento y la fisiología del animal (Selye, 1973; Stott, 1981; Frisancho, 1993; Stratakis *et al*., 1995).

5.1. Comportamientos como factor indicativo de estrés en cetáceos.

Existen multitud de ejemplos de cambios en el comportamiento de cetáceos, asociados a la presencia de embarcaciones, que se han sugerido como indicadores de malestar o reacciones al estrés. Por ejemplo: cambios en los patrones de natación y buceo, despliegues de comportamiento como puede ser dar golpes con la cola ("Tail slapping"), cambios en el comportamiento acústico, cambios en la cohesión del grupo, cambios en la velocidad de natación, cambios en la dirección de natación o alteraciones de los periodos de alimentación o descanso (Revisado en Parsons, 2012). Hay que considerar sin embargo que algunos de los comportamientos que han sido utilizados clásicamente como indicadores de estrés deben tratarse con precaución, ya que un comportamiento específico puede atribuirse a muchos factores diferentes (Stott, 1981). Además, diversos estudios han probado que, en ocasiones, los animales más vulnerables de un grupo no reaccionan o huyen de un factor estresor dado, posiblemente debido a que carecen de los plus energéticos para hacerlo (P. ej. Beale & Monaghan, 2004a, 2004b). Es por ello que cada indicador de estrés ha de ser evaluado críticamente, siendo necesario en la mayoría de los casos la utilización de un enfoque integrado, utilizando tanto observaciones sobre el comportamiento del animal como análisis sobre su estado fisiológico (P. ej. Stott, 1981).

5.2. El cortisol como factor indicativo de estrés.

El cortisol es un glucocorticoide que se libera en la corteza adrenal como respuesta al estrés o en condiciones de bajo nivel de glucocorticoides en la sangre. La secreción de cortisol está controlada por el hipotálamo y gobernada por el ritmo circadiano de la hormona adrenocorticotropa (ACTH). De esta forma, los niveles de cortisol en sangre varían a lo largo de un día, aumentando significativamente justo por la mañana, fenómeno conocido como "CAR" (del inglés "Cortisol awakening response"), y decreciendo paulatinamente según va transcurriendo día (Revisado en Clow *et al.,* 2004 y Fries *et al.,* 2009). Prácticamente todos los tejidos poseen receptores para el cortisol, por lo que posee numerosas funciones, como son: inducción de la movilización de energía, incrementar la tasa de perfusión cerebral y el uso local de glucosa, mejorar la respuesta cardiovascular y respiratoria, redistribución del flujo sanguíneo, incrementar la movilización y utilización de energía en el cerebro y los músculos, o modulación del sistema inmune (P. ej. McEwen & Seeman, 1999).

Las respuestas fisiológicas no son simples ni constantes, sino que dependen de la intensidad del estímulo y de la experiencia del animal, de forma que los niveles hormonales aumentan en situaciones donde se requiere un esfuerzo extra y que no son necesariamente adversas, como pueden ser el cortejo, el apareamiento o la captura de presas (Fraser & Broom, 1997). Se consideran distintas fases en la reacción de un animal hacía un estresor: 1-) **Fase de reacción de alarma**, donde se prepara al organismo para una acción rápida y que se caracteriza fisiológicamente por la liberación de Adrenalina y noradrenalina. 2-) **Fase de estado de emergencia o resistencia**, que sucede cuando la fuente de conflicto no desaparece y se caracteriza por la producción de ACTH y la consiguiente liberación de glucocorticoides y mineralocorticoides, que actúan manteniendo altos los niveles de energía. 3-) **Fase de agotamiento** ("estrés malo o crónico"), donde los mecanismos reguladores comienzan a fallar, debido al mantenimiento del agente estresor, y la actividad del Tiroides y otras glándulas decae, aunque se mantienen la actividad de la glándula adrenal. El Timo se atrofia, por lo que disminuye la eficacia del sistema inmune y se producen cambios degenerativos, como la aparición de ulceras gástricas, disminuyendo de forma generalizada la eficacia biológica (Seley, 1950; Revisado en Carranza, 1994).

El "estado de un animal" (estado conductual, fisiológico y neuroendocrino), está determinado por su historia individual y determina la reactividad de un individuo a distintos desafíos, así como su susceptibilidad a las enfermedades relacionadas con el estrés (Cohen & Williamson, 1991; Revisado en Biondi & Zannino, 1997). La acción inmunosupresora de los altos niveles de corticosteroides en el plasma, provocada por el estrés crónico, aumenta la vulnerabilidad del individuo ante enfermedades infecciosas (Cohen & Williamson, 1991; Biondi & Zannino, 1997). Así, un estresor grave no es por lo general un patógeno en sí mismo, sino que aumenta en gran medida la vulnerabilidad de los procesos patogénicos (Cohen & Williamson, 1991; Biondi & Zannino, 1997), causando efectos negativos importantes en la supervivencia de los individuos o en su capacidad reproductiva (Ferin, 1999; Sheriff *et al*., 2009) pudiendo afectar a la viabilidad de las poblaciones.

Los niveles de glucocorticoides (GC) se determinan de forma usual mediante análisis de muestras de sangre (P. ej. Sheriff *et al.,* 2011), siendo uno de los factores que condicionan su uso en la investigación de cetáceos en libertad. La obtención de

muestras de sangre en animales salvajes se restringe a las pocas situaciones donde los animales pueden ser capturados, siendo complicado discernir si los niveles de GC observados se deben al estresor de interés o al estrés que se provoca al animal durante su captura (Romero & Reed, 2005). En los cetáceos, el cortisol difunde por los capilares hacia los tejidos grasos y acaba acumulándose en el panículo adiposo (En inglés “blubber”), encontrándose en mayores cantidades que en la sangre (Kellar *et al.,* 2015). Aunque se desconoce la tasa de renovación del cortisol en el “blubber”, el tiempo necesario para que cambien los niveles hormonales en el tejido adiposo es mayor que el que se observa en muestras de sangre (Kellar *et al.,* 2015). Es por ello que los niveles de cortisol en “blubber” aportan información sobre el estado fisiológico del animal durante largos periodos, no estando tan influenciados por los eventos que suceden minutos antes de la toma de muestras (Kellar *et al.,* 2015). Así, el estudio de los niveles de cortisol en el panículo adiposo de los cetáceos, puede arrojar una gran cantidad de información acerca del estado de salud de un individuo o de una población frente a situaciones de estrés crónico o prolongadas (Sapolsky *et al.,* 2000; Romero & Butler, 2007; Sheriff *et al*., 2011; Kellar *et al*., 2015).

6. BIBLIOGRAFÍA.

ABEND, A. G. and SMITH, T. D. (1995). Differences in ratios of stable isotopes of nitrogen in long-finned pilot whales (Globicephala melas) in the western and eastern North Atlantic. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil,* **52,** 837-841.

AGUILAR DE SOTO, N. (2006). Acoustic and foraging behaviour of short-finned pilot whales (Globicephala macrorhynchus) and Blainville's beaked whales (Mesoplodon densirostris) in the Canary islands. Implications for impacts of man-made noise and ship collisions. *Phd Thesis, La Laguna University*.

AGUILAR DE SOTO, N., DINTER, W., LAGO, A., TEJEDOR, A. and PANTOJA, J. (2012a). Impactos y mitigación de la contaminación acústica marina. *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Documento técnico sobre impactos y mitigación de la contaminación acústica marina. Madrid.* 146 pp.

AGUILAR DE SOTO, N., MADSEN, P. T., TYACK, P., ARRANZ, P., MARRERO, J., FAIS, A., REVELLI, E. and JOHNSON, M. (2012b). No shallow talk: Cryptic strategy in the vocal communication of Blainville's beaked whales. *Marine Mammal Science,* **28,** E75-E92.

AGUILAR, N., CARRILLO, M., DELGADO, I., DIAZ, F. and BRITO, A. (2000). Fast ferries impact on cetacean in Canary islands: collisions and displacement. In *Proceedings of the 14th annual conference of the European Cetacean Society, Cork, Ireland 2nd to 5th April*, Vol. 2000 pp. 164-165.

AGUILAR SOTO, N., JOHNSON, M. P., MADSEN, P. T., DÍAZ, F., DOMÍNGUEZ, I., BRITO, A. and TYACK, P. (2008). Cheetahs of the deep sea: deep foraging sprints in short-finned pilot whales off Tenerife (Canary Islands). *Journal of animal ecology,* **77,** 936-947.

ALVES, F., QUÉROUIL, S., DINIS, A., NICOLAU, C., RIBEIRO, C., FREITAS, L., KAUFMANN, M. and FORTUNA, C. (2013). Population structure of short-finned pilot whales in the oceanic archipelago of Madeira based on photo-identification and genetic analyses: implications for conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems,* **23,** 758-776.

ALLEN, M. C. and READ, A. J. (2000). Habitat selection of foraging bottlenose dolphins in relation to boat density near Clearwater, Florida. *Marine Mammal Science,* **16,** 815-824.

AMOS, B., BLOCH, D., DESPORTES, G., MAJERUS, T. M. O., BANCROFT, D. R., BARRETT, J. A. and DOVER, J. A. (1993). A review of molecular evidence relating to social organisation and breeding system in the long-finned pilot whale. *In Biology of Northern Hemisphere Pilot Whales. Report of the International Whaling Commission, pp. 209-218. International Whaling Commission, Cambridge*.

ANDRÉ, M., DEGOLLADA, E. and FERNANDEZ, A. (2000). Fast ferries and cetaceans collisions: evidence and solution (s). In *Proceedings of the 14th annual conference of the European Cetacean Society, Cork, Ireland* pp. 2-5.

ANDREW, R. K., HOWE, B. M., MERCER, J. A. and DZIECIUCH, M. A. (2002). Ocean ambient sound: comparing the 1960s with the 1990s for a receiver off the California coast. *Acoustics Research Letters Online,***3,** 65-70.

ARBELO, M., DE LOS MONTEROS, A. E., HERRÁEZ, P., ANDRADA, M., SIERRA, E., RODRÍGUEZ, F., JEPSON, P. D. and FERNÁNDEZ, A. (2013). Pathology and causes of death of stranded cetaceans in the Canary Islands (1999-2005). *Diseases of aquatic organisms,***103,** 87-99.

AU, W. W. L. (1993). The Sonar Signal Transmission System. In *The Sonar of Dolphins* pp. 77-97. Springer.

AU, W. W. L., FLOYD, R. W., PENNER, R. H. and MURCHISON, A. E. (1974). Measurement of echolocation signals of the Atlantic bottlenose dolphin, Tursiops truncatus Montagu, in open waters. *The Journal of the Acoustical Society of America,***56,** 1280-1290.

BAILEY, N. T. J. (1951). On estimating the size of mobile populations from recapture data. *Biometrika***,** 293-306.

BARRETT-LENNARD, L. G. (2000). Population structure and mating patterns of killer whales (Orcinus orca) as revealed by DNA analysis. University of British Columbia.

BATESON, P. (1991). Assessment of pain in animals. *Animal Behaviour,***42,** 827-839.

BEALE, C. M. and MONAGHAN, P. (2004a). Behavioural responses to human disturbance: a matter of choice? *Animal Behaviour,***68,** 1065-1069.

BEALE, C. M. and MONAGHAN, P. (2004b). Human disturbance: people as predation-free predators? *Journal of applied ecology,***41,** 335-343.

BEARZI, G. (2002). Interactions between cetacean and fisheries in the Mediterranean Sea. *Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: state of knowledge and conservation strategies. A report to the ACCOBAMS Secretariat, Monaco***,** 3-4.

BEARZI, G., FORTUNA, C. and REEVES, R. R. (2009). Ecology and conservation of common bottlenose dolphins Tursiops truncatus in the Mediterranean Sea. *Mammal Review,***39,** 92-123.

BEARZI, G., MUSSI, B., POLITI, E. and NOTARBARTOLO DI SCIARA, G. (2002). Short-beaked common dolphins around Ischia, Italy, and Kalamos, Greece: relic population units of primary conservation importance in the Mediterranean Sea. *European Research on Cetaceans,***16**.

BEGON, M. (1979). *Investigating animal abundance: capture-recapture for biologists,* Edward Arnold (Publishers) Ltd.

BEJDER, L., FLETCHER, D. and BRÃ¤GER, S. (1998). A method for testing association patterns of social animals. *Animal Behaviour,* **56,** 719-725.

BEJDER, L., SAMUELS, A. M. Y., WHITEHEAD, H. A. L., GALES, N., MANN, J., CONNOR, R., HEITHAUS, M., WATSONÂ€ CAPPS, J., FLAHERTY, C. and KRUETZEN, M. (2006). Decline in relative abundance of bottlenose dolphins exposed to long-term disturbance. *Conservation Biology,* **20,** 1791-1798.

BERNARD, H. J. and REILLY, S. B. (1999). Pilot whales Globicephala Lesson, 1828 *in: Handbook of Marine Mammals. Volume 6: The Second Book of Dolphins and Porpoises. Academic Press, San Diego*.

BIGG, M. A., OLESIUK, P. F., ELLIS, G. M., FORD, J. F. K. and BALCOMB , K. C. (1990a). Social organization and genealogy of resident killer whales (Orcinus orca) in the coastal waters of British Columbia and Washington State. *In Individual recognition of cetaceans: Use of Photo-Identification and Other Techniques to Estimate Population Parameters, vol. Special Issue 12 (ed. P. Hammond, S. Mizroch and G. Donovan), pp. 383-406. International Whaling Commission, Cambridge.*

BIGG, M. A., OLESIUK, P. F., ELLIS, G. M., FORD, J. K. B. and BALCOMB, K. C. (1990b). Social organization and genealogy of resident killer whales (Orcinus orca) in the coastal waters of British Columbia and Washington State. *Report of the International Whaling Commission,* **12,** 383-405.

BIONDI, M. and ZANNINO, L. G. (1997). Psychological stress, neuroimmunomodulation, and susceptibility to infectious diseases in animals and man: a review. *Psychotherapy and Psychosomatics,* **66,** 3-26.

BRADSHAW, C. J. A., HINDELL, M. A., BEST, N. J., PHILLIPS, K. L., WILSON, G. and NICHOLS, P. D. (2003). You are what you eat: describing the foraging ecology of southern elephant seals (Mirounga leonina) using blubber fatty acids. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences,* **270,** 1283-1292.

BROOM, D. M. (1986). Indicators of poor welfare. *British veterinary journal,* **142,** 524-526.

BROOM, D. M. (1991). Assessing welfare and suffering. *Behavioural Processes,* **25,** 117-123.

BROOM, D. M. and JOHNSON, K. G. (1993). *Stress and animal welfare,* Springer Science & Business Media.

BROWNING, N. E., DOLD, C., JACK, I. F. and WORTHY, G. A. J. (2014). Isotope turnover rates and diet-tissue discrimination in skin of ex situ bottlenose dolphins (Tursiops truncatus). *Journal of Experimental Biology,* **217,** 214-221.

BUCKLAND, S. T., ANDERSON, D. R., BURNHAM, K. P. and LAAKE, J. L. (2005). *Distance sampling,* Wiley Online Library.

BUCKSTAFF, K. C. (2004). Effects of watercraft noise on the acoustic behavior of bottlenose dolphins, Tursiops truncatus, in Sarasota Bay, Florida. *Marine Mammal Science,***20,** 709-725.

BUDGE, S. M., IVERSON, S. J. and KOOPMAN, H. N. (2006). Studying trophic ecology in marine ecosystems using fatty acids: a primer on analysis and interpretation. *Marine Mammal Science,***22,** 759-801.

BUDGE, S. M., SPRINGER, A. M., IVERSON, S. J. and SHEFFIELD, G. (2007). Fatty acid biomarkers reveal niche separation in an Arctic benthic food web. *Marine Ecology Progress Series,***336,** 305-309.

BUSTAMANTE, P., GARRIGUE, C., BREAU, L., CAURANT, F., DABIN, W., GREAVES, J. and DODEMONT, R. M. (2003). Trace elements in two odontocete species (Kogia breviceps and Globicephala macrorhynchus) stranded in New Caledonia (South Pacific). *Environmental Pollution,***124,** 263-271.

CALAMBOKIDIS, J., CUBBAGE, J. C., STEIGER, G. H., BALCOMB , K. C. and JONES, P. (1990). Population estimates of humpback whales in the Gulf of the Farallones, California *In Individual recognition of cetaceans: Use of Photo-Identification and Other Techniques to Estimate Population Parameters, vol. Special Issue 12 (ed. P. Hammond, S. Mizroch and G. Donovan), pp. 325-334. International Whaling Commission, Cambridge.*

CANNON, W. B. (1929). The sympathetic division of the autonomic system in relation to homeostasis. *Archives of Neurology & Psychiatry,***22,** 282-294.

CAÑADAS, A. and SAGARMINAGA, R. (2000). The northestern Alboran Sea, an important breeding and feeding ground for the long finned pilot whale (Globicephala melas) in the Mediterranean Sea. Marine *Mammal Science,***16,** 513-529.

CARRANZA, J. (1994). Introducción a la Ciencia del Comportamiento. *Cáceres: Universidade de Extremadura, Servicio de Publicaciones***,** 427-455.

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

CARRILLO, M. and TEJEDOR, M. (2002). Estudios aplicados a la conservación de cetáceos en la provincia de Santa Cruz de Tenerife. *Gobierno de Canarias. Consejería de política territorial y Medio Ambiente. Viceconsejería de Medio Ambiente.*

CISNEROS-MONTEMAYOR, A. S. M., SUMAILA, U. R., KASCHNER, K. and PAULY, D. (2010). The global potential for whale watching. *Marine Policy,***34,** 1273-1278.

CLARKE, M. R. (1996). Cephalopods as prey. III. Cetaceans. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences,***351,** 1053-1065.

CLARKE, M. R. and MACLEOD, N. (1974). Cephalopod remains from a sperm whale caught off Vigo, Spain. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom,* **54,** 959-968.

CLOW, A., THORN, L., EVANS, P. and HUCKLEBRIDGE, F. (2004). The awakening cortisol response: methodological issues and significance. *Stress,* **7,** 29-37.

COHEN, S. and WILLIAMSON, G. M. (1991). Stress and infectious disease in humans. *Psychological bulletin,* **109,** 5.

CONNOR, R. C., WELLS, R. S., MANN, J. and READ, A. J. (2000). The bottlenose dolphin. *Cetacean societies*, 91-125.

CONSTANTINE, R. (2001). Increased avoidance of swimmers by wild bottlenose dolphins (Tursiops truncatus) due to longâ€ term exposure to swimâ€ withâ€ dolphin tourism. *Marine Mammal Science,* **17,** 689-702.

DAHL, T. M., LYDERSEN, C., KOVACS, K. M., FALK-PETERSEN, S., SARGENT, J., GJERTZ, I. and GULLIKSEN, B. R. (2000). Fatty acid composition of the blubber in white whales (Delphinapterus leucas). *Polar Biology,* **23,** 401-409.

EFRON, B. and GONG, G. (1983). A leisurely look at the bootstrap, the jackknife, and cross-validation. *The American Statistician,* **37,** 36-48.

FAIRFIELD, C. P. (1990). Comparison of abundance estimation techniques for the western North Atlantic right whale (Eubalaena glacialis). *In Individual recognition of cetaceans: Use of Photo-Identification and Other Techniques to Estimate Population Parameters, vol. Special Issue 12 (ed. P. Hammond, S. Mizroch and G. Donovan), pp. 119-126. International Whaling Commission, Cambridge*.

FAIS, A., LEWIS, T., AGUILAR DE SOTO, N., Á., O., , MARRERO, J., MARTÍN, L., ARRANZ, P., ESCÁNEZ, A., REYES, C., SHIAVI, A. and BARQUÍN, J. (2010). Determinación de las zonas de presencia en áreas oceánicas y estimaciones del tamaño de la población de las especies de las Familias Ziphiidae y el cachalote común en el Archipiélago Canario. . *Gobierno de Canarias. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial.*

FERIN, M. (1999). Stress and the reproductive cycle. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism,* **84,** 1768-1774.

FERNANDEZ, R., SANTOS, M. B., CARRILLO, M., TEJEDOR, M. and PIERCE, G. J. (2009). Stomach contents of cetaceans stranded in the Canary Islands 1996-2006. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom,* **89,** 873-883.

FOOTE, A. D., OSBORNE, R. W. and HOELZEL, A. R. (2004). Environment: whale-call response to masking boat noise. *Nature,* **428,** 910-910.

FOSSEY, D. (1972). Vocalizations of the mountain gorilla (Gorilla gorilla beringei). *Animal Behaviour,* **20,** 36-53.

FRASER, A. F. and BROOM, D. M. (1997). *Farm animal behaviour and welfare,* CAB international.

FRIES, E., DETTENBORN, L. and KIRSCHBAUM, C. (2009). The cortisol awakening response (CAR): facts and future directions. *International Journal of Psychophysiology,***72,** 67-73.

FRISANCHO, A. R. (1993). *Human adaptation and accommodation,* University of Michigan Press.

FULLARD, K. J., EARLY, G., HEIDE-JORGENSEN, M. P., BLOCH, D., ROSING-ASVID, A. and AMOS, W. (2000). Population structure of long-finned pilot whales in the North Atlantic: a correlation with sea surface temperature? . *Molecular Ecology,***9,** 949-958.

GAUFFIER, P. (2008). Estimating the consequences of the 2006-07 Morbillivirus espizootic on Long-finned pilot-whales in the Strait of Gibraltar. *MSc thesis.*

GINSBERG, J. R. and YOUNG, T. P. (1992). Measuring association between individuals or groups in behavioural studies. *Animal Behaviour,***44,** 377-379.

GREGG, J. D., DUDZINSKI, K. M. and SMITH, H. V. (2007). Do dolphins eavesdrop on the echolocation signals of conspecifics? *International Journal of Comparative Psychology,***20**.

GRIFFIN, D. R. (1953). Acoustic orientation in the oil bird, Steatornis. *Proceedings of the National Academy of Sciences,***39,** 884-893.

GRIFFIN, D. R., WEBSTER, F. A. and MICHAEL, C. R. (1960). The echolocation of flying insects by bats. *Animal Behaviour,***8,** 141-154.

HAMMOND, P. S. (1990). Capturing whales on film: estimating cetacean population parameters from individual recognition data. *Mammal Review,***20,** 17-22.

HEIMLICH-BORAN, J. R. (1993). Social organisation of the short-finned pilot whale, Globicephala macrorhynchus, with special reference to the comparative social ecology of delphinids. University of Cambridge.

HERNÁNDEZ-GARCÍA, V. and MARTÍN, V. (1994). Stomach contents of two short-finned pilot whale (Globicephala macrorhynchus Gray, 1846) (Cetacea, Delphinidae) off the Canary Islands: A preliminary note. *ICES,***16**.

HICKS, B. D., AUBIN, D. J. S., GERACI, J. R. and BROWN, W. R. (1985). Epidermal growth in the bottlenose dolphin, Tursiops truncatus. *Journal of Investigative Dermatology,***85,** 60-63.

HILDEBRANDT, S. (2002). Estructura genética de las poblaciones de cetáceos del Archipiélago Canario: secuenciación de la región control y los genes COI y NADH5 del ADN mitocondrial. *PhD Thesis, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria*.

HOBSON, K. A., SCHELL, D. M., RENOUF, D. and NOSEWORTHY, E. (1996). Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissues of captive seals: implications for dietary reconstructions involving marine mammals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* **53,** 528-533.

HOOKER, S. K., IVERSON, S. J., OSTROM, P. and SMITH, S. C. (2001). Diet of northern bottlenose whales inferred from fatty-acid and stable-isotope analyses of biopsy samples. *Canadian Journal of Zoology,* **79,** 1442-1454.

HOYT, E. (2001). Whale watching 2001. *Unpublished Report, IFAW and UNEP, London, UK*.

HUGHES, A. M. (1976). The mites of stored food and houses. *Technical Bulletin, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food,* **9, Ed. 2**.

HYSLOP, E. J. (1980). Stomach contents analysis a review of methods and their application. *Journal of fish biology,* **17,** 411-429.

IVERSON, S. J. (1993). Milk secretion in marine mammals in relation to foraging: can milk fatty acids predict diet. In *Symp Zool Soc Lond*, Vol. 66 pp. 263-291.

IVERSON, S. J., FIELD, C., DON BOWEN, W. and BLANCHARD, W. (2004). Quantitative fatty acid signature analysis: a new method of estimating predator diets. *Ecological Monographs,* **74,** 211-235.

JANIK, V. M. and THOMPSON, P. M. (1996). Changes in surfacing patterns of bottlenose dolphins in response to boat traffic. *Marine Mammal Science,* **12,** 597-602.

JEFFERSON, T. A., LEATHERWOOD, S. and & WEBBER, M. A. (1993). *Marine mammals of the world,* Food & Agriculture Org.

JENSEN, F. H., BEJDER, L., WAHLBERG, M., AGUILAR DE SOTO, N., JOHNSON, M. P. and MADSEN, P. T. (2009). Vessel noise effects on delphinid communication. *Marine Ecology Progress Series,* **395,** 161–175.

JENSEN, F. H., PEREZ, J. M., JOHNSON, M., SOTO, N. A. and MADSEN, P. T. (2011). Calling under pressure: short-finned pilot whales make social calls during deep foraging dives. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, rspb20102604.

JEREB, P. and ROPER, C. F. E. (2005). *Cephalopods of the world: an annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date, volume 1. Chambered nautiluses and Sepioids (Nautilidae, Sepiidae, Sepiolidae, Sepiadariidae, Idiosephiidae and Spirulidae),* Food and agriculture organization of the United Nations.

JOBLING, M. and BREIBY, A. (1986). The use and abuse of fish otoliths in studies of feeding habits of marine piscivores. *Sarsia,* **71,** 265-274.

JOHNS, B. G. (1996). Responses of chimpanzees to habituation and tourism in the Kibale Forest, Uganda. *Biological Conservation,* **78,** 257-262.

JOHNSON, M., MADSEN, P. T., ZIMMER, W. M. X., DE SOTO, N. A. and TYACK, P. L. (2004). Beaked whales echolocate on prey. In *Proc. R. Soc. Lond. B*, Vol. 271 pp. S383-S386. The Royal Society.

JOHNSON, M. P. and TYACK, P. L. (2003). A digital acoustic recording tag for measuring the response of wild marine mammals to sound. *Oceanic Engineering, IEEE Journal of,***28,** 3-12.

JONES, M. L. and SWARTZ, S. L. (1984). Demography and phenology of gray whales and evaluation of whale-watching activities in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, Mexico.

KASUYA, T. and MARSH, H. (1984). Life history and reproductive biology of the short-finned pilot whale, Globicephala macrorhynchus, off the Pacific coast of Japan. *Report of the International Whaling Commission, Special,***6,** 259-310.

KASUYA, T. and TAI, S. (1993). Life history of short-finned pilot whale stocks of Japan and a description of the fishery. In Biology of Northern Hemisphere Pilot Whales. *Report of the International Whaling Commission, pp. 439-473. International Whaling Commission, Cambridge.*

KELLAR, N. M., CATELANI, K. N., ROBBINS, M. N., TREGO, M. L., ALLEN, C. D., DANIL, K. and CHIVERS, S. J. (2015). Blubber cortisol: a potential tool for assessing stress response in free-ranging dolphins without effects due to sampling. *PloS one,***10,** e0115257.

KELLOGG, W. N. and BENNETT, T. L. (1973). Echo ranging in the porpoise. *Perception: an Adaptive Process,***128,** 42.

LILLY, J. C. (1962). Vocal behavior of the bottlenose dolphin. *Proceedings of the American Philosophical Society,***106,** 520-529.

LUSSEAU, D. (2005). Residency pattern of bottlenose dolphins Tursiops spp. in Milford Sound, New Zealand, is related to boat traffic. *Marine Ecology Progress Series,***295,** 265-272.

LUSSEAU, D., BAIN, D. E., WILLIAMS, R. and SMITH, J. C. (2009). Vessel traffic disrupts the foraging behavior of southern resident killer whales Orcinus orca. *Endangered Species Research,***6,** 211-221.

MADSEN, P., WAHLBERG, M. and MOHL, B. (2002). Male sperm whale (Physeter macrocephalus) acoustics in a high-latitude habitat: implications for echolocation and communication. *Behavioral Ecology and Sociobiology,***53,** 31-41.

MADSEN, P. T., DE SOTO, N. A., ARRANZ, P. and JOHNSON, M. (2013). Echolocation in Blainville's beaked whales (Mesoplodon densirostris). *Journal of Comparative Physiology A,***199,** 451-469.

MADSEN, P. T., JENSEN, F. H., CARDER, D. and RIDGWAY, S. (2012). Dolphin whistles: a functional misnomer revealed by heliox breathing. *Biology letters,***8,** 211-213.

MAHAFFY, S. D. (2012). Site fidelity, associations and long-term bonds of short-finned pilot whales off the island of Hawai'i *Master Thesis, DTIC Document.*

MARRERO, J. (2015). Comportamiento acústico del calderón de aleta corta (Globicephala macrorhynchus) en las Islas Canarias. *Phd Thesis, La Laguna University*.

MATTSON, M. C., THOMAS, J. A. and AUBIN, D. S. (2005). Effects of Boat Activity on the Behavior of Bottlenose Dolphins(Tursiops truncatus) in Waters Surrounding Hilton Head Island, South Carolina. *Aquatic Mammals,***31,** 133-140.

MAZZUCA, L. L. (2001). Potential effects of low frequency sound (LFS) from commercial vessels on large whales. University of Washington.

MCEWEN, B. S. and SEEMAN, T. (1999). Protective and damaging effects of mediators of stress: elaborating and testing the concepts of allostasis and allostatic load. *Annals of the New York Academy of Sciences,***896,** 30-47.

MCGREGOR, P. K. (2005). *Animal communication networks,* Cambridge University Press.

MEDWAY, L. and PYE, J. D. (1977). Echolocation and the systematics of swiftlets. In *Evolutionary ecology* pp. 225-238. Springer.

MILLER, P. J. O., JOHNSON, M. P. and TYACK, P. L. (2004). Sperm whale behaviour indicates the use of echolocation click buzzes 'creaks' in prey capture. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences,***271,** 2239-2247.

MINTZER, V. J., GANNON, D. P., BARROS, N. B. and READ, A. J. (2008). Stomach contents of mass-stranded short-finned pilot whales (Globicephala macrorhynchus) from North Carolina. *Marine Mammal Science,***24,** 290-302.

MIYASHITA, T., KISHIRO, T., HIGASHI, N., SATO, F., MORI, K. and KATO, H. (1996). Winter distribution of cetaceans in the western North Pacific inferred from sighting cruises 1993-1995. *Report of the International Whaling Commission 46, 437-442.*

MOHAMED, Y. L. (2013). Turismo de avistamiento de cetáceos en las Islas Canarias: estudio sobre la realidad actual del sector, el perfil de la demanda y el impacto económico de la actividad.

MONTERO LOPEZ, R. and MARTÍN MARTEL, V. (1993). Estudio del impacto que provocan las embarcaciones en la población de calderones tropicales (Globicephala macrorhynchus) residente en aguas del suroeste de la isla de Tenerife, pp. 136, Santa Cruz de Tenerife.

MONTERO, R. (1997). Actividades de observación de mamíferos marinos. *Consejería de transporte del Gobierno de Canarias y Sociedad para la promoción del Turismo, Naturaleza y Ocio*.

MORALES, E., ADERN, N., ALDUÁN, M., REYES, B. and AGUILAR DE SOTO, N. (2015). Interacciones pesca artesanal y delfines *En Bécares, J.; Gil-Velasco, M.; Morales, E. y Aguilar, N. Canarias con la Mar. Conservación de cetáceos y Aves marinas en Canarias (Memoria Técnica). Informe de GIC-ULL a la Fundación Biodiversidad-MAGRAMA.*

MORALES, T. (2015). Análisis de la distribución estacional de cetáceos en las Islas Canarias. *Master thesis, Universidad de La Laguna*.

MORTON, D. B. and GRIFFITHS, P. H. M. (1985). *Guidelines on the recognition of pain, distress and discomfort in experimental animals and an hypothesis for assessment,* publisher not identified.

MURRAY, S. O., MERCADO, E. and ROITBLAT, H. L. (1998). Characterizing the graded structure of false killer whale (Pseudorca crassidens) vocalizations. *The Journal of the Acoustical Society of America,***104,** 1679-1688.

NESIS, K. (1987). Cephalopods of the world. Squids, cuttlefishes, and allies. *TFH Publications, Neptune City.*

NEWSOME, S. D., CLEMENTZ, M. T. and KOCH, P. L. (2010). Using stable isotope biogeochemistry to study marine mammal ecology. *Marine Mammal Science,***26,** 509-572.

NORDSTROM, C. A., WILSON, L. J., IVERSON, S. J. and TOLLIT, D. J. (2008). Evaluating quantitative fatty acid signature analysis (QFASA) using harbour seals Phoca vitulina richardsi in captive feeding studies. *MARINE ECOLOGY-PROGRESS SERIES-,***360,** 245.

NORTHRIDGE, S. P. (1991). *An updated world review of interactions between marine mammals and fisheries,* Food & Agriculture Org.

NOVICK, A. (1959). Acoustic orientation in the cave swiftlet. *Biological Bulletin,***117,** 497-503.

O'CONNOR, S., CAMPBELL, R., CORTEZ, H. and KNOWLES, T. (2009). Whale Watching Worldwide: tourism numbers, expenditures and expanding economic benefits, a special report from the International Fund for Animal Welfare. *Yarmouth MA, USA, prepared by Economists at Large,***228**.

OLSON, P. A. and REILLY, S. B. (2009). Pilot whales Globicephala melas and G. macrorhynchus. *Encyclopedia of marine mammals, 898-903.*

ORAMS, M. (2004). Why dolphins may get ulcers: Considering the impacts of cetacean-based tourism in New Zealand. *Tourism in Marine Environments,***1,** 17-28.

ORAMS, M. B. (1996). A conceptual model of tourist-wildlife interaction: the case for education as a management strategy. *The Australian Geographer,***27,** 39-51.

PAINE, R. T. (1980). Food webs: linkage, interaction strength and community infrastructure. *Journal of animal ecology,***49,** 667-685.

PARSONS, E. C. M. (2012). The negative impacts of whale-watching. *Journal of Marine Biology,***2012**.

PARSONS, E. C. M. and RAWLES, C. (2003). The resumption of whaling by Iceland and the potential negative impact in the Icelandic whale-watching market. *Current Issues in Tourism,***6,** 444-448.

PÉREZ, J. M. S. (2011). La pesca de cetáceos en Canarias/The cetacean fishing in the Canary Islands. *Anuario de Estudios Atlánticos,***1,** 277-300.

PERRIN, W. F., DONOVAN, G. P. and BARLOW, J. (1994). Report of the International Whaling Commission (Special Issue 15). Gillnets and Cetaceans. *International Whaling Commission, Cambridge, UK. 629pp*.

PESANTE, G., COLLET, A., DHERMAIN, F., FRANTZIS, A., PANIGADA, S., PODESTÃ , M. and ZANARDELLI, M. (2002). Review of collisions in the Mediterranean Sea. In *Proceedings of the Workshop: Collisions between Cetaceans and Vessels: Can we find solutions* pp. 5-12.

PIERCE, G. J. and BOYLE, P. R. (1991). A review of methods for diet analysis in piscivorous marine mammals. *Oceanography and Marine Biology,***29,** 409-486.

PIERCE, G. J., BOYLE, P. R. and DIACK, J. S. W. (1991). Identification of fish otoliths and bones in faeces and digestive tracts of seals. *Journal of Zoology,***224,** 320-328.

PIERCE, G. J., BOYLE, P. R., WATT, J. and GRISLEY, M. (1993). Recent advances in diet analysis of marine mammals. *In Symp. Zool. Soc. Lond, vol. ,***66,** 241-261.

PIERCE, G. J., SANTOS, M. B., REID, R. J., PATTERSON, I. A. P. and ROSS, H. M. (2004). Diet of minke whales Balaenoptera acutorostrata in Scottish (UK) waters with notes on strandings of this species in Scotland 1992â€"2002. *Journal of the Marine Biological Association of the UK,***84,** 1241-1244.

PIERCE, G. W. and GRIFFIN, D. R. (1938). Experimental determination of supersonic notes emitted by bats. *Journal of Mammalogy,***19,** 454-455.

PLASENCIA, M., RODRIGUEZ, J. L., HERRERA, H. and DELGADO, A. (2001). Observación de cetáceos en Canarias; apuntes para una nueva reglamentación. *Galemys,***13,** 107-118.

REEVES, R. R. (2003). Dolphins, whales and porpoises: 2002-2010 conservation action plan for the world's cetaceans. *IUCN*.

RICHARDSON, W. J., GREENE JR, C. R., MALME, C. I. and THOMSON, D. H. (1995). *Marine mammals and noise,* Academic press.

RIDGWAY, S. H., CARDER, D. A., KAMOLNICK, T., SMITH, R. R., SCHLUNDT, C. E. and ELSBERRY, W. R. (2001). Hearing and whistling in the deep sea: depth influences whistle spectra but does not attenuate hearing by white whales (Delphinapterus leucas)(Odontoceti, Cetacea). *Journal of Experimental Biology,***204,** 3829-3841.

ROMERO, L. M. and REED, J. M. (2005). Collecting baseline corticosterone samples in the field: is under 3 min good enough? *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology,***140,** 73-79.

ROMERO, M. L. and BUTLER, L. K. (2007). Endocrinology of stress. *International Journal of Comparative Psychology,***20**.

ROSS, D. (1993). On Ocean Ambient Noise. *Acoustics Bulletin,***18,** 5-5.

SANTOS, M. B., CLARKE, M. R. and PIERCE, G. J. (2001). Assessing the importance of cephalopods in the diets of marine mammals and other top predators: problems and solutions. *Fisheries Research,***52,** 121-139.

SAYIGH, L., QUICK, N., HASTIE, G. and TYACK, P. (2012). Repeated call types in short-finned pilot whales, Globicephala macrorhynchus. *Marine Mammal Science,***29,** 312-324.

SCHEER, M. (2013). Call vocalizations recorded among short-finned pilot whales (globicephala macrorhynchus) off tenerife, canary islands. *Aquatic Mammals,***39,** 306.

SCHEER, M., ALVES, L. C. P. D. E. S., RITTER, F., AZEVEDO, A. F. and ANDRIOLO, A. (2014). Behaviors of botos and short-finned pilot whales during close encounters with humans: management implications derived from ethograms for food-provisioned versus unhabituated cetaceans.

SCHOENER, T. W. (1971). Theory of feeding strategies. *Annual review of ecology and systematics***,** 369-404.

SEBER, G. A. F. (1982). The estimation of animal abundance. *FACHBEREICH BIOLOGIE (10) der Technischen Hochschule Darmstadt Bibliothek Schnittspahnstrafie. GRIFFIN & LONDON*.

SELYE, H. (1950). Stress and the general adaptation syndrome. *British medical journal,***1,** 1383.

SELYE, H. (1973). The Evolution of the Stress Concept: The originator of the concept traces its development from the discovery in 1936 of the alarm reaction to modern therapeutic applications of syntoxic and catatoxic hormones. *American scientist,***61,** 692-699.

SERGEANT, D. E. (1962). On the external characters of the blackfish or pilot whales (genus Globicephala). *Journal of Mammalogy,***43,** 395-413.

SERVIDIO, A. (2014). Distribution, social structure and habitat use of short-finned pilot whale, Globicephala macrorhynchus, in the Canary Islands. *PhD thesis, St Andrews*.

SHERIFF, M. J., DANTZER, B., DELEHANTY, B., PALME, R. and BOONSTRA, R. (2011). Measuring stress in wildlife: techniques for quantifying glucocorticoids. *Oecologia,***166,** 869-887.

SHERIFF, M. J., KREBS, C. J. and BOONSTRA, R. (2009). The sensitive hare: sublethal effects of predator stress on reproduction in snowshoe hares. *Journal of animal ecology,* **78,** 1249-1258.

SHERIFF, M. J., KREBS, C. J. and BOONSTRA, R. (2010). Assessing stress in animal populations: Do fecal and plasma glucocorticoids tell the same story? *General and comparative endocrinology,* **166,** 614-619.

STOTT, G. H. (1981). What is animal stress and how is it measured? *Journal of Animal Science,* **52,** 150-153.

STRATAKIS, C. A., GOLD, P. W. and CHROUSOS, G. P. (1995). Neuroendocrinology of stress: implications for growth and development. *Hormone Research in Paediatrics,* **43,** 162-167.

TYACK, P. L., JOHNSON, M., SOTO, N. A., STURLESE, A. and MADSEN, P. T. (2006). Extreme diving of beaked whales. *Journal of Experimental Biology,* **209,** 4238-4253.

TYSON, R. B., NOWACEK, D. P. and MILLER, P. J. O. (2007). Nonlinear phenomena in the vocalizations of North Atlantic right whales (Eubalaena glacialis) and killer whales (Orcinus orca). *The Journal of the Acoustical Society of America,* **122,** 1365-1373.

URQUIOLA, E., MARTIN, V. and IANI, V. (1999). Whale watching, pilot whales and bottlenose dolphins in the Canary Islands: a sustainable activity. *European Research on Cetaceans,* **13,** 138-144.

VALLEJO, Y. F. N.-P. and TABRAUE, R. J. H. (2007). Turismo responsable en el medio marino: El caso de Canarias. *Estudios turÃ-sticos*, 241-246.

VANDERKLIFT, M. A. and PONSARD, S. (2003). Sources of variation in consumer-diet δ15N enrichment: a meta-analysis. *Oecologia,* **136,** 169-182.

VISSER, F., HARTMAN, K. L., ROOD, E. J. J., HENDRIKS, A. J. E., ZULT, D. B., WOLFF, W. J., HUISMAN, J. and PIERCE, G. J. (2011). Risso's dolphins alter daily resting pattern in response to whale watching at the Azores. *Marine Mammal Science,* **27,** 366-381.

WADE, P. R. and GERRODETTE, T. (1993). Estimates of cetacean abundance and distribution in the eastern tropical Pacific. Report of the International Whaling Commission **43**.

WAHLBERG, M. (2002). The acoustic behaviour of diving sperm whales observed with a hydrophone array. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,* **281,** 53-62.

WALTON, M. and POMEROY, P. (2003). Use of blubber fatty acid profiles to detect inter-annual variations in the diet of grey seals Halichoerus grypus. *Marine Ecology Progress Series,* **248,** 257-266.

WATWOOD, S. L., MILLER, P. J. O., JOHNSON, M., MADSEN, P. T. and TYACK, P. L. (2006a). Deep-diving foraging behaviour of sperm whales (Physeter macrocephalus). *Journal of animal ecology,* **75,** 814-825.

WATWOOD, S. L., MILLER, P. J. O., JOHNSON, M., MADSEN, P. T. and TYACK, P. L. (2006b). Deepâ€ diving foraging behaviour of sperm whales (Physeter macrocephalus). *Journal of animal ecology,* **75,** 814-825.

WHITE, G. C. and BURNHAM, K. P. (1999). Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird study,* **46,** S120-S139.

WHITEHEAD, H. (2009). SOCPROG programs: analysing animal social structures. *Behavioral Ecology and Sociobiology,* **63,** 765-778.

WHITEHEAD, H., CHRISTAL, J. and TYACK, P. L. (2000). Studying cetacean social structure in space and time. *Cetacean societies: Field studies of dolphins and whales*, 65-86.

WHITEHEAD, H. and DUFAULT, S. (1999). Techniques for Analyzing Vertebrate Social Structure Using Identified Individuals: Review. *Advances in the Study of Behavior,* **28,** 33.

WHITEHEAD, H. A. L. (1997). Analysing animal social structure. *Animal Behaviour,* **53,** 1053-1067.

WILLIAMS, R. and ASHE, E. (2007). Killer whale evasive tactics vary with boat number. *Journal of Zoology,* **272,** 390-397.

WISNIEWSKA, D. M., JOHNSON, M., BEEDHOLM, K., WAHLBERG, M. and MADSEN, P. T. (2012). Acoustic gaze adjustments during active target selection in echolocating porpoises. *Journal of Experimental Biology,* **215,** 4358-4373.

YONEKURA, M., MATSUI, S. and KASUYA, T. (1980). On the external characters of Globicephala macrorhynchus off Taiji, Pacific coast of Japan *Scientific Reports of the Whales Research Institute,* **32,** 67-95.

ZIMMER, W. M. X., MADSEN, P. T., TELONI, V., JOHNSON, M. P. and TYACK, P. L. (2005). Off-axis effects on the multipulse structure of sperm whale usual clicks with implications for sound production. *The Journal of the Acoustical Society of America,* **118,** 3337-3345.

BLOQUE II. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DE LAS ACTUACIONES REALIZADAS. MATERIAL Y MÉTODOS.

1. REUNIONES PARA DAR A CONOCER EL PROYECTO CON LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y SECTORES IMPLICADOS (Act. 1).

Para dar a conocer los objetivos del proyecto MITCALD, se solicitaron una serie de reuniones con diferentes organizaciones, entidades públicas, empresas y colectivos relacionados con actividades del sector turístico, medio ambiente y/o gestión de la isla de Tenerife, invitándoles a participar siempre que fuese posible. En cada una de estas reuniones se siguió un programa en el que se recogieron una serie de puntos a tratar:

1. Presentación de la Asociación y proyectos de investigación científica previos realizados por sus componentes.
2. Presentación del proyecto. Se presentaron los conocimientos previos que se tenían sobre la población de calderones de la zona y los factores de riesgo que se sospechaban la afectaban, los objetivos a conseguir dentro del proyecto y las acciones a realizar. Además se mostró qué colaboradores participan y las acciones conjuntas que se pudiesen realizar con cada una de las entidades en cuestión.

En cada una de estas reuniones se facilitó un folleto sobre las actividades de Asociación Tonina, un resumen detallado sobre el proyecto MITCALD y un tríptico (un ejemplo de éste material se encuentra en la parte impresa de documentación de divulgación y en el CD presentado a Fundación Biodiversidad). El resumen del proyecto se encuentra también disponible en la página web de la entidad: http://asociaciontonina.com/portfolio/mitcald/.

Muchas de estas reuniones sirvieron para que diversas entidades, empresas u organizaciones, conociesen algo más acerca del calderón tropical y los posibles problemas de conservación a los que se enfrenta la comunidad residente del suroeste de Tenerife. A continuación se detalla el listado de entidades a las que se les presentó el proyecto.

Fecha	Organismo/ Entidad	Objetivos a tratar
12/12/2014	Cabildo de Tenerife. Consejería de Medio Ambiente	Presentación de la entidad. Presentación del proyecto MITCALD. Posibles acciones y apoyo al proyecto.
20/01/2015	Ayuntamiento de Arona. Área de Medio Ambiente	Presentación del proyecto. Colaboraciones en actividades de divulgación y formación dentro del mismo.
27/01/2015	Turismo de Tenerife	Presentación de la entidad. Presentación del proyecto. Colaboraciones en actividades de divulgación y formación dentro del mismo.
03/02/2015	Ayuntamiento de Santa Cruz. Áreas de Medio Ambiente y Educación (divulgación)	Presentación del proyecto. Colaboraciones en actividades de divulgación y formación dentro del mismo.
07/04/2015	Ayuntamiento de Adeje. Área de Medio Ambiente	Presentación del proyecto. Colaboraciones en actividades de divulgación y formación dentro del mismo. Apoyo al proyecto
21/07/2015	Ayuntamiento de Guía de Isora	Presentación del proyecto. Colaboraciones en actividades de divulgación y formación dentro del mismo. Apoyo al proyecto
30/07/2015	Ayuntamiento de Candelaria	Presentación del proyecto. Colaboraciones en actividades de divulgación y formación dentro del mismo.
06/08/2015	Cabildo de Tenerife. Consejería de Medio Ambiente	Apoyo económico e institucional al proyecto
13/08/2015	Ayuntamiento de Adeje. Área de Medio Ambiente	Apoyo al proyecto
21/01/2016	Turismo de Tenerife	Posibles acciones y apoyo al proyecto.

		Apoyo futuro a una extensión del mismo.
22/01/2016	Reunión con PTC Mac	Formación de una red compartida de datos para la Macaronesia, entre los que se encuentra MITCALD.
26/01/2016	Gobierno de Canarias	Posibles colaboraciones futuras en una ampliación del proyecto.

Además, dentro de las actividades de divulgación del proyecto se optó por la realización de un crowdfunding para ayudar en una parte de la cofinanciación y para que la ciudadanía se hiciese eco del proyecto en sí. Esta idea se planteó para que el proyecto consiguiese una mayor difusión en prensa y redes sociales, lográndose además una participación activa de los sectores implicados y de la propia ciudadanía. La plataforma que se escogió para la realización del crowdfunding fue VERKAMI, una plataforma española, premiada en el año 2014 por la gran difusión y aceptación de los proyectos presentados (https://www.verkami.com/). Para la consecución de este objetivo se realizó un pequeño resumen del proyecto (similar al que se encuentra en la página web de Asociación Tonina (http://asociaciontonina.com/portfolio/mitcald/), así como un pequeño vídeo donde se muestra el trabajo realizado en las campañas de toma de datos en el pasado (https://vimeo.com/131334546).

2. CURSOS DE FORMACIÓN PARA PERSONAL VOLUNTARIO COLABORADOR (Act. 2).

Se llevó a cabo una charla de formación de personal voluntario al inicio del proyecto en la Facultad de Biología, dirigida a alumnos de biología de dicha Facultad (Ver Dossier de actividades realizadas presentado junto con el resto de documentación). Con ello se consiguió que los alumnos se familiarizaran con la metodología de estudio de cetáceos en libertad, que descubrieran los distintos proyectos de investigación sobre cetáceos que se están llevando en los ZECs marinos de la demarcación Canaria y que mejoraran el conocimiento y la percepción sobre la estrategia marina en España. Aunque no se pudo invitar a participar en las campañas

de toma de datos a todas las personas que asistieron a la charla, la asistencia de varios de los voluntarios tanto en la estación de tierra como desde barco en las campañas realizadas durante el año 2015, favoreció la implicación de los estudiantes en el proyecto. En estas charlas se explicó de manera detallada la metodología a aplicar y como proceder a la hora de la toma de datos en las campañas de toma de datos que se iban a realizar. Además, se recogieron los datos de contacto de cada uno de los asistentes y se incluyeron en una base de datos de voluntarios específica para la realización de futuras campañas y actividades, en la continuación de este proyecto.

Figura 2.1: Fotografías de la charla de formación de voluntarios. Izquierda: Portada de la charla presentada a los posibles voluntarios. **Derecha:** Fotografías tomadas durante la impartición de la charla de formación para voluntarios en la facultad de Biología de la Universidad de La Laguna.

Dentro de esta actividad se incluyó además, la formación de dos alumnas del Máster “Biodiversidad y Ecología Marina” (impartido por la Facultad de Biología de la Universidad de La Laguna), que realizaron las prácticas de empresa bajo nuestra tutela, participando en la recolección de datos, así como en el procesado de los mismos. Asimismo, desarrollaron sus trabajos de fin de máster en dos líneas de investigación incluidas dentro del proyecto MITCALD, más concretamente en las líneas de estudio trófico del calderón tropical y sobre el impacto de embarcaciones y niveles de estrés asociados usando el cortisol como indicador. Ambos trabajos se colgarán en la página web de la Asociación en cuanto estas alumnas los defiendan frente a un tribunal de la Universidad de La Laguna.

Figura 2.2: Alumnas de máster ayudando en los análisis de los datos recogidos. Dentro de los trabajos de fin de máster y prácticas de empresa, las alumnas participaron tanto en las campañas de recogida de datos, como en el proceso de análisis, adquiriendo experiencia como investigadoras y completando con ello su formación.

Por último, dentro de esos cursos de formación, se incluyó la asistencia externa de dos miembros de CIRCE, especializados en la toma de biopsias mediante dardos remotos con el calderón común (*Globicephala melas*) en el Mar Mediterráneo. La asistencia de estos dos investigadores permitió la realización de un curso práctico para el personal de la entidad en relación a la toma de biopsias y el procesado de muestras. Se aprovechó la ocasión y su extensa experiencia en campañas para que asistieran a una de las nuestras, comparando y aprendiendo diferentes metodologías entre los equipos y ayudando en la formación de voluntarios.

3. CAMPAÑAS CIENTÍFICAS PARA EL SEGUIMIENTO ESTACIONAL DE CETÁCEOS, TOMA DE DATOS ACÚSTICOS Y BIÓPSIAS (Act. 3).

3.1. Áreas de estudio.

Uno de los objetivos principales de este proyecto era la de comparar grupos de calderones sometidos a una alta perturbación antropogénica frente a grupos sometidos a una baja perturbación (grupos control) (Act. 3.C.2. de la memoria técnica). Debido a que durante la primera campaña de toma de datos en la zona de Los Cristianos no se lograron diferenciar claramente grupos sometidos a una baja perturbación, se decidió escoger otra zona de estudio como zona control, donde se sospechaba que los grupos de calderones presentaban menor presión antropogénica. Es por ello que este estudio se desarrolló en dos áreas costeras diferentes de la isla de Tenerife: i-) Los Cristianos (zona de estudio) y ii-) Anaga (zona control).

i-) Los Cristianos. Esta zona de estudio, situada en el suroeste de la isla, está situada al resguardo de los vientos alisios del nordeste y abarca toda la costa desde la Punta de Rasca hasta la zona de las Toscas (cerca de puerto colón). La zona se halla situada dentro de la Zona de Especial Conservación (ZEC- ES 7020017), Franja Marina Teno-Rasca. Este espacio marino protegido, consta de una superficie de 76648 ha englobadas y una longitud de costa de unos 80 km. Dicha zona se caracteriza por estar protegida de los vientos dominantes del NE debido a su orientación y a las altas cumbres que la bordean, siendo el denominado "*efecto de masa de isla*" el factor principal que la caracteriza oceanográficamente. Como consecuencia del choque de los vientos alisios y la corriente de Canarias con el edificio insular, se originan zonas de aguas calmadas muy bien delimitadas. En los bordes de unión entre las aguas expuestas y las calmadas se forman remolinos ciclónicos y anticiclónicos de gran importancia para la producción primaria (Hernández-León, 1986; Aristegui et al., 1989; Aristegui et al., 1997). La topografía submarina de la costa en esta zona de Tenerife se caracteriza por la escasa extensión de la plataforma insular, consecuencia de la posición oceánica y origen volcánico del Archipiélago. Este ZEC está situado adyacente a una de las principales concentraciones de población de la isla y con mayor importancia desde el punto de vista turístico. Es por ello, que en esta área se desarrollan una gran diversidad de actividades que, en muchos casos, suponen serias amenazas para la

conservación de sus valores naturales. Cabe destacar a este respecto el tráfico marítimo, la pesca, la acuicultura, los vertidos, las construcciones litorales y la actividad incontrolada de observación de cetáceos.

ii-) Anaga: Esta zona, situada en la vertiente noreste de la isla, cubre la zona costera desde aproximadamente el puerto de Santa Cruz de Tenerife hasta la punta de Antequera. La geomorfología general de las costas en esta zona es la de acantilados costeros, donde se puede encontrar la desembocadura de multitud de barrancos, con diversas cuevas, algunas ensenadas y playas, como puede ser la playa de Antequera. El desmantelamiento general de una de las zonas más antiguas de Tenerife (Macizo de Anaga y Teno) y los procesos erosivos del edificio volcánico, son los factores principales que caracterizan la costa en la zona. La interacción de los vientos alisios de dirección NE-SW y la corriente canaria de dirección SW con la abrupta orografía del macizo de Anaga, influyen de manera muy destacada sobre la intensidad y dirección de las corrientes en la zona. La dirección de la corriente, a pesar de presentar cierta periodicidad mareal, presenta con mayor frecuencia una dirección paralela a la costa en dirección SW, siendo temporalmente fuertes. Incluídas dentro de esta área de estudio, se encuentran dos Zonas de Especial Conservación: Sebadal de San Andrés (ZEC: ES-7020120) y Sebadal de Antequera (ZEC: ES-7020128). Esta área de estudio está situada cerca del puerto de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife, y adyacente a varios núcleos urbanos costeros. Es por ello, que en esta área se desarrollan diversas actividades que afectan a la conservación de los valores naturales de la zona. Cabe destacar a este respecto el tráfico marítimo, la pesca, los vertidos y las construcciones litorales. Sin embargo, en esta zona de estudio apenas existe actividad marítima turística, ni comercial de observación de cetáceos.

3.2. Metodología de estudio.

La alta frecuencia de avistamientos de calderones cerca de la costa en Tenerife permitió combinar el esfuerzo de muestreo visual desde una embarcación con una plataforma situada a unos 100 m de altura instalada en tierra, desde la que se registraron los avistamientos de grupos de cetáceos y se tomaron datos sobre la posición y características de cada avistamiento (especie, número de individuos,

comportamiento, nº de barcos asociados a los animales, etc), así como la actividad náutica en la zona.

i-) <u>Estación de tierra</u>: Desde la que se utiliza la metodología de muestreo desde punto fijo, con observadores que muestrean el área de estudio con ayuda de prismáticos de alta resolución, permitiendo obtener abundancia de cetáceos en zonas costeras. La estación de tierra para el estudio del área de Los Cristianos, se localizó en la Montaña Chayofita. (28º 03' 14''N, 16º 43' 16''W) a 112 metros de altura (Fig. 2.3 y Fig. 2.4), mientras que la estación de tierra en Anaga se situó en el mirador de las Teresitas (28º 30' 41''N, 16º 10' 42''W) a 155 metros de altura (Fig. 2.3 y Fig. 2.4).

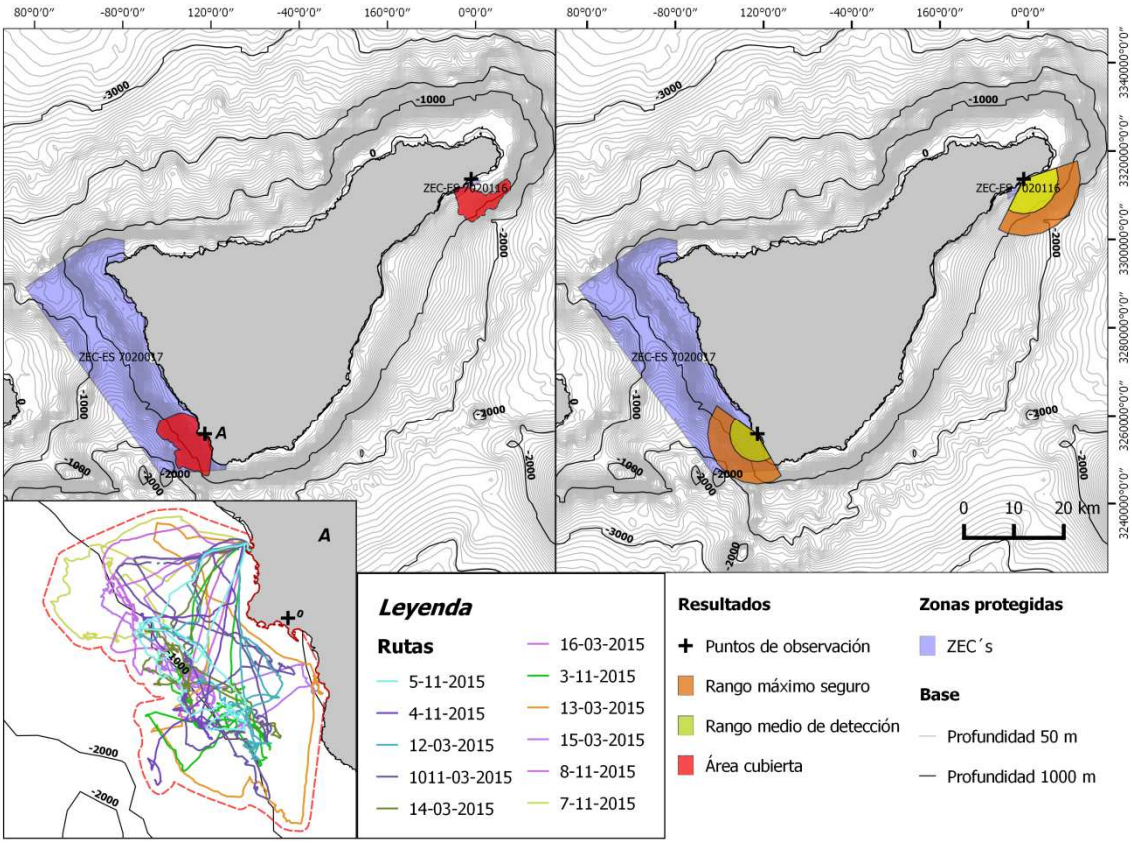


Figura 2.3: Localización de las zonas de estudio en el mapa de Tenerife y situación de las Zonas de Especial Conservación Marinas (ZECs). **Izquierda:** Área cubierta (en rojo) por la estación de mar durante todo el estudio. En el recuadro se observa en detalle todas las rutas llevadas a cabo por la embarcación durante los 11 días de esfuerzo en Los Cristianos. **Derecha:** Rangos de detección desde las estaciones de tierra de Los Cristianos y Anaga.

El esfuerzo visual se llevó a cabo por un equipo de cuatro investigadores, en turnos rotativos de 30 min. De esta forma, cada uno de los observadores pasa sucesivamente por: una posición de registro de datos con el ordenador, una posición de observación con prismáticos pequeños (que escanea 90º en la parte derecha del área), una posición de observación con prismáticos de alta resolución (Big Eyes) (que escanea 180º en toda el área) y una posición de observación con prismáticos pequeños (que escanea 90º la parte izquierda del área) (Fig. 2.4). Utilizando este sistema rotatorio, se evitan errores debido al diferente grado de experiencia de los investigadores en el avistamiento de cetáceos, ya que todos los miembros del equipo de trabajo, pasan sucesivamente por todos los puestos de observación.

Se utilizaron dos prismáticos pequeños Luger de 7x50 y un prismático (Big Eyes) de 15x80 (aumentos x diámetro de la lente), equipados con compás y retículas para el cálculo del ángulo y la distancia radial a los avistamientos.

Figura 2.4: Estaciones de tierra de Los Cristianos y Anaga. A: Estación de tierra de la zona de Anaga, situada en el mirador de las Teresitas **B:** Detalle de los puestos de observación en la zona de Anaga. **C y D:** Estación de tierra en la zona de Los Cristianos, situada en la montaña Chayofita. Nótese que dos observadores con prismáticos de 50 X70 escanean la mitad del área (90º cada uno), mientras que el observador en los Big Eyes (15x80) escanea toda la extensión del área (180º).

Para georeferenciar y obtener la posición (latitud y longitud) de los avistamientos, se utilizaron rutinas propias programadas en Matlab 7.5 (*The Mathworks, Inc.*) por el Dr. Ingeniero Mark Johnson, y modificadas para su utilización durante esta investigación en Tenerife. Estas rutinas, conocidas en su conjunto como el programa logtool, permiten georeferenciar en tiempo real los avistamientos siguiendo el método descrito por Lerczak y Hobbs (1998).

La estación de tierra registró los siguientes datos:

- Fecha, hora y posición de cada uno de los avistamientos.

- Condiciones ambientales generales. Se tomaron datos acerca de las condiciones generales de visibilidad (**buena visibilidad**= cuando se avista claramente la línea del horizonte, **media visibilidad**= cuando la línea del horizonte se ve borrosa,

mala visibilidad= cuando no se ve correctamente la línea del horizonte) cada media hora.

-Estado general del mar. Para evaluar el estado del mar, se utilizó la escala de Beaufort, considerándose como condiciones adecuadas para el avistamiento de cetáceos a los estados:

- *0: Calma (<1 nudos),* donde el aspecto del mar es despejado sin ondulaciones aparentes.
- *1: Ligera brisa (1-3 nudos),* el mar muestra pequeñas ondulaciones, pero sin espuma.
- *2: Brisa (4-6 nudos)*, el mar muestra pequeñas olas que no llegan a romper.
- *3: Brisa moderada (7-10 nudos)*, se forman pequeñas olas con crestas rompientes (borreguillos).
- *4: Viento (11-16 nudos),* los borreguillos son numerosos y las olas cada vez más grandes y largas.
- *5: Viento fuerte (17-21 nudos)*, olas de medianas a grandes, crestas rompientes con espuma.

- **Mar de fondo.** El tamaño y periodo entre las olas no afecta a la probabilidad de avistar animales desde la estación de tierra. Sin embargo, se tomaron datos cada 30 minutos sobre la altura de las olas en el área siguiendo la escala de Douglas (de 0-4), ya que el mar de fondo sí afecta a la probabilidad de avistar animales desde la estación de mar. En condiciones de fuerte marejada (Douglas 4), ambas estaciones abandonaron el esfuerzo de búsqueda, ya que las condiciones no permitían el avistamiento óptimo de cetáceos.

- **Avistamientos.** Un avistamiento, indistintamente de la especie de cetáceo que se tratara, fue definido como la observación de un grupo de animales, de uno o más individuos en superficie con una estrecha asociación espacial (menos de 500 m) y que tienen una misma actividad general. Los calderones se diferenciaron fácilmente de otras especies de cetáceos presentes en el área, principalmente delfines mulares (*Tursiops truncatus*); aunque en caso de duda, se realizó la identificación hasta el nivel de género o familia (p.ej.

delfinidos, zifios, balaenoptera sp., etc.). En todos los casos en los que la embarcación pudo acudir al avistamiento, se confirmó la correcta identificación de las especies de cetáceos avistadas por la estación de tierra.

A cada uno de los grupos de calderones avistados cada día, se le asignó un código compuesto por una letra del alfabeto, seguida de un número correlativo que corresponde al nº del avistamiento de ese grupo en ese día. De esta forma, el primer avistado del primer grupo de calderones del día será el A1, seguido del A2, A3, A4, y así sucesivamente para los distintos avistamientos del mismo grupo durante ese día. Se asignó una letra diferente para cada nuevo grupo de calderones avistado (B, C, D, etc.). Los calderones pueden realizar buceos profundos de alimentación que duran alrededor de 20 minutos (Aguilar, 2006, Aguilar *et al.,* 2008), durante los cuales no es posible el seguimiento fiable de los animales en superficie. Debido a este factor, en los casos en los que no se podía garantizar la identidad de los animales avistados tras un buceo profundo, se asignaron letras diferentes para estos grupos. Otras especies de cetáceos avistados en el área se clasificaron de igual forma, pero añadiendo una letra X al principio del código.

Figura 2.5: Fotografías de diferentes especies de cetáceos avistadas durante el desarrollo del proyecto. A-) Zifio de Blainville (*Mesoplodon densirostris*). **B-)** Delfín común (*Delphinus delphis*). **C-)** Rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*). **D-)** Delfín mular (Tursiops truncatus)**. E-)** Calderón gris (*Grampus griseus*).

-Número de individuos en los grupos de cetáceos. El número de individuos en cada uno de los grupos avistado fue estimado por varios observadores. Debido a

que la probabilidad de cometer un error en la estima del número de animales en un grupo aumenta con el número de individuos presentes en el mismo, se optó por utilizar un sistema de rangos, cuya variación aumenta de forma exponencial con el número de animales. De esta forma, si se observaban de 1 a 5 animales, se recogía en la base de datos el número exacto; pero a partir de 5 animales, se registró el número de individuos en los grupos utilizando los siguientes rangos: de 5-10 animales, de 10-20 animales, de 20-40 animales y más de 40 animales.

-Comportamiento general del grupo. Con objeto de poder realizar comparativas con los resultados obtenidos por otros investigadores en el área (Montero & Martín, 1993; Martín & Medina, 1994; Carrillo & Martín, 2000), se han utilizado las categorías estandarizadas según Carrillo y Tejedor (2002). Así, los comportamientos de los grupos de cetáceos fueron determinados como:

- *Viajando:* cuando la mayor parte de los individuos del grupo se desplazan siguiendo un mismo rumbo.
- *Socializando:* cuando varios componentes del grupo manifiestan contactos físicos reiterados, existiendo una gran actividad en superficie como son golpes con la cola ("Tail slap"), salidas a espiar ("Spyhop"), emisión de burbujas, etc. En el caso de delfines, una gran actividad en superficie puede deberse a eventos relacionados con la alimentación, por lo que se limitó el uso de esta categoría de comportamiento a aquellos casos en los que no existían dudas.
- *Omnidireccionales:* cuando la mayoría de los individuos del grupo muestran cambios de dirección reiterados, sin llegar a estar parados y sin mostrar comportamientos de socialización.
- *Descansando:* Los individuos del grupo tienden a agruparse en grupos compactos donde no realizan desplazamientos definidos, mostrando poca actividad general y pasando mucho tiempo con alguna parte del cuerpo por fuera del agua (normalmente el extremo de la aleta dorsal).
- *Alimentándose:* Cuando los animales manifiestan una gran actividad en superficie, realizando inmersiones continuadas en un área relativamente reducida y pueden observarse cardúmenes de peces siendo perseguidos por los cetáceos y/o aves marinas sobrevolando el grupo. En el caso de los calderones tropicales, que realizan inmersiones

profundas para alimentarse, de forma individual o formando pequeñas agrupaciones de ejemplares (2-5 individuos) mientras el resto del grupo permanece en superficie (Aguilar de Soto, 2006; Aguilar de soto *et al.,* 2008, Marrero, 2015), se registró sólo el comportamiento de los individuos en superficie, por lo que no se consideró esta actividad. De igual forma, aunque algunos delfines mostraban restos de presas después de realizar inmersiones de larga duración, se registró únicamente el comportamiento de la mayoría de los individuos del grupo que permanecían en superficie.

Se registraron asimismo eventos de comportamiento que realizaron animales de forma individual, tales como: golpes con la cola, salidas a espiar, saltos, etc.

- Nº de embarcaciones en las cercanías de grupos de cetáceos. Se contabilizó el número de embarcaciones a menos de 200 m de los grupos de cetáceos, y se recogieron datos sobre el tipo de embarcación del que se trataba. Además, se registró si las embarcaciones que se encontraban con los grupos de cetáceos estaban o no incluidas en el listado oficial del Gobierno de Canarias de embarcaciones que desarrollan la actividad de observación de cetáceos con fines turísticos (http://www.gobcan.es/cmsgobcan/export/sites/turismo/downloads/modelos/cetaceo/EMBARCACIONES_CETACEOS_JULIO_2015.pdf).

-Tipo de embarcación y velocidad de las mismas en toda el área de estudio. Para obtener datos sobre zonas de navegación por parte de diferentes tipos de embarcaciones, cada 2 horas se llevaron a cabo barridos con prismáticos de toda el área de estudio, durante los cuales se tomaban datos acerca del tipo de embarcación (Ferrys, Zodiacs, Yates, Catamaranes, Barcos de pesca, Motos de agua y otros) y su velocidad relativa (parados o a la deriva, navegación lenta, navegación rápida).

ii-) <u>Estación de mar</u>: Los muestreos se realizaron a bordo de una embarcación semirígida de 4,5 metros de eslora y con un motor de 40 cv (NOA), con un mínimo de 3 investigadores a bordo que trabajan de forma coordinada con la estación de tierra. Durante la navegación se utilizaron sistemas de posicionamiento por GPS compactos (Garmin Etrex venture HC y Garmin Etrex 10) que registraban los datos de posición de la embarcación en cada momento y en el que se introdujo la posición de cada uno de

los avistamientos. Los transectos llevados a cabo por esta embarcación no siguieron un diseño sistemático y fueron llevados a cabo aleatoriamente en las dos zonas de estudio, intentando muestrear las áreas más alejadas y difíciles de cubrir por parte de la estación de tierra. Durante los transectos, la velocidad de la embarcación fue relativamente constante (alrededor de 6 nudos) y la estrategia de muestreo fue idéntica en todos los casos. Se realizaron turnos de vigía cubriendo 180º hacia la proa de la embarcación de forma permanente y sin prismáticos, donde se evaluó cualquier signo que pudiera indicar la presencia de cetáceos, como soplos, aletas, averíos, saltos, salpicaduras, etc.

Figura 2.6: Investigadores del proyecto y voluntarios durante diferentes actividades llevadas a cabo por estación de mar. A: Acercándose a un grupo de calderones avistados desde tierra. **B:** Durante la aproximación final a un grupo, donde se baja la velocidad del barco para perturbar lo menos posible a los animales. **C:** Investigador del proyecto comunicándose por radio con la estación de tierra al finalizar un avistamiento**.**

La estación de mar estaba en todo momento en comunicación por radio VHF con los observadores situados en la estación de tierra, de forma que las dos estaciones trabajan en todo momento de forma coordinada. En caso de producirse un avistamiento, la embarcación suspendía el esfuerzo de búsqueda y procedía al acercamiento a los grupos de animales para la recogida de datos, recogiéndose en la

base de datos general qué estación había avistado primero a los animales. Todos los acercamientos a los cetáceos se hicieron utilizando un ángulo y velocidad adecuados para no interferir en sus movimientos ni en su comportamiento, siguiendo las normas de conducta establecidas en el RD 1727/2007 del 21 de diciembre. Una vez la embarcación llegaba al punto de encuentro con los grupos de cetáceos, se procedió a la toma de los siguientes datos básicos:

-Posición y hora del avistamiento.

-Reacción de los animales ante la embarcación. Estas categorías de comportamiento se realizaron en base a la reacción que mostraron los animales ante la embarcación:

- *Indiferente:* Los individuos del grupo no muestran ningún cambio de comportamiento apreciable ante la presencia de la embarcación.
- *Evasivos:* Los animales muestran comportamientos de evasión ante la presencia de la embarcación, como pueden ser: cambios en la dirección de desplazamiento y la velocidad de natación, incremento en el número de inmersiones someras.
- *Atraídos:* Algunos individuos del grupo se aproximan a la embarcación, mostrando signos evidentes de curiosidad, como pueden ser: navegar en la proa, rodear el barco con emisión simultánea de zumbidos, girar sobre sí mismos enseñando la zona ventral del cuerpo.

- Cohesión del grupo. Para determinar la cohesión de los individuos de un grupo se han utilizado dos categorías diferentes:

- *Grupo compacto:* Cuando los individuos se agrupan formando una sola unidad y la mayoría de los individuos no se separan del resto de animales del grupo más de 50 m entre sí.
- *Grupo disperso:* Cuando los individuos del grupo se separan unos de otros más de 50 m, aunque siguen mostrando un comportamiento general similar. En el caso de los calderones, es común que los miembros de un grupo que permanecía compacto en un momento dado formen varias agrupaciones más pequeñas

o “clusters” de individuos poco después, estando estos clusters de individuos separados entre sí por más de 200 m en algunos casos.

-**Número de animales en el grupo.** En el caso de los calderones, existen serias dificultades para la determinación de una unidad clara y definida como “grupo” al realizar los muestreos desde una embarcación. Esto se debe a la fluidez de comportamientos diferentes que desarrollan los diversos miembros de un mismo grupo. Así, es habitual que varios individuos de un mismo grupo se separen del núcleo del mismo durante largos periodos de tiempo, para más tarde reunirse de nuevo. Es por ello que, para la determinación de los distintos grupos avistados durante un mismo día, se utilizaron las indicaciones dadas por la estación de tierra, desde donde se podía realizar el seguimiento temporal de los grupos de cetáceos y seguir de forma precisa los cambios en la cohesión de los mismos. Así, se consideró como “grupo o agregación de cetáceos” a una asociación de individuos de una misma especie, que desarrollaban un comportamiento similar en superficie y que se encontraban en un perímetro de unos 500 m. La estima en el número de animales se llevó a cabo por varios observadores, siguiendo la misma metodología utilizada por la estación de tierra.

- Composición social del grupo. La presencia de dimorfismo sexual en el calderón tropical, permitió la utilizaciónde las siguientes 5 categorías que pueden observarse directamente en su medio natural: *machos adultos*, *individuos adultos indeterminados*, *hembras adultas*, *juveniles* y *crías o neonatos* (Para más detalles consultar el apartado 1.2 de la presente memoria). Debido a la ausencia de criterios que permitieran la correcta identificación del sexo en otras especies de cetáceos avistados, como por ejemplo el delfín mular (*Tursiops truncatus*) (Carrillo & Martín, 2000), la composición de los grupos se realizó en base a la presencia de juveniles o crías en los mismos. De esta forma, se consideraron 4 categorías diferentes: *Adultos indeterminados*, *hembras acompañadas de juveniles o crías*, *juveniles* y *crías*.

3.2.1. Toma de fotografías para fotoidentificación.

Además de la toma de datos básicos, la estación de mar realizó la toma de fotografías de aletas dorsales de los cetáceos para su identificación individual (Fotoid). En el caso de los calderones tropicales, la identificación de los individuos se hace en base al perfil de la aleta dorsal, forma, marcas, cicatrices, y las distancias relativas entre éstas. Siguiendo los criterios propuestos por Bigg et al. (1986), Agler y Katona (1987), Alger et al. (1990), y Mizroch & Bigg (1990), se recolectó el mayor número posible de registros fotográficos de aletas dorsales y cicatrices en el cuerpo de los animales avistados, para optimizar así su reconocimiento individual. Cada individuo fotografiado se incluyó en un catálogo online, con una clave identificativa formada por la abreviatura del nombre científico de la especie (Gm), más un número correlativo (http://asociaciontonina.com/wpcontent/uploads/2016/05/catalogo_calderones_web.pdf).

Figura 2.7: T**rabajo de Fotoid llevado a cabo por la estación de mar.**

Para la toma de fotografías se usaron dos cámaras réflex digitales (Canon 30D y Canon 300D) equipadas con objetivos y estabilizador de imagen de 70x300 (Fig. 2.7). Los animales fueron fotografiados independientemente de la proporción de marcas que presentaran los distintos individuos, tratando de maximizar que la captura fotográfica de los distintos individuos fotografiados fuera homogénea. Dado que las marcas utilizadas en este estudio para el reconocimiento individual no dependen del lado del animal fotografiado, no se realizó un esfuerzo dirigido a un lado específico de los animales; procediendo, en todos los casos, a la aproximación a los cetáceos desde

el lado que favoreciera la toma de fotografías de calidad, minimizando la cantidad de maniobras necesarias para colocar la embarcación en posición. Se trató con ello de minimizar en la medida de lo posible la perturbación a los cetáceos por parte del equipo de investigación.

3.2.2. Registro de datos acústicos.

Para determinar los niveles de ruido provocado por las embarcaciones que se acercaban usualmente a los grupos de calderones, se utilizó un sistema "sound trap 202", que permite la grabación acústica en un rango de frecuencia de 20 Hz a 60 kHz y posee un nivel muy bajo de ruido interno.

Para estimar la distancia desde la embarcación hasta el sistema de grabación y desde las distintas embarcaciones hasta los grupos de cetáceos, se utilizó un telémetro láser modelo PCE-LRF 600 (PCE Instruments) con un rango de 6-800 m. Estas distancias se estimaron en distintos periodos durante los acercamientos de las embarcaciones a los grupos de calderones.

3.2.3. Toma de biópsias.

Se obtuvieron muestras de piel y grasa utilizando sistemas remotos para la toma de biopsias de tejido cutáneo y subcutáneo mediante dardos (Hoelzel *et al.,* 1998; Barrett-Lennard, 2000), a una distancia de entre 5 y 15 metros de los calderones. Los dardos están diseñados para flotar y poder ser recuperados posteriormente con ayuda de una red de mano. Se usaron puntas de 2 cm de largo y 0,6 cm de diámetro interno y los dardos se dispararon en la región medio-lateral debajo de la aleta dorsal, donde la capa de grasa subcutánea es más profunda. No se tomaron biopsias de grupos sensibles como fueron madres con crías, siguiendo los protocolos éticos de experimentación animal que se recogen en el RD 53/2013.

Los sistemas de biopsia remota han sido ampliamente utilizados en multitud de estudios sobre cetáceos en libertad, como pueden ser: estudios de reconocimiento de individuos, sexo (Winn *et al.*, 1973), edad (Herman *et al.*, 2008), niveles de contaminantes (Brown *et al.*, 1991; Focardi *et al.,* 1991; Woodley *et al.*, 1991), dieta (Hooker *et al.,* 2001; Herman *et al.*, 2005; Krahn *et al.,* 2007) y relaciones genéticas

(Baker *et al.,* 1990; Baker *et al.,* 1993; Lambertsen, 1987). Recientemente un estudio realizado sobre el impacto de la toma de biopsias remotas en el calderón tropical, especie objeto de investigación en el presente proyecto, no ha observado cambios sobre el comportamiento de caza, número de buceos, intentos de captura y orientación del cuerpo (Crain, 2012), indicando que esta metodología tiene un impacto leve sobre los animales.

La obtención de biopsias mediante sistemas remotos fue realizada por personal cualificado con la titulación de protección y experimentación animal para experimentadores en fauna silvestre. Categoría B, exigida por la normativa vigente. Inmediatamente después de recuperar las muestras, éstas fueron conservadas en frío y se transportaron a los congeladores de -80 ºC que posee la Universidad de La Laguna hasta su análisis posterior.

4. ANÁLISIS DE DATOS (Act. 4).

4.1. Creación de un catálogo de fotoidentificación, análisis de abundancia y estructura social (Act. 4.A).

4.1.1. Selección y análisis fotográfico. Asignación de valores de “Q” y “M”, creación de bases de datos y catálogo de fotoidentificación.

Una vez en tierra, se descargaron y seleccionaron aquellas fotografías con calidad suficiente para ser usadas en el análisis fotográfico (se eliminaron las fotografías que no aportaron ningún tipo de información relevante). Cuando fue necesario, las fotografías que se utilizaron para la identificación de los individuos, se mejoraron mediante el programa ACDSee-Pro (Fig. 2.8) y/o Photoshop, con el objetivo de optimizar las posibilidades de reconocer las marcas. Se le asignó un valor de “Q”, atendiendo a su calidad fotográfica (enfoque, ángulo y condiciones de iluminación), y de “M” dependiendo de la cantidad de rasgos distintivos en cada individuo (muescas o cicatrices y/o formas características de la aleta dorsal) a cada una de las fotografías. Se consideran animales con una M4, aquellos individuos que se pueden reconocer fácilmente (dorsales muy características) incluso con una Q1 o Q2. Los valores utilizados fueron de 1 a 4, siendo este último, el valor dado a aquellas que presentan la mejor calidad, tanto en el caso de las Q como de las M.

Cada grupo avistado se incluyó en una base de datos en Microsoft EXCEL, donde se incluyeron los siguientes datos: número de individuos presentes en el grupo, hora, fecha, posición, estructura social y comportamiento general del grupo. Se especificó además, el número de fotografías totales analizadas por grupo (tras descartar aquellas con mala calidad) y para cada uno de los animales fotoidentificados, diferenciando entre: i-) **animales reconocibles o determinados** (con marcas características) y ii-) **animales indeterminados** (con ninguna o pocas marcas). Hay que considerar que las cicatrices en el cuerpo de los calderones no se han utilizado como una herramienta de identificación para el reavistamiento en días sucesivos. Sin embargo, han servido para el reconocimiento del mismo individuo en un mismo día, avistamiento o grupo. Esto se debe a que las cicatrices en calderones no parecen perdurar en el tiempo, al contrario de lo que sucede en otras especies de cetáceos como pueden ser: *Hyperoodon* (Gowans & Whitehead, 2001) o *Z. cavirostris* y *M. densirostris* (Aparicio, 2009*).* Además, se especificó si durante el acercamiento al grupo se hizo algún otro análisis (toma de biopsia, video, acústica).

De igual forma, cada individuo fotografiado se analizó y clasificó con el programa ACD-SeePro y se creó una base de datos específica para individuos, donde se recogió información complementaria para posteriores análisis: código del animal, código de marcas (definen las muescas características de la dorsal del individuo) código de la mejor foto del animal para ese día, clase de edad/sexo del individuo, grupo en el que se vio, fecha, número de fotos que se tiene del animal en cuestión, lado por el que se ha tomado la foto, si se tiene biopsia o no (en el caso de que se haya tomado biopsia, se añadió también el código de la muestra). Es importante resaltar que, únicamente se ha incluido en esta base de datos aquellos animales que se pueden identificar, excluyendo a todos aquellos que no dispongan de una Q o M lo suficientemente altas. Se creó el "**Catálogo de Calderón tropical en la isla de Tenerife**" (ver "Catálogo de calderones para la isla de Tenerife" presentado con el resto de la documentación o en la página web de la entidad: http://asociaciontonina.com/wp-content/uploads/2016/05/catalogo_calderones_web.pdf). En ese catálogo se puede observar la mejor fotografía de cada una de las aletas dorsales de los individuos, junto con un código identificatorio, compuesto por: la abreviatura del nombre científico de la especie (Gm), la zona en la que se avistó por primera vez (TS: Los Cristianos y AN:

norte de la isla, Anaga), el lado de la dorsal desde el que se tomó la foto (I: izquierdo y D: Derecho) y el número correspondiente al individuo dentro de la base de datos. El campo "fecha", recoge el último día en el que se avistó el animal. Además, en algunos casos, se añadió el nombre común de varios de los individuos, basándonos en la información facilitada por algunos barcos de observación de cetáceos del suroeste de Tenerife, administradores de la comunidad de facebook: *calderones de canarias* (https://www.facebook.com/Calderones-de-Canarias-1528928937330079/?fref=ts).

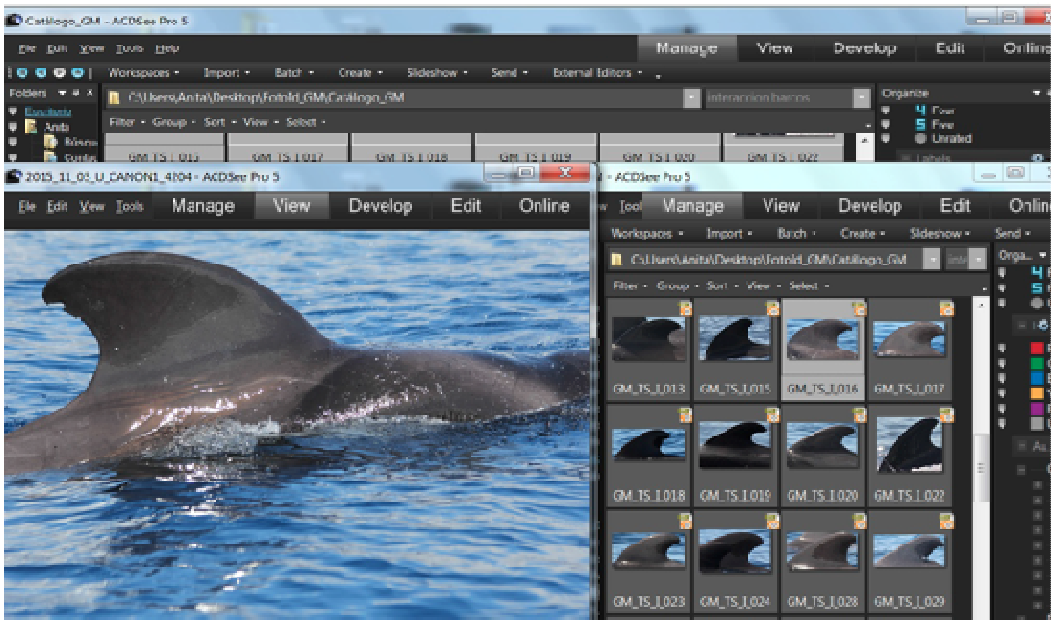


Figura 2.8: Interfaz de ACDSee para el análisis de fotoID.

Se creó una matriz de avistamiento en la que se incluyeron aquellos individuos con Q y M igual o mayor a 3, frente a los días de esfuerzo fotográfico realizados. En dicha matriz no se introdujeron los dos días correspondientes a Agosto de 2014, ya que en ese caso, las fotografías obtenidas fueron durante avistamientos oportunistas. Elegir únicamente aquellos animales con Q y M altas, permite asegurar un análisis en el que no se sobrestime la población de calderones.

4.1.2. Análisis de abundancia utilizando técnicas de captura-recaptura mediante fotoidentificación.

La estima de población se realizó utilizando el software de análisis MARK (http://warnercnr.colostate.edu/~gwhite/mark/mark.htm). Tras realizar un estudio preliminar de los datos, y habiendo valorado las diferentes asumpciones que se cumplen en cada uno de los modelos (población cerrada o población abierta), nos decantamos por aplicar un Modelo de Población Cerrada. Los criterios en los que nos hemos apoyado para la elección de dicho modelo son: i-) Los datos de este estudio corresponden a un **corto periodo de tiempo**, en lo que al ciclo de la vida del calderón se refiere. Este mismo criterio lo aplica Servidio (2014) para hallar su estima poblacional en el Sur de Tenerife, por lo que se podrían realizar comparaciones con los datos obtenidos para esta misma población varios años atrás. También Verborgh (2005) utiliza un modelo de población cerrada para estimar la población de calderón común *(Globicephala melas*) en el estrecho de Gibraltar. ii-) Nuestros datos no cumplen con el principio de que cada uno de los calderones fotoidentificados durante las campañas tengan la misma probabilidad de captura (**Ver Bloque III.4.1**), por lo que no puede aplicarse un modelo de población abierta.

Se analizaron los datos con el programa U-CARE, con el fin de comprobar el coeficiente de GOF (del inglés “Goodness Of Fit”), o grado de ajuste de los datos al modelo aplicado. Este paso analítico permite estimar si existe un resultado significativo para los Test de “Trap-dependence” (si hay animales más predispuestos que otros a ser capturados) o “Transients” (animales que están de paso, transeúntes). Además, se hizo un análisis con CAPTURE, una herramienta dentro del programa MARK, que permite la selección de todos los modelos derivados de M0 (modelos para Población cerrada). Estos modelos pueden analizarse por separado o combinados: M0, Mt, Mh, Mb, Mth, Mtb, Mbh y Mtbh (Pollock *et al*., 1990) y nos especifican los criterios de selección usados para elegir el modelo que mejor se ajusta. Estos modelos están clasificados en una escala del 0 al 1, el modelo con el valor 1 será en principio, el que mejor encaje con nuestros datos. Sin embargo, este criterio no es absoluto y se debe revisar que el modelo seleccionado por el

software MARK tiene sentido con los datos que tenemos, así como con la biología de la especie que se esta estudiando.

Se elaboró un archivo (compatible con MARK) a partir de una matriz de avistamientos en la que se representaron los días de muestreo frente a las veces que se avistó cada animal catalogado. En el archivo en cuestión, solo se registraron aquellos individuos con valores de Q y M superiores o iguales a 3. Este criterio de selección permitió usar datos más robustos para el análisis de estima poblacional, puesto que únicamente, se incluyeron aquellos animales que se identificaron correctamente, eliminando o reduciendo al mínimo el que se produzca una sobrestima poblacional por una mala identificación de un animal no marcado.

La estima dada por el programa MARK representa la estima poblacional para los individuos marcados, por lo que se aplicó un factor de corrección para incluir a aquellos animales de la población que no presentaban marcas. Dicho factor es el inverso de la tasa de individuos marcados. Así tenemos;

$$\text{Tasa individuos marcados} = \frac{\text{nº total de marcados}}{\text{nº marcados} + \text{nº no marcados}}$$

$$\text{Factor de corrección } (\hat{C}) = 1 / \text{Tasa de marcados}$$

Con todo ello, se realizaron 3 estimas poblacionales de calderón tropical para la isla de Tenerife aplicando un Modelo de Población Cerrada:

1. Una primera estima poblacional para los animales presentes en la zona Sur de Tenerife (Los Cristianos).
2. Una segunda estima para los animales muestreados en la zona norte de la isla (Anaga).
3. Una tercera estima conjunta (Zona Norte y Zona Sur).

4.1.3. Análisis de la estructura social del calderón tropical.

El análisis a nivel individual de cada uno de los animales que conforman los grupos o estructura social es la clave para entender cómo se crean y mantienen esas

estructuras o grupos estables (Gero et al., 2008). Así, se siguieron los criterios establecidos por Ottensmeyer & Whitehead (2003) para reducir la probabilidad de no haber realizado una buena cobertura fotográfica, eliminando del análisis aquellos grupos que no superaron el doble de cobertura fotográfica respecto al número de animales totales dentro del mismo. Para ello (siguiendo los criterios establecidos en el apartado 4.1.1 del presente bloque), se incluyeron solo aquellas fotografías que presentaron unos valores de Q y M superiores o iguales a 3. Se analizaron los individuos presentes en cada uno de los grupos; número de fotografías tomadas para cada uno de ellos, nº total de fotografías para el grupo, calidad de las mismas, composición del grupo (clases de edad/sexo y número de animales) e interacción entre individuos en el grupo donde se vio el grado de afinidad de los individuos. Se ha tenido en cuenta el sexo de los individuos, respetando la categoría usada en la base de datos de fotoid.

Es importante resaltar la metodología de muestreo llevada a cabo en este proyecto (ver Bloque II.3.2, estaciones de tierra y de mar), no realizada hasta el momento en la población de calderones tropicales del sur de Tenerife. Si únicamente se usase una plataforma de mar como metodología para recoger datos de estructura social de esta comunidad de calderones, la cobertura visual sería más baja y local, y los datos en ocasiones podrían depender del momento particular en el que se realice el avistamiento desde mar y de la cobertura fotográfica del grupo a estudiar.

Por todo ello, se optó por establecer los grupos, no sólo en función de la cobertura fotográfica y de la información dada por mar, también se analizó la información recogida desde la plataforma de tierra, la cual aportó información referente a composición grupal y cambios en cada grupo en función del tiempo. Este mismo criterio se usó para establecer la hora del avistamiento y el número total de individuos en el grupo. La hora del avistamiento se estableció en función de logtool, lo que permitió conocer si se producían cambios en el número de individuos que conformaban los grupos durante el día (o desde la primera vez que se veía en tierra).

Para el análisis de estructura social y patrones de asociación se usó el programa SOCPROG 2.6 para MATLAB, desarrollado por Whitehead (2008). Se optó por el uso de dos índices de frecuencia de co-ocurrencia, para calcular la fuerza de las relaciones comportamentales entre los individuos de la población: por un lado, el

llamado “half weight association index” (HWI), y por otro lado, el “Simple ratio association index” (SRI) (Cairns & Schwäger, 1987, Ginsberg & Young, 1992, Ottensmeyer & Whitehead, 2003). Estos índices reflejan una idea del porcentaje de tiempo que dos individuos son vistos juntos, a partir de una matriz de datos simétrica, dando unos valores que van desde 0 (animales que nunca se han visto juntos) hasta 1 (aquellos que siempre se han visto juntos). El SRI asume que todos los individuos durante un período de muestreo son reconocidos e igualmente fotoidentificables, algo que no suele cumplirse en el estudio de los cetáceos, por lo que el HWI suele considerarse un indicador de asociación más preciso en el análisis de este tipo de comunidades (Ginsberg & Young, 1992; Whitehead, 2008).

Se determinó el grado de ajuste de los índices de asociación a partir de las matrices calculadas en SOCPROG, calculando el coeficiente de relación (r), entre el índice real de asociaciones y los índices de asociación estimados. Dicho coeficiente indica el grado en el que los datos son representativos de la estructura social, obteniendo valores que van desde: 0.8 para aquellos que representan bien la estructura social; 0.40 – 0.79 si los datos son algo representativos; menores o iguales a 0.39 si no son representativos de la estructura social estudiada (Rogers et al., 2004; Whitehead, 2008). Con este análisis se podrá conocer si los resultados obtenidos se ajustan a la realidad y si se tienen suficientes datos para analizar la estructura social. En el análisis de diferenciación social, un resultado con valores menores a 0.3 indica que la sociedad de estudio es relativamente homogénea; los valores mayores a 0.5 corresponderán a una sociedad bien diferenciada; mientras que una sociedad altamente diferenciada vendrá dada por unos valores mayores a 2.0 (Whitehead, 2008).

Seguidamente, y si el grado de ajuste de los datos es correcto, se procederá a la realización de un análisis clúster para ilustrar patrones de asociación. Se analizará el Lagged Association Rate (LAR), (Whitehead, 1995, 1997), el cual nos dará una idea de la probabilidad de que si dos individuos son vistos juntos en un tiempo T0, se vean también en un tiempo T0+ζ (Whitehead, 1995). El LAR es estimado mediante el siguiente cálculo:

$$g(\tau) = [\Sigma_A \Sigma_\tau c(A.t.\tau)] / [\Sigma_A \Sigma_T N(A, t) * N(A, t+\tau)]$$

Donde;

·c (A.t.τ) = número de asociaciones que son vistas con el individuo a ambos tiempos t y t+ ζ.

·N (A, t) = número de asociaciones vistas con el individuo A en el tiempo t.

El LAR es comparado en todos los periodos de tiempo con la ”null association rate”, es decir, el LAR esperado si la asociación entre individuos fuese al azar dado un tamaño de la población:

$$g(\tau) = [\, 1/(P-1)]$$

P: número de individuos bien marcados del análisis.

Se consideraron asociados entre sí a todos aquellos individuos fotoidentificados avistados en un mismo grupo social. Los errores estándar serán estimados con el método jackknife (Efron & Goong, 1983).

Es importante señalar que el tiempo de muestreo y estudio de la población de calderones residentes en el ZEC Teno-Rasca es muy pequeño, con lo que los análisis de estructura social serán una pequeña pincelada en lo que a la estructura real de dicha población se refiere.

4.2. Determinación genética del sexo (Act. Extra).

El sexo de los individuos biopsiados fue determinado genéticamente. Para ello, se analizaron muestras de piel procedente de 13 calderones, que fueron conservadas en etanol hasta su posterior análisis.

A partir de una pequeña muestra de la piel, se extrajo y purificó el ADN mediante el método del Fenol Cloroformo. A partir del mismo y siguiendo el método de Shaw et al. (2003) se amplificó (primers: LGL331f - LGL 335r), mediante la técnica de PCR, un intrón del gen “Zfx/Zfy” presente en los cromosomas sexuales “X” e “Y”, pero en los que ha evolucionado de forma distinta. La diferencia consiste en una delección de 70 pares de bases en el cromosoma “X”, que puede ser detectada mediante electroforesis en geles al 1% de los fragmentos amplificados, en los que se observa una doble banda en el caso de los machos (XY) y una banda sencilla en el de las hembras. Se obtuvo una confirmación de los resultados mediante la amplificación

(primers: SRYr - SRYf) de un fragmento del gen “SRY”, presente únicamente, en el cromosoma “Y” de los machos (Rosel, 2003).

4.3. Análisis de la tipología y número de embarcaciones que visitan los grupos de calderones (Act. 4.B).

Para determinar el número, tiempo de permanencia y tipo de embarcación que visitan los grupos de calderón de forma usual, se utilizaron los datos recogidos por la estación de tierra en las dos zonas de estudio.

Se calculó el número total de embarcaciones de cada tipo (barcos de whale-watching, motos de agua y recreativos) que se encontraba a menos de 200 m de cada uno de los 357 grupos de calderones avistados en Los Cristianos y los 40 avistados en la zona de Anaga. Los resultados se expresaron como el porcentaje de todos los grupos de calderón avistados en presencia y ausencia de embarcaciones para cada área de estudio. Además, se calculó el número y los porcentajes de cada tipo de embarcación en las cercanías de los grupos para todos los avistamientos de calderón. Para calcular el tiempo de permanencia de las embarcaciones junto a los grupos de calderones, se utilizaron únicamente los datos de cada tipo de embarcación donde se tenían datos sobre la llegada y la partida de los mismos.

Para estudiar los tipos de embarcaciones en presencia de grupos con crías o juveniles (grupos más sensibles), se utilizaron los datos en donde la plataforma de mar pudo determinar la estructura social de los grupos de calderones, ya que desde la estación de tierra no se puede determinar con fiabilidad las diferentes clases de edad/sexo en los grupos de calderones. Así, para los 29 avistamientos de grupos de calderón con crías o juveniles avistados en la zona de Los Cristianos, se calculó el número de ellos en presencia o ausencia de embarcaciones, y se determinó el porcentaje de cada tipo de embarcación con los grupos con crías. No se observaron grupos con crías en la zona de Anaga.

4.3.1. Elaboración de mapas de esfuerzo, avistamientos e interacción de barcos.

Para la elaboración de los mapas temáticos del presente informe se utilizaron capas vectoriales y de datos (*raster*) pertenecientes al Instituto Geográfico Nacional y

disponibles de forma gratuita en el Centro de Descargas de dicha institución. Como cartografía base se utilizaron los polígonos regionales de la Base Topográfica Nacional (BTN100 V.0.). Para el posicionamiento de los puntos de observación y el cálculo de la altura de los mismos se empleó un modelo digital de elevación del terreno con una resolución de 5 metros y ortofotografía aérea de alta resolución del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (MDT05- Combinado- LIDAR y PNOA). La batimetría ha sido modelada a partir de un modelo digital de profundidad con una resolución de cuadrícula de 830 metros (Instituto Oceanográfico Español). Todas las capas utilizadas para la representación gráfica y el cálculo estadístico han sido referenciadas en el sistema de coordenadas REGCAN95/UTM-28N (EPSG 4083) recomendado para Canarias y compatible con UTM- WGS84 R28.

El procesado de la información geográfica y la elaboración de las capas temáticas específicas se realizó mediante el Sistema de Información Geográfica *Qgis* (Quantum GIS Brigthon V- 2.6.1) y el análisis estadístico de la información contenida en dichas capas se realizó mediante el software estadístico *R* (R-proyect V- 3.2.2 implementado en RStudio V- 0.99.486).

La triangulación de las observaciones de campo se realizó mediante rutinas propias programadas en Matlab 7.5 (*The Mathworks, Inc.*) por el Dr. Ingeniero Mark Johnson, y modificadas para su utilización durante esta investigación en Tenerife. Una vez obtenidas las coordenadas de los diferentes avistamientos (UTM-Pseudomercator por defecto), éstas fueron cargadas en *Qgis* y transformadas a un sistema común UTM para su análisis. La profundidad para cada avistamiento se obtuvo por la superposición de las observaciones y la capa de datos de batimetría mediante la herramienta "*points-to layer"* de Quantum GIS y posteriormente fue procesada en *R* para su análisis estadístico básico. El cálculo de la densidad de cetáceos por km^2 se realizo construyendo una cuadricula vectorial de 1 x 1 km ajustada al área total de estudio para, posteriormente, mediante la herramienta de Qgis "*Instersection"* contabilizar los avistamientos por cuadrícula. Una vez obtenido el conteo se graficó en función de este parámetro.

4.4. Análisis de cambios de comportamiento asociados al tipo de embarcación en las cercanías de los grupos de calderones (Act. 4.B y 4.C.1).

Se realizaron pruebas preliminares colocando tres minicámaras tipo gopro situadas alrededor del sistema "sound trap 202", para el estudio de los cambios de comportamiento bajo el agua de los calderones. Sin embargo, la visualización de los vídeos submarinos obtenidos mostró que rara vez se grababan los animales, y sólo durante unos pocos segundos, siendo imposible estudiar los cambios de comportamiento asociados o no a la presencia de embarcaciones utilizando esta metodología (Act. 3.3.C.2 y Act. 4.C.1). Asimismo, se desecho la posibilidad de utilizar los datos recogidos por la estación de mar sobre el comportamiento de los calderones durante los acercamientos, ya que no se podía diferenciar entre la respuesta de los animales a nuestra embarcación y la respuesta de los animales a otras embarcaciones en las cercanías.

Por todo ello, para determinar si existían cambios de comportamiento asociados a la presencia de embarcaciones, se decidió utilizar los datos obtenidos desde la plataforma de tierra (Ver punto 3.2 del Bloque II), e incluir a nuestra embarcación como uno de los tipos de embarcación a valorar. Así, se determinaron los diferentes comportamientos generales que mostraron los grupos de calderones avistados, tanto en ausencia de ningún tipo de embarcación en las cercanías, como en presencia de cuatro tipos de embarcaciones: nuestro barco de investigación, motos de agua, barcos de "whalewatching" o barcos recreativos. Dentro de esta última categoría, y debido a la variedad de embarcaciones diferentes que se acercan a los calderones de forma usual, se incluyeron todos aquellos barcos no incluidos en el listado oficial del Gobierno de Canarias, como eran: embarcaciones neumáticas, motoveleros y barcos de pesca deportiva.

Se homogeneizaron los datos para cada una de las situaciones a testar, de forma que se obtuvo la proporción de tiempo que pasaban los calderones en los diferentes estados comportamentales, y para comprobar si existían diferencias en los comportamientos de los calderones asociados a la presencia de las diversas embarcaciones, se realizaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis, a un nivel de significación de 0.05.

4.5. Determinación de los niveles de ruido ambiental y análisis espectral del ruido producido por embarcaciones en las cercanías de los grupos de calderones (Act. 4.B).

Se realizó un análisis acústico inicial, que consistió en localizar los distintos sonidos que se escuchan en las grabaciones, diferenciándose entre los periodos en que los barcos permanecían con el motor en marcha y la hélice parada, y aquellos en los que los barcos tenían la hélice en movimiento. Para ello, las grabaciones acústicas fueron inspeccionadas manualmente utilizando Adobe audition 3.0, y se recortaron los fragmentos de audio de interés.

El nivel recibido (RL) fue calculado como la raíz cuadrada de la media de los valores de presión de la onda al cuadrado (nivel RMS por su nombre en inglés "root mean square"). Los valores así obtenidos se corrigieron por la sensibilidad nominal del hidrófono de la soundtrap (-173 dB re 1 V Pa^{-1}). Se obtuvieron así los niveles de ruido basales en las dos áreas de estudio.

Para la determinación de los niveles de ruido producidos por las embarcaciones se utilizó la ecuación:

$$RL = SL - TL$$

ó $$RL = SL - 20\log(R) - aR$$

donde "*SL*" corresponde al nivel de la fuente emisora, medida en el eje del avance de la onda acústica y registrada a 1 m de la fuente (Urick, 1983; Mohl et al. 2000), "*TL*" es la pérdida por transmisión y "*R*" es la distancia desde la fuente emisora hasta el receptor. La distancia desde la fuente emisora hasta el sistema de grabación fue determinada con un telémetro láser (Ver bloque II.3.2.2 de la presente memoria).

4.6. Determinación de la dieta del calderón utilizando técnicas de análisis de isótopos (Act. 4.D.1).

4.6.1. Recolección de muestras para análisis de isótopos.

Todas las muestras para el análisis (ver Actividad II.3.2.3) de sus contenidos relativos en isótopos estables de nitrógeno ($\delta^{15}N$) y de carbono ($\delta^{13}C$) correspondieron

a la piel de las muestras obtenidas. El número de muestras recolectadas, categorizadas por sexo y localidad, puede consultarse en la tabla 4.1.

La recopilación de potenciales presas del calderón tropical se realizó basada en los datos previos provenientes de la bibliografía sobre contenidos estomacales de individuos varados en las costas de las islas Canarias, así como de otras regiones del planeta(Ver Antecedentes de conocimientos sobre el calderón tropical en las Islas Canarias, bloque I, apartado 1.4). Debido a la rareza y poca frecuencia de sus capturas de algunas especies en Canarias, se recopilaron especímenes de diferentes fuentes. Algunos ejemplares de pota negra (*T. sagittatus*), y el pez lanzón (*A. ferox*) fueron capturados durante la campaña de investigación oceanográfica CETOBAPH, realizadas en aguas del archipiélago canario por la Universidad de La Laguna en Abril de 2012 (ver Ariza *et al.*, 2016). Otras muestras de especies, tales como el calamar gigante (*A. dux*), el calamar gato (*T. danae*) y el calamar diamante (*T. rhombus*) fueron recolectadas a partir de especímenes que aparecieron muertos, flotando en diferentes localidades de las islas. Otras muestras de especies capturadas por la flota artesanal de Canarias como la pota naranja (*S. pteropus*), el calamar del alto (*L. forbesi*), el alfonsiño (*B.* splendens) fueron directamente comprados en cofradías de pescadores de La Gomera, El Hierro y Tenerife. Datos sobre la fecha y procedencia de las diferentes muestras de presas se muestran en la tabla 2.1 (Fig. 2.9).

FECHA	LOCALIDAD	ESPECIE	TEJIDO
-	El Hierro	*Alepisaurus ferox*	Músculo
-	Tenerife	*Alepisaurus ferox*	Músculo
20/01/2008	Puerto Colón, Tenerife	*Architeuthis dux*	Manto
02/06/2015	Puerto Colón, Tenerife	*Architeuthis dux*	Brazos
02/06/2015	Puerto Colón, Tenerife	*Architeuthis dux*	Manto
2009	El Hierro	*Beryx splendens*	Músculo
2009	El Hierro	*Beryx splendens*	Músculo
2009	El Hierro	*Beryx splendens*	Músculo
20/04/2012	Tenerife OC2, CETOBAPH	*Lepidoteuthis grimaldi*	Manto
23/05/2013	El Hierro, Mar de Las Calmas	*Lepidoteuthis grimaldi*	Manto
30/10/2015	Valle Gran Rey, La Gomera	*Loligo forbesi*	Maza
30/10/2015	Valle Gran Rey, La Gomera	*Loligo forbesi*	Manto
30/10/2015	Valle Gran Rey, La Gomera	*Loligo forbesi*	Manto
30/10/2015	Valle Gran Rey, La Gomera	*Loligo forbesi*	Brazos
13/08/2014	Playa San Juan, Tenerife	*Ommastrephes bartramii*	Manto
12/08/2014	Playa San Juan, Tenerife	*Ommastrephes bartramii*	Manto
ago-15	San Andrés, Tenerife	*Stenoteuthis pteropus*	Manto
ago-15	San Andrés, Tenerife	*Stenoteuthis pteropus*	Manto
ago-15	San Andrés, Tenerife	*Stenoteuthis pteropus*	Manto
mar-13	Puerto Colón, Tenerife	*Taningia danae*	Brazos
2010	Tenerife	*Taningia danae*	Manto
mar-13	Puerto Colón, Tenerife	*Taningia danae*	Brazos
2010	Puerto Colón, Tenerife	*Taningia danae*	Brazos
2010	Puerto Colón, Tenerife	*Taningia danae*	Manto
2009	El Hierro, EH-06 CETOBAPH	*Todarodes sagittatus*	Manto
2009	El Hierro, EH-06 CETOBAPH	*Todarodes sagittatus*	Manto
2009	El Hierro, EH-06 CETOBAPH	*Todarodes sagittatus*	Manto

Tabla 2.1. Origen de las muestras de las especies consideradas presas potenciales del calderón tropical en este estudio.

4.6.2. Análisis de isótopos estables.

Las muestras a analizar fueron deshidratadas en una estufa durante 48 horas a 45ºC. Tras la deshidratación, las muestras fueron molidas en un mortero hasta obtener un polvo fino, que se emplazó en tubos de centrífuga y se procedió a realizar una extracción de los lípidos con 4 ml de ciclohexano por muestra durante una hora (este proceso de extracción se realizó dos veces). Tras las extracción, las muestras volvieron a secarse en estufa durante otras 48 h, previo a su envió al Centro de Apoyo Científico y Tecnológico a la Investigación (CACTI) de la Universidad de Vigo, para su

posterior análisis en un espectrómetro de masas para la medida de relaciones isotópicas MAT 253, con interface de flujo continuo ConFlo III.

4.6.3. Análisis estadístico.

Para estimar la contribución en proporción de cada una de las presas analizadas al perfil isotópico de los calderones analizados, se aplicó un modelo de mezcla de isótopos estables. Este modelo fue implementado utilizando el paquete SIAR ("Stable Isotope Analysis") en el programa R (Parnell *et al.*, 2010). Este modelo utiliza como parámetros de entrada, el contenido medio y variación isotópica de las presas y los TEF (del inglés "Trophic Enrichment Factors", Factores de enriquecimiento tróficos), para estimar la probabilidad de la contribución de cada una de las presas al perfil isotópico del calderón.

Hasta la fecha los TEF para *G. macrorhynchus* son desconocidos, siendo escasos los TEF disponibles de isótopos de carbono y nitrógeno calculados para mamíferos marinos (en particular para cetáceos odontocetos). Por esta razón, se han utilizado TEF calculados en diferentes especies de mamíferos marinos que figuran en la bibliografía. Las diferentes especies de las cuales se usaron los TEF fueron; la foca de Groenlandia (*Pagophilus groenlandicus*) (Hobson et al. 1996), la orca (*Orcinus orca*) (Caut et al., 2011), el rorcual común (*Balaenoptera physalus*) (Borrell et al., 2012) y del delfín mular (*Tursiops truncatus*) (Browning et al. 2014). Para cada modelo se usaron los parámetros establecidos por defecto por el paquete SIAR (Parnell et al. 2010). Todos los modelos fueron realizados usando el software libre R v.3.1.1 (R Development Core Team, 2014).

4.7. Determinación de clases lipídicas y ácidos grasos en el panículo adiposo. Estudio de diferencias en la dieta dependientes del sexo, zona e individuos (Act. 4.D.2).

4.7.1. Recolección de muestras para análisis de clases lipídicas y ácidos grasos.

Todas las muestras para el análisis de ácidos grasos correspondieron a grasa subcutánea externa proveniente de las muestras recolectadas, ya explicada en apartados anteriores (ver Actividad II.3.2.3), de las que se les extrajo la piel antes de ser congeladas a -80 ºC.

Las muestras de las ocho especies de cefalópodos analizadas en este trabajo (3 Sthenoteuthis, 2 Architheuthis, 1 Lepidoteuthis, 1 Ommastrephes, 2 Loligo, 4 Taningia, 1 Thysanoteuthis y 1 Haliphon) y las muestras de las dos especies de peces de profundidad (2 Alepisaurus y 3 Berix), pertenecen a ejemplares que aparecieron flotando en superficie durante diferentes campañas de investigación, llevadas a cabo por la Universidad de La Laguna en aguas de Canarias o compradas directamente en cofradías de pescadores (ver Actividad II.5.1, Fig. 2.9).

Figura 2.9: Ejemplares de tipos de cefalópodos.Izquierda: Ejemplar de pota europea de longitud superior a 100 cm (*Ommastrephes bartrami*) capturado en el suroeste de la isla de Tenerife (Agosto, 2013), mediante el empleo del arte de pesca japonés “hata-nagashi”. **Centro:** Restos de calamar gigante del Atlántico (*Architeuthis dux*) con signos evidentes de depredación, recogido en las cercanías de un grupo de calderones en el suroeste de Tenerife (Junio, 2015). **Derecha:** Restos de la corona braquial y el manto de un calamar gato (*Taningia danae*).

4.7.2. Extracción de grasas y ácidos grasos.

A todas las muestras se le determinó la humedad mediante el desecado a 110ºC hasta alcanzar peso constante, siguiendo los métodos oficiales de la Asociación de Química Analítica (AOAC, 2006).

La extracción de lípidos se realizó siguiendo el método modificado de Christie (1982) y el contenido lipídico fue determinado gravimétricamente tras una extracción con Cloroformo/metanol (2:1) utilizando como antioxidante Butilhidroxitolueno (BHT).Después de efectuar los lavados en cloroformo-metanol, las muestras se hacen reaccionar con sales (KCL) con objeto de asegurar que la muestra no contiene agua, y tras centrifugar, se retira el sobrenadante que contiene los posibles restos que pudieran quedar. Seguidamente, se evapora en nitrógeno y se deseca al vacío para eliminar los restos del solvente. Este tratamiento permite cuantificar el extracto seco del lípido total (mg de lípido/mg de muestra). Una vez extraídos y pesados, los lípidos se resuspenden en concentraciones conocidas de cloroformo-metanol y BHT, son sellados en atmósfera de nitrógeno para minimizar los riesgos de la oxidación y conservados en botes de vidrio a -20 ºC en oscuridad para evitar la fotooxidación.

Para determinar las diferentes clases lipídicas presentes en las muestras, se utilizó: cromatografía en placa fina de alta resolución (HPLC), desarrollada en dos mezclas de solventes: una que arrastra los lípidos polares y otra que arrastra los neutros. Posteriormente se procedió a su tinción con ácido cúprico que luego se quemó a 160 ºC y se leyó en un densitómetro. La interpretación se realizó gracias a un patrón de clases lipídicas ya determinado de huevas de bacalao.

Los ácidos grasos fueron obtenidos por transmetilazión por catálisis ácida de los lípidos totales (Christie, 1982). Este tratamiento permite separar las cadenas de ácidos grasos de las diferentes moléculas a los que están unidas, a la vez que se metilan haciéndose volátiles, pudiendo de esta forma ser inyectadas en el cromatografo de gases. Para ello, se colocó el lípido, previamente evaporado en nitrógeno, en una disolución de tolueno/metanol-sulfúrico, donde el metanol actúa como agente metilante y el tolueno actúa rompiendo los enlaces de las cadenas de ácidos grasos de las distintas moléculas. Para purificar la muestra se usó una cromatografía en capa fina (TLC); con lo que se obtuvo, después de la eliminación del agente de tinción, una muestra de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMES) que se

disolvieron en hexano. Tras la purificación, los esteres metílicos de los ácidos grasos fueron identificados y cuantificados mediante Cromatografía de gases (GC-ULTRA TRACE; Thermo Scientific) usando como estándar interno el ácido nonadecanoico (19:0). La identidad de los picos fue verificada mediante un equipo gases-masas (DSQII; Thermo Scientific).

4.7.3. Análisis estadístico.

Tanto las diferentes clases lipídicas, como los perfiles de ácidos grasos (FAs) fueron expresados en forma de proporciones relativas de cada clase lipídica o FAs en relación al total de clases lipídicas o FAs caracterizados. Los datos fueron normalizados utilizando la transformación del arco seno, recomendada para datos de proporción (MacDonald, 2009).

Para investigar si existían diferencias entre los diferentes calderones analizados, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) de los datos transformados usando el paquete de análisis FATHOM para matlab (Jones, 2002). El objetivo del PCA es el de reducir la larga serie de variables correlacionadas originales (FAs) hasta un número pequeño de variables transformadas no relacionadas (PCs), manteniendo, dentro de lo posible, la misma información que las variables originales a la hora de explicar la varianza. Este tipo de análisis no permite la comparativa estadística, aunque permite la representación visual de la dispersión de los datos, de forma que se pueden buscar patrones de asociación. Para la comparativa estadística, se usaron MANOVAs no paramétricas basadas en permutaciones, con distancias euclídeas de la proporción de ácidos grasos. Para testear posibles diferencias entre los diferentes individuos analizados, usamos diseños ortogonales con 1000 permutaciones, en las que se consideraron los factores fijos: “Sexo” (3 niveles) y “Localidad” (2 niveles); considerando el factor “Individuo” como aleatorio (14 niveles). Se estableció el nivel de significación a 0,05. Cuando fue necesario, se realizaron comparaciones por pares a posteriori (pairwise *a posteriori* comparisons) usando permutaciones (Anderson, 2000, 2001, 2002).

Para determinar la similitud entre los perfiles de ácidos grasos de las posibles presas con los diferentes calderones analizados, se realizó un segundo Análisis de Componentes Principales (PCA) de los datos transformados. La comparativa entre los

perfiles de ácidos grasos de las presas y un depredador requiere de información previa acerca de cómo se depositan los diferentes ácidos grasos de las presas en cada tejido del depredador a analizar (coeficientes de calibración o deposición). Esta información se extrae de animales en cautividad, donde se estudia a partir de una dieta controlada la deposición de cada tipo de ácido graso en sus distintos tejidos. Aunque se mantienen calderones tropicales en cautividad (P. ej. Kritzler, 1952) no existen coeficientes de deposición calculados para esta especie en la bibliografía. Es por ello que, para realizar esta comparativa, se emplearon los coeficientes de deposición calculados para una cría de cachalote varada en las Islas Canarias (Marrero *et al*. datos no publicados), dado que es una especie de cetáceo de buceo profundo que también parece alimentarse de cefalópodos mesopelágicos.

4.8. Análisis de los niveles de cortisol en el panículo adiposo como factor indicativo de estrés (Act. 4.C.2).

4.8.1. Recolección de muestras para análisis de cortisol.

Se utilizaron las mismas biopsias de calderones utilizadas para los análisis de isótopos y ácidos grasos (ver Actividad II.3.2.3, Actividad II.4.6.1 y Actividad II.4.7.1). Se tomaron fotografías de todos los individuos biopsiados, para permitir el reconocimiento individual y seguimiento de los animales. Además, todas las biopsias se tomaron en la misma estación y transcurrido un tiempo desde el amanecer, con el fin de evitar posibles distorsiones en los resultados por variaciones circadianas o estacionales.

4.8.2. Extracción y análisis de cortisol.

Para la extracción de cortisol del panículo adiposo se aplicó la metodología propuesta por Kellar et al. (2015) para delfín común (*Delphinus delphis*). Para la extracción de cortisol en las muestras de calderón tropical, se realizaron ligeras modificaciones de dicho metodología. Así, se aumentaron los tiempos de centrífugación y el número de lavados, para asegurar que se separaban bien las grasas de las hormonas. Además, se llevó a cabo la degradación mecánica del tejido, mediante una disgregación con bisturí y una posterior degradación mecánica con un homogeneizador,

con el fin de tener una mayor superficie sobre las que actuaran los solventes. Estas modificaciones se llevaron a cabo con el objetivo de extraer la mayor cantidad de cortisol posible.

El cortisol extraído se cuantificó por duplicado utilizando un KIT ELISA KH031, que posee un 100% de reactividad para el cortisol. Esta prueba se basa en un método de inmunoensayo enzimático (EIA) de tipo competitivo, donde se comparan las muestras con una curva estándar de cortisol. Todos estos análisis se realizaron en la Unidad de Fisiología de la Facultad de Biología de la Universidad de La Laguna.

4.8.3. Análisis estadístico.

Para comprobar si existen diferencias entre las dos zonas de estudio (Los Cristianos y Anaga), o debidas al sexo (machos, hembras e indeterminados) se realizaron los tests no paramétricos de U de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis respectivamente, a un nivel de significación de 0.05.

5. INTERACCIÓN DE CALDERONES CON PESQUERÍAS REALIZADAS EN EL SUROESTE DE TENERIFE (Act. 5).

Se realizaron diversos sondeos a profesionales de la pesca artesanal en los puertos de Los Cristianos y Playa San Juan, donde se les preguntó si tenían conocimiento de la interacción de calderones con alguno de los artes de pesca empleados por los mismos. Los distintos patrones y pescadores profesionales nos comunicaron la inexistencia de ningún tipo de interacción con los calderones de la zona, aunque si manifestaron que existían interacciones con otras especies de cetáceos (distintas especies de delfines). Esto, junto con el hecho de que el calderón en Tenerife parece depredar sobre recursos profundos (Ver bloque I, apartado 1.4), y los resultados obtenidos del análisis de la dieta mediante isótopos estables (ver Actividad III.), parece corroborar que existe muy poca interacción entre esta especie y el sector pesquero de la zona, ya que no compiten por los mismos recursos. La utilización de encuestas para la obtención de información sobre la interacción de esta especie con el sector pesquero, parece más adecuada utilizarla en el suroeste de la

Gomera, donde sí se ha observado al calderón tropical depredando sobre túnidos en superficie.

6. ACCIONES DE DIVULGACIÓN E IMPLANTACIÓN DE MEDIDAS PALIATIVAS.

Uno de los objetivos principales dentro de este proyecto era realizar acciones de divulgación entre la ciudadanía, tanto dirigidas a diferentes niveles de educación (primaria, secundaria e instituto) como dirigidas a sectores directamente implicados en la conservación de los recursos naturales del ZEC (empresas y trabajadores del relacionadas con el sector turístico, actividades recreativas y/o de avistamiento de cetáceos). Para ello, se promovió la participación del mayor número de personas en cada una de las actividades o jornadas de divulgación que se desarrollaron en la isla de Tenerife durante el pasado año 2015 y principios de este año 2016. En la tabla adjunta se resumen las jornadas de divulgación y/o formación realizadas durante este proyecto (también se puede consultar el dossier fotográfico adjunto en el CD entregado):

Fecha	Entidad/ Empresa	Objetivos a tratar
23/02/2015	Facultad de Biología. Universidad de La Laguna	- Presentación del proyecto MITCALD, así como de sus objetivos. - Explicación de la metodología a emplear y formación de voluntarios cualificados para la participación activa en la toma de datos.
27/02/2015 y 02/03/2015	Ayuntamiento de Arona Turismo de Arona	- Jornadas de formación para informadores turísticos: Formación sobre las especies emblemáticas de la zona, así como presentación de los trabajos de investigación realizados en el entorno del ZEC, incluido el proyecto MITCALD. - Formación sobre la normativa vigente sobre el avistamiento de cetáceos.
20/04/2015	Facultad de Biología Universidad de La Laguna	- Práctica sobre la correcta toma de datos dentro del proyecto MITCALD a los alumnos del Máster en Biología marina de la Facultad de Biología. - Formación sobre las especies avistadas y metodología de

		muestreo en cada caso. - Salida en barco para la aplicación de esa metodología de muestreo.
21/05/2015	Colegio Hispano Británico de La Laguna. (charlas y talleres de divulgación entre los alumnos de primaria)	- Participación en la Semana cultural del colegio. - Favorecer el conocimiento de los fondos marinos canarios y de las especies que lo conforman. - Dar a conocer una especie emblemátca como es el calderón tropical y el proyecto que se está realizando - Actividades lúdicas y talleres de formación, para una mejor comprensión e integración de los conocimientos adquiridos.
26/06/2015	Dolphinity Festival	- Presentación de la entidad y del proyecto MITCALD. - Taller sobre objetivos a cumplir dentro del proyecto tras una explicación previa de los antecedentes de conocimientos en la zona. - Participación en una mesa redonda con diferentes profesionales del sector y en la que también se incluyeron técnicos de entidades gubernamentales con el fin de aclarar la problemática de la zona y promover posibles soluciones futuras.
31/07/2015	Verkami y Asociación Tonina.	- Crowdfunding para implicar a la sociedad, organismos y medios locales en el proyecto MITCALD
03/08/2015	Musicom. Minimal Running	- Participación en una carrera solidaria informando sobre las especies más emblemáticas de nuestras costas e informar sobre el proyecto MITCALD y los objetivos a desarrollar dentro del mismo,
13/11/2015	Bonadea (barco de whalewatching)	- Salida con el Bonadea con el fin de explicar algo más sobre la toma de datos desde los barcos de whalewatching y la participación de éstos como un agente informador.
18/11/2015	Frontier. Turismo de Arona	- Charlas formativas para el sector náutico en el ZEC Franja Marina Teno-Rasca. Explicación de la normativa y de la forma de aproximación a los cetáceos. Explicación del proyecto y objetivos a tratar. Mesa redonda con sectores implicados.
02/12/2015	Turismo de Tenerife. Formación del Sector de avistamiento comercial de cetáceos.	- Presentación del proyecto y objetivos a cumplir dentro del mismo. Explicación de los antecedentes de la zona y de la normativa previa sobre cetáceos. - Charla de formación del personal del sector de avistamiento comercial de cetáceos y de la normativa vigente en dicho sector.
15/03/2016	Marina del Sur Feria Ambiental: "Conecta con el Azul"	- Participación en las jornadas de divulgación de esta feria medioambiental, donde se impartió una charla con el fin de dar a conocer los estudios realizados dentro de este proyecto y presentar algunos resultados preliminares (catálogo de

		calderones) al público asistente.

Algunas de estas jornadas de formación se han realizado con el fin de promover la implantación de futuras medidas paliativas. Durante diferentes mesas redondas con los diferentes actores implicados, se ha asesorado a las entidades públicas y privadas implicadas, e insistido en la necesidad de desarrollar y poner en marcha un plan de medidas de mitigación.

7. BIBLIOGRAFÍA.

AGLER, B. A., SCHOOLEY, R. L., FROHOCK, S. E., KATONA, S. K. and SEIPT, I. E. (1993). American Society of Mammalogists. *Journal of Mammalogy,***74,** 577-587.

AGUILAR DE SOTO, N. (2006). Acoustic and foraging behaviour of short-finned pilot whales (Globicephala macrorhynchus) and Blainville's beaked whales (Mesoplodon densirostris) in the Canary islands. Implications for impacts of man-made noise and ship collisions. *Phd Thesis, La Laguna University*.

AGUILAR SOTO, N., JOHNSON, M. P., MADSEN, P. T., DÍAZ, F., DOMÍNGUEZ, I., BRITO, A. and TYACK, P. (2008). Cheetahs of the deep sea: deep foraging sprints in short-finned pilot whales off Tenerife (Canary Islands). *Journal of animal ecology,***77,** 936-947.

ARÍSTEGUI, J., TETT, P., HERNÁNDEZ-GUERRA, A., BASTERRETXEA, G., MONTERO, M. F., WILD, K., SANGRÁ, P., HERNÁNDEZ-LEÓN, S., CANTÓN, M. and GARCÍA-BRAUN, J. A. (1997). The influence of island-generated eddies on chlorophyll distribution: a study of mesoscale variation around Gran Canaria. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers,***44,** 71-96.

ARIZA, A., LANDEIRA, J. M., ESCÁNEZ, A., WIENERROITHER, R., DE SOTO, N. A., ROSTAD, A., KAARTVEDT, S. and HERNÁNDEZ-LEÓN, S. (2016). Vertical distribution, composition and migratory patterns of acoustic scattering layers in the Canary Islands. *Journal of Marine Systems,***157,** 82-91.

BAKER, C. S., FLORÉZ GONZÁLEZ, L., ABERNETHY, B., ROSENBAUM, H. C., SLADE, R. W., CAPELLA, J. and BANNISTER, J. L. (1998). Mitochondrial DNA variation and maternal gene flow among humpback whales of the Southern Hemisphere. *Marine Mammal Science,***14,** 721-737.

BARRETT-LENNARD, L. G. (2000). Population structure and mating patterns of killer whales (Orcinus orca) as revealed by DNA analysis. University of British Columbia.

BIGG, M. A., OLESIUK, P. F., ELLIS, G. M., FORD, J. K. B. and BALCOMB, K. C. (1990). Social organization and genealogy of resident killer whales (Orcinus orca) in the coastal waters of British Columbia and Washington State. *Report of the International Whaling Commission,* **12,** 383-405.

BORRELL, A., ABAD-OLIVA, N., GÓMEZ-CAMPOS, E., GIMÉNEZ, J. and AGUILAR, A. (2012). Discrimination of stable isotopes in fin whale tissues and application to diet assessment in cetaceans. *Rapid Communications in Mass Spectrometry,* **26,** 1596-1602.

BROWNING, N. E., DOLD, C., JACK, I. F. and WORTHY, G. A. J. (214). Isotope turnover rates and diet-tissue discrimination in skin of ex situ bottlenose dolphins (Tursiops truncatus). *Journal of Experimental Biology,* **217,** 214-221.

CARRILLO, M. and TEJEDOR, M. (2002). Estudios aplicados a la conservación de cetáceos en la provincia de Santa Cruz de Tenerife. *Gobierno de Canarias. Consejería de política territorial y Medio Ambiente. Viceconsejería de Medio Ambiente.*

CAUT, S., LARAN, S., GARCIA-HARTMANN, E. and DAS, K. (2011). Stable isotopes of captive cetaceans (killer whales and bottlenose dolphins). *Journal of Experimental Biology,* **214,** 538-545.

CRAIN, D. (2012). A quantitative analysis of the response of short-finned pilot whales, Globicephala macrorhynchus, to biopsy attempts. Duke University.

CHRISTIE, W. W. (1982). A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesteryl esters. *Journal of Lipid Research,* **23,** 1072-1075.

EFRON, B. and GONG, G. (1983). A leisurely look at the bootstrap, the jackknife, and cross-validation. *The American Statistician,* **37,** 36-48.

GERO, S., ENGELHAUPT, D. and WHITEHEAD, H. (2008). Heterogeneous social associations within a sperm whale, Physeter macrocephalus, unit reflect pairwise relatedness. *Behavioral Ecology and Sociobiology,* **63,** 143-151.

GOWANS, S. and WHITEHEAD, H. (2001). Photographic identification of northern bottlenose whales (Hyperoodon ampullatus): sources of heterogeneity from natural marks. *Marine Mammal Science,* **17,** 76-93.

HERMAN, D. P., MATKIN, C. O., YLITALO, G. M., DURBAN, J. W., HANSON, M. B., DAHLHEIM, M. E., STRALEY, J. M., WADE, P. R., TILBURY, K. L. and BOYER, R. H. (2008). Assessing age distributions of killer whale Orcinus orca populations from the composition of endogenous fatty acids in their outer blubber layers. *Marine Ecology Progress Series,***372,** 289-302.

HERNÁNDEZ-LEÓN, S. (1991). Accumulation of mesozooplankton in a wake area as a causative mechanism of the "island-mass effect" . *Marine Biology,***109,** 141-147.

HOBSON, K. A., SCHELL, D. M., RENOUF, D. and NOSEWORTHY, E. (1996). Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissues of captive seals: implications for dietary reconstructions involving marine mammals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,***53,** 528-533.

HOELZEL, A. R., DAHLHEIM, M. and STERN, S. J. (1998). Low genetic variation among killer whales (Orcinus orca) in the eastern North Pacific and genetic differentiation between foraging specialists. *Journal of Heredity,***89,** 121-128.

HOOKER, S. K., IVERSON, S. J., OSTROM, P. and SMITH, S. C. (2001). Diet of northern bottlenose whales inferred from fatty-acid and stable-isotope analyses of biopsy samples. *Canadian Journal of Zoology,***79,** 1442-1454.

JONES, D. L. (2002). Users manual for FATHOM: a Matlab toolbox for multivariate ecological and oceanographic data analysis. *See http://www. rsmas. miami. edu/personal/djones/dnload/fathom. pdf*.

JONES, D. L. (2014). The Fathom Toolbox for MATLAB: software for multivariate ecological and oceanographic data analysis. College of Marine Science, University of South Florida, Tampa, FL, USA. *Petersburg, FL, USA*.

KELLAR, N. M., CATELANI, K. N., ROBBINS, M. N., TREGO, M. L., ALLEN, C. D., DANIL, K. and CHIVERS, S. J. (2015). Blubber cortisol: a potential tool for assessing stress response in free-ranging dolphins without effects due to sampling. *PloS one,***10,** e0115257.

LERCZAK, J. A. and HOBBS, R. C. (1998). CALCULATING SIGHTING DISTANCES FROM ANGULAR READINGS DURING SHIPBOARD, AERIAL, AND SHORE-BASED MARINE MAMMAL SURVEYS. *Marine Mammal Science,* **14,** 590-598.

MARRERO, J. (2015). Comportamiento acústico del calderón de aleta corta (Globicephala macrorhynchus) en las Islas Canarias. *Phd Thesis, La Laguna University*.

MCDONALD, J. H. (2009). *Handbook of biological statistics,* Sparky House Publishing Baltimore, MD.

MOHL, B., WAHLBERG, M., MADSEN, P. T., MILLER, L. A. and SURLYKKE, A. (2000). Sperm whale clicks: Directionality and source level revisited. *The Journal of the Acoustical Society of America,* **107,** 638-648.

MONTERO LOPEZ, R. and MARTÍN MARTEL, V. (1993). Estudio del impacto que provocan las embarcaciones en la población de calderones tropicales (Globicephala macrorhynchus) residente en aguas del suroeste de la isla de Tenerife, pp. 136, Santa Cruz de Tenerife.

OTTENSMEYER, C. A. and WHITEHEAD, H. (2003). Behavioural evidence for social units in long-finned pilot whales. *Canadian Journal of Zoology,* **81,** 1327-1338.

PARNELL, A. C., INGER, R., BEARHOP, S. and JACKSON, A. L. (2010). Source partitioning using stable isotopes: coping with too much variation. *PloS one,* **5,** e9672.

POLLOCK, K. H., NICHOLS, J. D., BROWNIE, C. and HINES, J. E. (1990). Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildlife monographs***,** 3-97.

ROSEL, P. E. (2003). PCR-based sex determination in Odontocete cetaceans. *Conservation Genetics,* **4,** 647-649.

SERVIDIO, A. (2014). Distribution, social structure and habitat use of short-finned pilot whale, Globicephala macrorhynchus, in the Canary Islands. *PhD thesis, St Andrews*.

SHAW, C. N., WILSON, P. J. and WHITE, B. N. (2003). A reliable molecular method of gender determination for mammals. *Journal of Mammalogy,* **84,** 123-128.

URICK, R. J. (1983). Principles of Underwater Sound. *(Peninsula, Los Altos)*.

VERBORGH, P., DE STEPHANIS, R., PÉREZ, S., JAGET, Y., BARBRAUD, C. and GUINET, C. (2009). Survival rate, abundance, and residency of long-finned pilot whales in the Strait of Gibraltar. *Marine Mammal Science,***25,** 523-536.

WHITEHEAD, H. (2008). Precision and power in the analysis of social structure using associations. *Animal Behaviour,***75,** 1093-1099.

WHITEHEAD, H. and DUFAULT, S. (1999). Techniques for Analyzing Vertebrate Social Structure Using Identified Individuals: Review. *Advances in the Study of Behavior,***28,** 33.

WHITEHEAD, H. A. L. (1997). Analysing animal social structure. *Animal Behaviour,***53,** 1053-1067.

WINN, H. E., BISCHOFF, W. L. and TARUSKI, A. G. (1973). Cytological sexing of Cetacea. *Marine Biology,***23,** 343-346.

WOODLEY, T. H., BROWN, M. W., KRAUS, S. D. and GASKIN, D. E. (1991). Organochlorine levels in North Atlantic right whale (Eubalaena glacialis) blubber. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology,***21,** 141-145.

BLOQUE III. EVALUACIÓN Y RESULTADOS DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

1. REUNIONES PARA DAR A CONOCER EL PROYECTO CON LA ADMINISTRACIÓN Y SECTORES IMPLICADOS.

En el transcurso de este año 2015, se ha conseguido establecer las bases para colaboraciones y apoyos a futuras ampliaciones del proyecto MITCALD por diversas entidades. De igual manera, se ha logrado una alta participación en todas y cada una de las jornadas realizadas, incluyendo aquellas relacionadas con el sector empresarial náutico de la zona. Se ha comprobado una actitud pro activa y participativa por parte de las diferentes entidades y colectivos en cada una de las jornadas de formación, divulgación del proyecto y legislación sobre la forma de aproximarse a los cetáceos por parte de las empresas de whalewatching. Además, en diversas ocasiones mostraron una actitud positiva en lo que a modificaciones se refiere, que pudiesen mejorar el estado de la población de los calderones del sur, así como la conservación del ZEC Teno-Rasca.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las diversas reuniones que se planificaron en la agenda de actuaciones para dar a conocer el proyecto:

Entidad/ Empresa	Resultados alcanzados
1. Cabildo de Tenerife. Consejería de Medio Ambiente	• Apoyo económico e institucional al proyecto.
2. Colegio Hispano-Británico	• Jornadas de divulgación sobre el proyecto MITCALD y las especies de nuestras aguas, a los alumnos y profesores, dentro de la Semana Cultural de dicho colegio.
3. Turismo de Tenerife	• Apoyo en la realización de jornadas de formación y divulgación con el sector empresarial náutico del sur de Tenerife (ver dossier de actividades). • Inclusión de un posible "MITCALD II", en el proyecto presentado por la entidad para el programa de ayudas "LIFE" 2016.
4. Ayuntamiento de Santa Cruz. Áreas de Medio Ambiente y Educación (divulgación)	• No se ha cerrado nada hasta la fecha.
5. Empresas del sector náutico (barcos de whalewatching y asociados)	• Se han establecido buenas relaciones con muchos de los barcos que operan en la zona, colaborando activamente en la información recogida. • Se ha conseguido tener una comunicación fluida con estos sectores.
6. Ayuntamiento de Adeje. Área de Medio Ambiente.	• Se ha hablado de un apoyo a ampliaciones futuras, pero no se ha conseguido cerrar nada hasta la fecha.
7. Ayuntamiento de Guía de Isora	• No se ha conseguido cerrar nada en concreto hasta la fecha.
8. Ayuntamiento de Candelaria	• Colaboración en actividades de divulgación futuras para dar a conocer los resultados del proyecto MITCALD y la problemática de la zona.
9. Reunión con PTC Mac	• Se sigue trabajando conjuntamente para conseguir la creación de una red de datos de la Macaronesia, a partir de diferentes proyectos, entre los que se encuentra

MITCALD.

10. Gobierno de Canarias

- No se ha conseguido llegar a ningún tipo de acuerdo o iniciativa hasta la fecha.

Pros	Contras
Se ha conseguido una comunicación fluida con los diferentes sectores implicados (empresas de whalewatching, entidades públicas, etc).	Es necesario lograr una mayor comunicación entre los diferentes sectores, para favorecer la gestión de los recursos y aclarar diversos puntos de la normativa existente.
Apoyo de diferentes instituciones públicas y privadas para generar medidas que conciencien y gestionen el espacio de estudio.	A día de hoy aún no se han tomado medidas de control. Es necesario una elaboración de protocolo de actuación para gestionar el ZEC-ES (Teno-Rasca).
Varias reuniones con diferentes entidades de la Macaronesia con los que ya se están compartiendo los datos obtenidos.	No da lugar a contra, ya que se está desarrollando una red de trabajo entre los distintos equipos de la Macaronesia.

Por otro lado, el haber realizado una campaña de crowdfunding para cofinanciar una parte del proyecto, originó que la ciudadanía fuese consciente del mismo. Fueron muchos los medios de comunicación que se hicieron eco de la iniciativa como el periódico de La Opinión (ver plan de publicidad donde se adjunta el artículo) o Antena 3 noticias (https://www.youtube.com/watch?v=2l8kNr8uROU). Además, diversos grupos de investigación, conservación o empresas turísticas compartieron la acción en sus redes sociales, principalmente en twitter y facebook con lo que la difusión del mismo llegó a nivel internacional; WWF España, El escarabajo Verde, Quercus, Marine Conservation Institute, The Ocean Brothers, Fuerteventura Reserva de la Biosfera, Os Quatro Elementos, I.L.D.E.S, BLOOM, Colegio Oficial de Biólogos de España y de Canarias, Jóvenes Investigadores de Tenerife, La Bioguía y Promar, son algunos de los que se sumaron al apoyo del crowdfunding para la cofinanciación del proyecto MITCALD. Gracias a esta iniciativa, se consiguió un apoyo masivo y la consecución del objetivo económico propuesto, con una amplia visibilidad del proyecto en redes sociales. Además, las jornadas de divulgación fueron un éxito y se consiguió un aforo completo en cada una de ellas**.**

2. CURSOS DE FORMACIÓN PARA PERSONAL VOLUNTARIO COLABORADOR.

Se realizaron charlas de formación para el personal que quisiera participar de manera voluntaria dentro del proyecto. Las charlas se impartieron en la facultad de Biología de La Universidad de La Laguna y tuvo una alta aceptación y participación. En dichas charlas de formación se explicó con detalle la metodología de toma de datos y la repercusión de los mismos en los futuros análisis. Se seleccionaron voluntarios de una lista de participación, los cuales asistieron en la toma de datos de las campañas realizadas, tanto en el Los Cristianos como en Anaga. Siempre que fue posible, se rotó entre los voluntarios, con el fin de dar oportunidad de participar al máximo de personas posible. Además, algunos mecenas del crowdfunding acudieron también como voluntarios a algunos días de campaña, aprendiendo la metodología de ambas plataformas (tierra y mar) y siendo parte activa del proyecto.

Como ya se comentó en el Bloque II, dentro del proceso de formación de voluntarios se incluyeron las prácticas de empresa de dos alumnas del Máster de Biodiversidad y Biología marina de la Universidad de La Laguna y su posterior proyecto de fin de máster en algunas líneas englobadas dentro del proyecto MITCALD. Los trabajos de fin de máster se presentan a finales del mes de Julio de 2016. Los temas de dichos trabajos se centran en las actividades referentes a los niveles de cortisol y el estudio de la dieta de los calderones en función de sus ácidos grasos.

Gracias a la asistencia externa de personal cualificado y a su asesoramiento en la toma de biopsias, y de análisis fotográfico, se optimizó la toma de datos y el análisis de los mismos. Además, el personal de la entidad tuvo la oportunidad de aprender otras técnicas y metodologías.

Pros	Contras
Se ha conseguido formar a una gran cantidad de voluntarios para la toma de datos de campaña.	No se han podido llevar a cada uno de los voluntarios formados a las campañas de toma de datos, puesto que el número de campañas fue limitado.
La asistencia externa permitió la formación del personal de investigación, además del intercambio de conocimiento entre los diferentes investigadores sobre la metodología usada y análisis a realizar.	No se pudo traer más veces para una formación prolongada debido a la escasez de presupuesto.

3. CAMPAÑAS CIENTÍFICAS PARA EL SEGUIMIENTO ESTACIONAL DE CETÁCEOS, TOMA DE DATOS ACÚSTICOS Y BIÓPSIAS.

3.1. Resultados generales, días y horas de esfuerzo total de búsqueda y avistamientos de diferentes especies de cetáceos.

Se realizaron un total de 97 horas y 57 minutos de esfuerzo activo de búsqueda de animales desde las plataformas de tierra y mar, avistándose un total de 566 grupos de diferentes especies de cetáceos. Se llevaron a cabo dos campañas de toma de datos en la zona de Los Cristianos durante el 2015, la primera durante el mes de marzo (7 días de trabajo) y la segunda en noviembre (5 días de trabajo), como estaba planeado desde un principio (Act. 3.A.1 y punto 1.9 cronograma de la memoria técnica). Además, de forma complementaria se llevaron a cabo dos salidas oportunistas en barco para la toma de datos de fotoidentificación (que no han sido incluidos en otros análisis).

Debido a que no se lograron diferenciar claramente grupos de calderones sometidos a una baja perturbación en la zona de Los Cristianos, se decidió realizar una campaña en la zona de Anaga (Act. Extra). En esta zona se realizó: un día de esfuerzo en abril, para comprobar que había calderones en el área y que la metodología utilizada permitía la comparación entre áreas; una campaña de 4 días en septiembre, aprovechando un corto periodo de calmas en la zona; y un último día de trabajo en diciembre, para completar la toma de datos sobre ruido ambiental en la zona. Un resumen de los resultados obtenidos para las dos zonas de estudio puede observarse en la tabla 3.1.

Estación	horas de esfuerzo	nº de fotos totales	nº de grupos calderones	nº animales FotoID	nº biopsias	nº grabaciones
Los Cristianos	72:39:00	11983	312	462	9	35
Anaga	25:18:00	2740	44	110	6	1
Total	**97:57:00**	**14723**	**356**	**572**	**15**	**36**

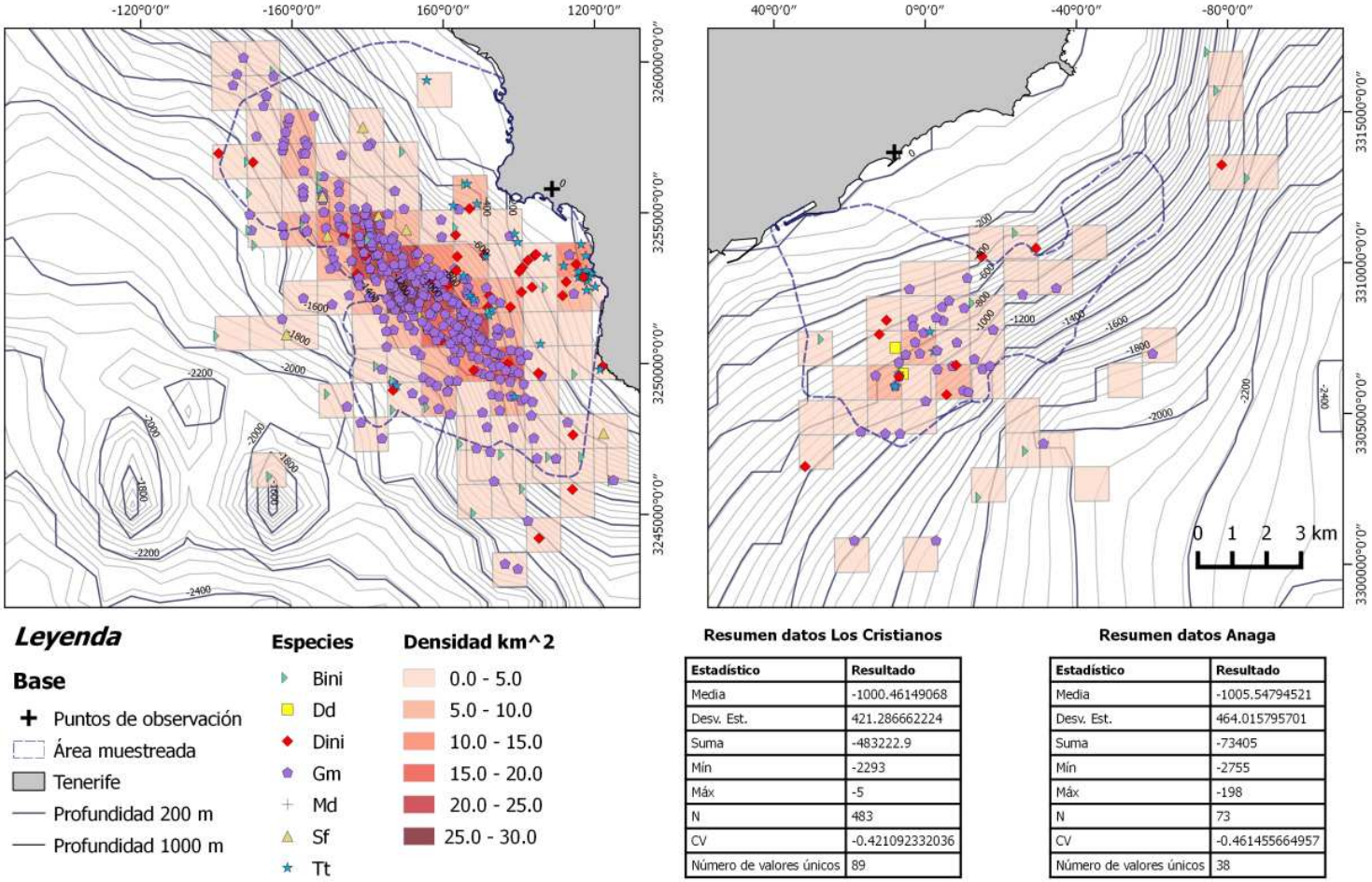
Tabla 3.1. Resumen de resultados obtenidos para el total de los días de muestreo realizados.

Se avistaron un total de 479 grupos de cetáceos en la zona de los Cristianos y 70 en la zona de Anaga. En la zona de Los Cristianos, se avistaron un total de 5 especies de cetáceos diferentes, que se categorizaron como: 312 grupos de *G. macrorhynchus*, 23 grupos de *T.truncatus*, 22 avistamientos de *Balaenoptera sp*., 23 grupos de delfinidos sin identificar, 7 grupos de *S. frontalis,* 1 grupo de *D. delphis* y un cetáceo de tamaño mediano que no pudo ser identificado (Fig. 3.1). En la zona de Anaga, se obtuvieron datos similares de biodiversidad de cetáceos, con 7 especies diferentes identificadas, que correspondieron a las siguientes categorías: 44 grupos de *G. macrorhynchus*, 5 grupos de *T.truncatus*, 8 avistamientos de *Balaenoptera sp*., 6 grupos de delfínidos sin identificar, 2 grupos de *D. delphis,* 1 grupo de *G. griseus*, 1 grupo de *Z. cavirostris,* 1 grupo de *Mesoplodon densirostris* y 2 grupos de zifios sin identificar (Fig. 3.1).

Durante los diferentes días de muestreo en la zona de Los Cristianos, se observó una afinidad de los grupos de *T. truncatus* por las jaulas de acuicultura situadas frente a la zona de El Palmar, correspondiendo la mayoría de los avistamientos de esta especie a animales que se encontraban dentro de la concesión de las jaulas (Fig. 3.1). Parece probable que esta afinidad tenga que ver con la facilidad para encontrar presas en el entorno de las jaulas de acuicultura, ya sea debido a que los operarios den de comer directamente a los delfines con peces muertos, a que los peces muertos se tiren en las inmediaciones de las concesiones o a la concentración de otras especies de peces a la zona debido al exceso de pienso que cae al fondo. No puede descartarse sin embargo otros factores, como puede ser que los delfines estén usando la concesión de acuicultura además como zona de

resguardo ante el acoso de embarcaciones en el área. Sea cual fuera el caso, sería recomendable iniciar proyectos de investigación dirigidos a estudiar la cantidad de delfines que visitan las concesiones de acuicultura de forma regular, si se están alimentando de peces muertos o no, las posibles repercusiones que tiene su presencia en el área sobre la actividad y los posibles problemas de conservación que pudieran tener los delfines mulares del área como consecuencia de visitar de forma regular las jaulas de acuicultura.

Cabe mencionar que cuando no se observaban calderones por la zona de Anaga, solían aparecer diferentes especies de zifios en el área, aunque la cantidad de días muestreados no permite la realización de una comparativa fiable acerca de este posible uso compartido del área por diferentes especies de buceo profundo.



Resumen datos Los Cristianos

Estadístico	Resultado
Media	-1000.46149068
Desv. Est.	421.286662224
Suma	-483222.9
Mín	-2293
Máx	-5
N	483
CV	-0.421092332036
Número de valores únicos	89

Resumen datos Anaga

Estadístico	Resultado
Media	-1005.54794521
Desv. Est.	464.015795701
Suma	-73405
Mín	-2755
Máx	-198
N	73
CV	-0.461455664957
Número de valores únicos	38

Figura 3.1. Mapa de la distribución de los avistamientos para todas las especies de cetáceos observadas en las dos zonas de estudio. Bini= *Balaenoptera sp.*, Dd=*D. delphis*, Dini= delfinido sin identificar, Gm= *G. macrorhynchus*, Md= *Mesoplodon densirostris*, Sf= *Stenella frontalis*, Tt= *Tursiops truncatus*.

3.2. Registro de datos acústicos.

Se han obtenido un total de 36 registros acústicos, correspondiendo a un total de 2,93 horas de grabación. Se han grabado 3 situaciones diferentes a testar: i-) grupos de calderones en ausencia de ningún barco en las cercanías (control), ii-) grupos de calderones con barcos en las cercanías, iii-) sonidos de diferentes tipos de barcos a diferentes distancias y grabados desde diferentes posiciones con respecto a la proa.

3.3. Toma de biopsias.

Se han obtenido biopsias de un total de 15 calderones (12 pertenecientes a diferentes grupos y 2 biopsiados en el mismo grupo), realizándose un total de 30 disparos. La reacción de los animales al marcaje ha sido variable, pero en ningún caso ha superado un nivel medio y sólo durante los instantes posteriores al marcaje. Ninguno de los animales reavistados presentaba heridas significativas ni síntomas de padecer ningún tipo de problema de salud asociado a la toma de biópsias. Todos los animales están fotoidentificados correctamente y se les está haciendo un seguimiento periódico. 14 de las muestras biológicas obtenidas se subdividieron en 4 fracciones, para analizar: genética, isótopos, ácidos grasos y cortisol. Una de las muestras analizadas sólo recogió piel, por lo que no se pudieron realizar los análisis de ácidos grasos y cortisol. Un resumen de los resultados obtenidos por día muestreado para las dos zonas de estudio puede observarse en la tabla 3.1 y 3.2.

4. ACTIVIDADES ANALÍTICAS REALIZADAS.

4.1. Elaboración de un catálogo de fotoidentificación de individuos y estima poblacional de los calderones en las dos áreas de estudio.

4.1.1. Esfuerzo fotográfico.

Tras la realización de las dos campañas en el sur de la isla, más la campaña extra realizada en el Noreste de la misma (Anaga), se han obtenido un total de 19 días de esfuerzo fotográfico (se han descartado los días por mal tiempo o aquellos en los

que no se avistaron calderones). Además, al esfuerzo fotográfico se añadieron dos días extras de agosto del 2014, coincidiendo con una campaña de pesca exploratoria para analizar las posibles presas de la población de calderones del sur de Tenerife. Dichos días se incluyeron con el objetivo de identificar el mayor número de animales y dentro de los datos sobre la cobertura del trabajo, pero se excluyeron del análisis de estima poblacional en MARK, puesto que el esfuerzo fotográfico y la metodología no eran comparables a los realizados durante las campañas del año 2015.

En la tabla 3.2 se resumen los resultados obtenidos para el esfuerzo fotográfico total por días de campaña realizados, tanto en la zona de Anaga, como en la zona de Los Cristianos.

Fecha	horas de esfuerzo	nº de fotos	nº de calderones avistados	nº animales FotoID	nº animales biopsiados	nº de grabaciones	
12-04-15	3:41:00	72	8	4	0	0	ANAGA
17-09-15	4:35:00	28	9	0	0	0	
22-09-15	4:58:00	653	7	0	0	0	
23-09-15	4:58:00	1004	10	48	2	0	
25-09-15	3:06:00	632	4	32	3	0	
06-12-15	4:00:00	351	6	26	1	1	
10-03-15	4:42:00	9	6	0	0	0	LOS CRISTIANOS
11-03-15	6:04:00	22	6	18	0	5	
12-03-15	6:49:00	586	39	23	0	6	
13-03-15	5:31:00	350	15	18	0	3	
14-03-15	6:21:00	627	43	25	0	4	
15-03-15	5:57:00	1522	39	36	0	2	
16-03-15	4:18:00	531	30	25	0	5	
25-04-15	3:15:00	84	3	6	0	0	
05-09-15	3:30:00	261	3	29	0	0	
03-11-15	5:31:00	1146	36	75	1	0	
04-11-15	5:26:00	1301	22	58	2	0	
05-11-15	5:14:00	1270	22	53	2	0	
07-11-15	4:35:00	1568	26	43	3	4	
08-11-15	5:26:00	2706	22	53	1	6	

Tabla 3.2. Resumen de resultados obtenidos en cada uno de los días de muestreo realizados en las dos zonas de estudio. Las filas marcadas en la tabla (días 25/04/2015 y 05/09/2015) corresponden a los días en que se realizaron las salidas oportunistas y que no fueron incluidas en los análisis.

Tras haber eliminado todas las fotografías de mala calidad, donde no aparecía bien representada la aleta dorsal de los animales, o cuando aquellas en las que el animal no salí en un ángulo correcto, se obtuvieron un total de **14.723** fotografías a

analizar. De éstas, se seleccionaron **9.824** fotografías con valores de "M" mayores o igual a 3 y una "Q" mayor o igual a 3, que fueron los que se utilizaron para incluir en los análisis posteriores. **7.667** fotografías corresponden a los animales que han sido incluidos en el catálogo de fotoidentificación (ver el CD con material divulgativo o en el enlace de la web: http://asociaciontonina.com/wp-content/uploads/2016/05/catalogo_calderones_web.pdf). Cabe resaltar que la proporción de animales marcados es muy superior al de indeterminados.

Un resumen del esfuerzo fotográfico realizado durante los 19 días en los que se fotografiaron calderones puede observarse en la figura 3.2, donde se muestra el número de fotografías realizadas para cada día de muestreo y el porcentaje de animales fotoidentificados frente a indeterminados. En la parte inferior de la gráfica, se aprecia que el número de animales fotoidentificados está directamente relacionado (en la mayoría de los casos), con el número de grupos avistados en el día. Este hecho evidencia que la probabilidad de fotografiar animales depende del número de grupos avistados en el día.

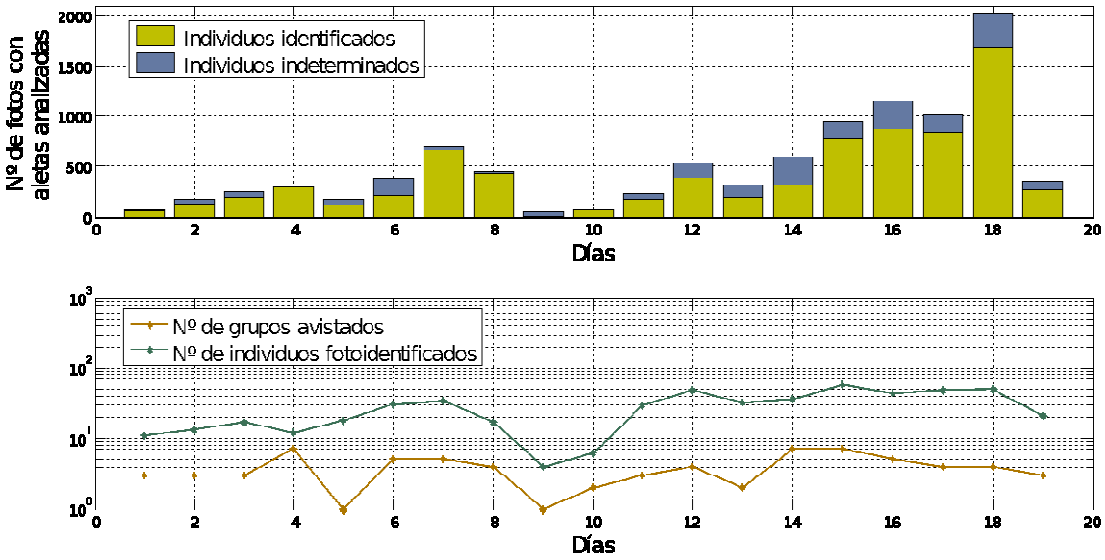


Figura 3.2. "Tasa de individuos fotoidentificados". **Arriba:** Representación del número total de individuos fotoidentificados o "identificados", en verde (animales que han sido catalogados, por tener marcas en su dorsal, M=3 o M>3), frente al número de individuos "indeterminados", en azul (animales que no poseen marcas suficientes para ser reconocidos nuevamente). **Abajo:** Obsérvese la relación logarítmica que existe en casi todos los casos entre el nº de grupos avistados (amarillo) en cada día y el número de individuos fotoidentificados (verde).

Se observó que los días de 2014 (1 y 2) y durante los días 9 y 10 de 2015, presentan un esfuerzo fotográfico mucho menor. Esto se debe a que la metodología usada los 3 primeros días consistió en salidas al mar oportunistas, donde no se usó plataforma de tierra. El último día (día 10), corresponde con un día corto de campaña en Anaga, en el que prácticamente no se avistaron grupos de calderones y por tanto, presenta un menor registro fotográfico.

La figura 3.3 muestra de forma gráfica el número de nuevos individuos identificados frente al de individuos recapturados para cada uno de los días de trabajo realizados

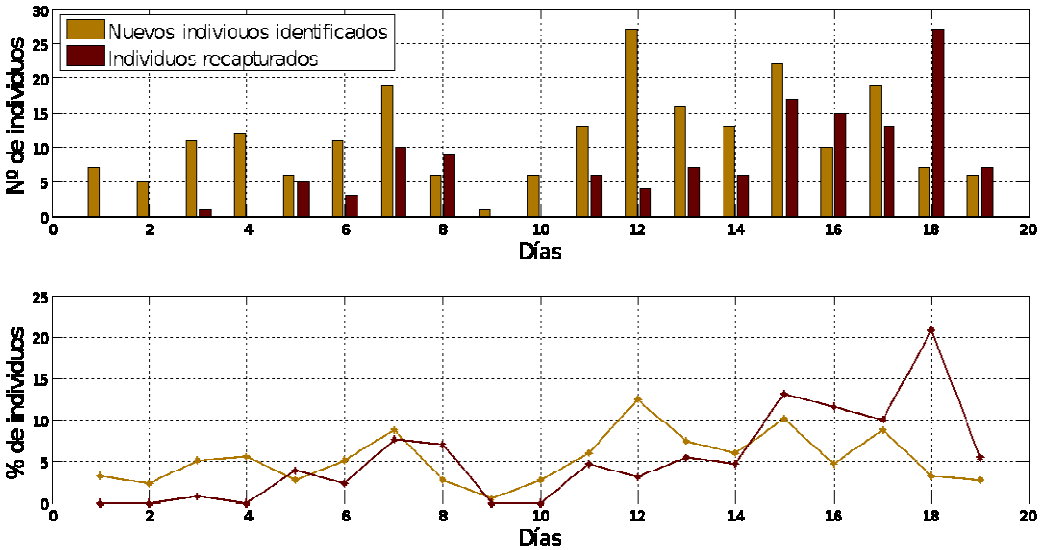


Figura 3.3. Número de nuevos individuos identificados frente al número de individuos recapturados (vistos de nuevo) por día de muestreo. **Arriba:** Se muestra el número de individuos identificados frente al número de animales recapturados por día consecutivo de muestreo. **Abajo:** Porcentaje de nuevos individuos frente al de individuos recapturados considerando el 100% de los individuos identificados durante todo el estudio. Obsérvese la tendencia a aumentar el porcentaje de número de animales recapturados en función del tiempo.

Se observa que existe una tendencia a que aumente el porcentaje de individuos recapturados frente al de nuevos individuos identificados, en función del tiempo de muestreo (días). Dicha tendencia es un indicio claro de se está empezando a tener una cantidad considerable de la población capturada, aunque aún no se pueda hablar de una cobertura total de la población. Es importante destacar en la figura 3.3 que los días comprendidos entre el 9 y el 12 pertenecen a los primeros días de campaña en Anaga, donde los grupos de calderones identificados parecen formar una

comunidad diferenciada de los de Los Cristianos, lo que explicaría el aumento del porcentaje de individuos identificados frente al de recapturados. En los últimos días de muestreo realizados en Los Cristianos (días del 14-19), se observa que aumenta el número de individuos recapturados, aunque siguen apareciendo nuevos individuos. El último día (día 19) corresponde con el último día de campaña realizado en Anaga, donde se observa un aumento en el número de recapturas. Estos datos pueden dejar entrever que si se continuase el estudio, al menos 2 años, probablemente la curva de acumulados (recapturados), tendería a estabilizarse (Fig. 3.4).

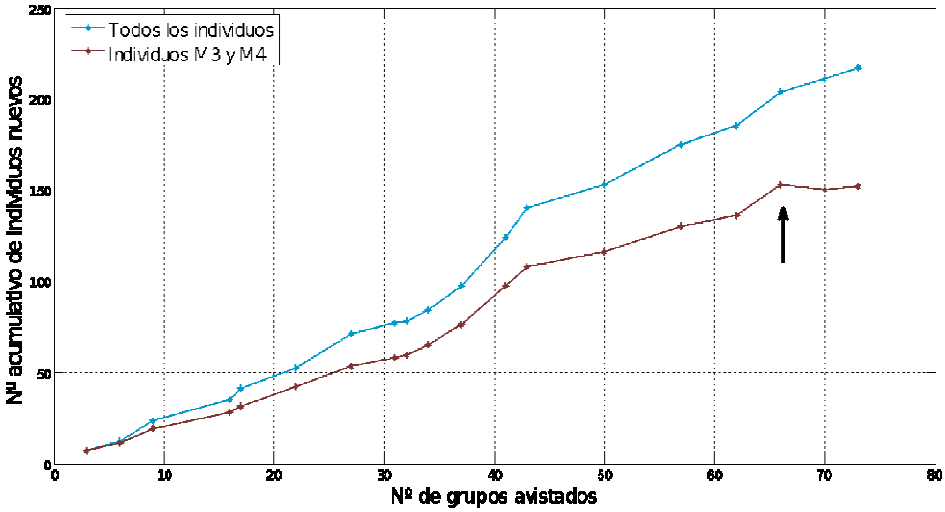


Figura 3.4. Número acumulativo de nuevos individuos identificados frente al número acumulativo de grupos avistados durante el estudio. En esta curva de acumulados se observan varios cambios en la inflexión de la misma. La flecha señala el punto al final de la curva donde parece que ésta tiende a estabilizarse, aunque podría tratarse de un salto más. Hay que tener en cuenta que se incluyen tanto las datos obtenidos en Anaga como en Los Cristianos.

A la hora de interpretar los datos de abundancia de la población hay que considerar que no podemos afirmar que la curva de acumulados se haya estabilizado, por lo que hay que tratar esas estimas con precaución (Fig. 3.4). Para poder comprobar que la curva se ha estabilizado, y que por tanto la mayoría de los individuos de la población están incluidos en la estima, se necesitaría más tiempo de muestreo.

A la hora de analizar el esfuerzo fotográfico es importante que la cobertura fotográfica sea similar para cada uno de los individuos. Para ello, se calculó el promedio de fotografías realizadas para cada uno de los individuos fotoidentificados en cada uno de los días de trabajo realizados (Fig. 3.5).

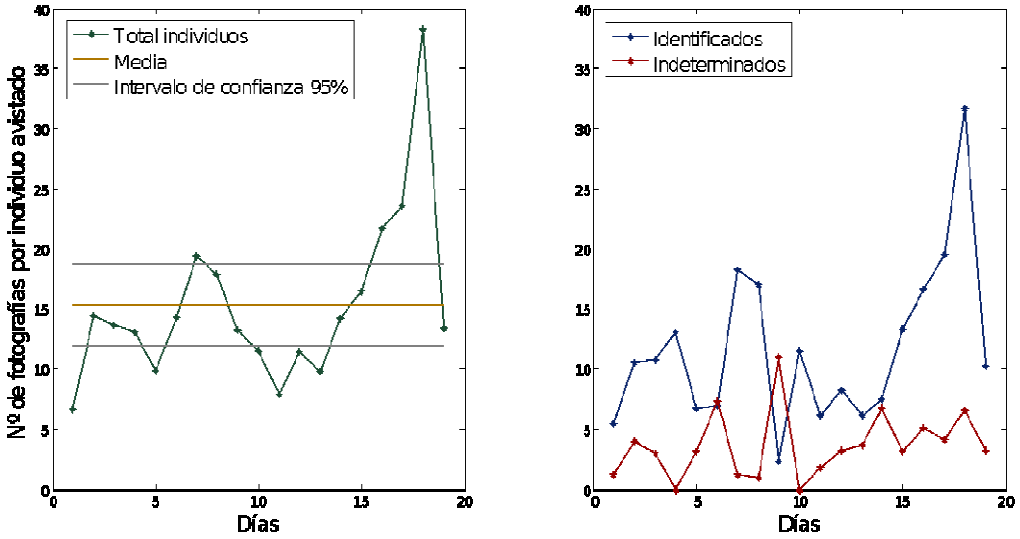


Figura 3.5. Número de fotografías por individuo avistado para cada uno de los días.Izquierda: Relación entre el número de fotografías tomadas en cada uno de los días de trabajo para cada uno de los individuos avistados. Se representa asimismo la media y el intervalo de confianza al 95%. **Derecha:** Número de fotografías para los individuos marcados frente a los no marcados. Nótese la tendencia general al mayor esfuerzo fotográfico llevado a cabo sobre los individuos identificados (más marcados). En ambas gráficas se observa la diferencia de esfuerzo en el día 18 y los días de salida fortuitos (no englobados en una campaña y sin tierra).

Se observa que el esfuerzo fotográfico sobre los diferentes calderones avistados ha sido heterogéneo, con una media de 15 fotografías por individuo (tanto individuos determinados como indeterminados) y un intervalo de confianza al 95% entre 12 y 18 fotografías. La figura 3.5, muestra un aumento considerable del esfuerzo fotográfico para el día 18. Esto se debe a la participación en la estación de mar de personal voluntario del crowdfunding, como parte de las recompensas que se ofertaban, de forma que la cobertura fotográfica de ese día es diferente a la obtenida para el resto de los días de campaña. Este hecho evidencia la importancia de que el personal encargado de tomar las fotografías sea el mismo, puesto que solo así se conseguirá un esfuerzo fotográfico constante y por tanto, unos datos más homogéneos. Además, los dos días de salida oportunista se ven representados con un menor número de esfuerzo fotográfico, ya que el tiempo dedicado a fotoidentificar a los animales es menor que el empleado durante los días de campaña.

El análisis de los datos permite comprobar asimismo que existen diferencias entre el porcentaje de fotografías tomadas a los animales marcados frente a los no marcados o indeterminados (Fig. 3.5. Derecha). Esto se deba a que, de manera

involuntaria, los fotógrafos tienden a realizar un esfuerzo fotográfico mayor en aquellos animales que presentan marcas.

Otro factor a tener en cuenta a la hora de interpretar los resultados es que el esfuerzo fotográfico haya sido homogéneo entre las dos áreas de estudio. Para comprobarlo, se promedió el número de fotografías tomadas por individuo en Anaga y Los Cristianos (Ver figuras 3.5 y 3.6).

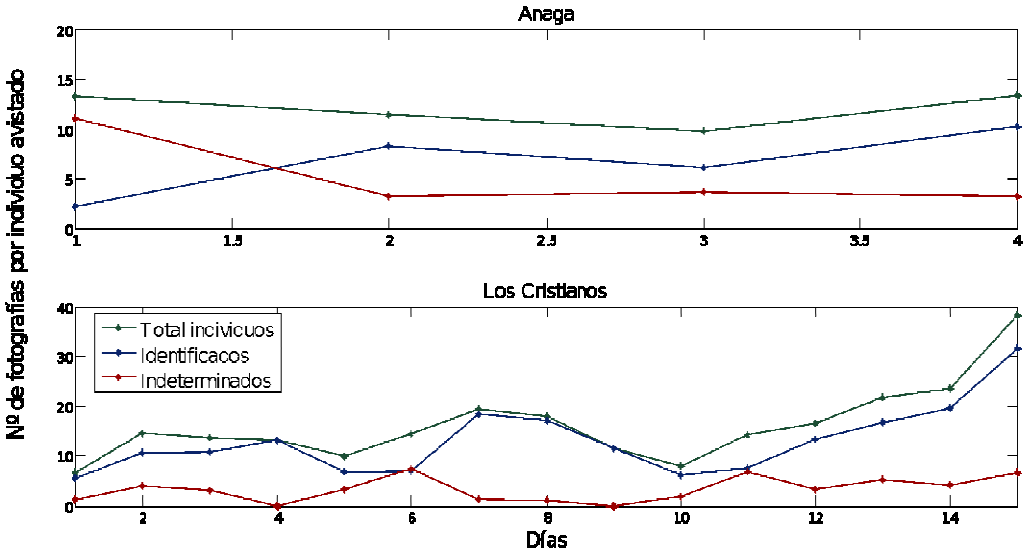


Figura 3.6. "**Esfuerzo fotográfico por individuos y zona".** Comparativa entre las dos zonas de muestreo. Se refleja aquí el número de fotografías tomadas por individuo, tanto identificado (en azul) como indeterminados (en rojo) por día en cada una de las zonas de estudio.

En los datos obtenidos (Fig. 3.6) se observa una ligera diferencia entre las zonas estudiadas, con un intervalo de entre 8 y 18 fotografías de una zona a la otra, aunque los promedios se mantienen más o menos constantes. Una explicación a las ligeras diferencias encontradas entre zonas es que las condiciones meteorológicas fueron, por lo general, mejores en Los Cristianos que en Anaga, lo que permitió pasar más tiempo con los grupos de calderones, por lo que se pudieron realizar más fotografías para los individuos del sur.

Los resultados de los análisis de esfuerzo fotográfico (Fig. 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6) indican que existe cierta heterogeneidad en los datos obtenidos, que ha de

tenerse en cuenta a la hora de realizar la estima de la población y a la hora de interpretar los resultados.

4.1.2. Catálogo de fotoidentificación del calderón tropical en Tenerife.

El análisis de **9.824 fotografías**, resultó en la creación de dos bases de datos; una con la información acerca de los grupos avistados y otra para cada uno de los individuos identificados. Tras contrastar la información que cada una de ellas aporta, se procedió a la elaboración de un catálogo online: "Catálogo de Calderones de la isla de Tenerife" En el catálogo se recogen todos los animales avistados, tanto en Anaga como en Los Cristianos, que presentan una Q y/o M altas. En total, **217 individuos,** conforman este catálogo, representados por un total de 7.671 fotografías, de las que se seleccionó aquellas con mayor Q para cada uno de los individuos. (ver http://asociaciontonina.com/wp-content/uploads/2016/05/catalogo_calderones_web.pdf). Además, cada una de las fotografías dentro del catálogo presenta una serie de campos con información sobre el individuo en cuestión (Ver Act. 4.1.1 del bloque II).

El "Catálogo de Calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*) en la isla de Tenerife", es un catálogo online, en el que se recogen las aletas dorsales de los individuos identificados. Se encuentra en formato PDF, pudiendo descargarse libremente a través de este enlace: http://asociaciontonina.com/investigacion-y-divulgacion/proyectos/catalogo-calderones/. La creación de un catálogo online era uno de los objetivos prioritarios a realizar dentro del proyecto MITCALD, ya que no existía hasta la fecha ningún catálogo de fotoidentificación abierto al público para esta especie en Tenerife. Ya se ha compartido el catálogo con otras entidades científicas para comprobar si existe flujo de animales entre los archipiélagos de Madeira y Canarias, y se espera que más grupos de investigación utilicen este catálogo como base para desarrollar futuros trabajos sobre el calderón tropical.

4.1.3. Estima poblacional.

Habiendo realizado el estudio previo de los datos recolectados (Bloque II. Act. 4.1.1 de la presente memoria), y tras valorar las diferentes asunciones que deben cumplirse para la aplicación de cada uno de los modelos (población abierta y cerrada),

se procedió a una estima poblacional en MARK mediante un Modelo de Población Cerrada (Ver explicación sobre metodología en Bloque II. 4.1.2). Además, los resultados obtenidos para el esfuerzo fotográfico (Bloque II. Act. 4.1.1), indican que no se cumple la misma probabilidad de captura para cada uno de los animales presentes en el área.

Los datos obtenidos con el programa U-CARE sobre el coeficiente de GOF ("Goodness Of Fit") mostraron una alta heterogeneidad en los mismos, reflejando un resultado significativo para los Test de Trap-dependence (mide si hay animales más predispuestos que otros a ser capturados) y Transients (animales que están de paso, transeúntes). Estos resultados corroboran la heterogeneidad en los datos en lo que a esfuerzo fotográfico se refiere (ver Bloque II Act. 4.1.1).

Un resumen de los resultados obtenidos de la estima poblacional para las diferentes áreas se representa en la siguiente tabla:

Factor de corrreción	**$N_{M\&Q>=3}$**	**CI 95%**	**Nt (marcados y no marcados)**	**CI 95%**	**S.E**
Estima_TS	272	232-336	**391**	**325- 470**	**26,03**
Estima_AN	64	49-102	**98**	**75-156**	**12.71**
Estima_TS_AN	411	344-512	**575**	**481-716**	**42,32**

Tabla 3.3. Tabla de Estimas Poblacionales. Estimas poblacionales del calderón tropical para cada una de las zonas analizadas. El valor de $N_{M\&Q>=3}$representa la estima poblacional dada por MARK para los animales marcados, M igual o mayor a 3. En la columna de Nt (marcados y no marcados) figura la estima poblacional, una vez aplicado el factor de corrección en función de la tasa de marcados. En la primera fila tenemos la estima para la población de la zona sur (Estima_TS), seguido por la estima para la zona norte (Estima_AN), y por último, la estima conjunta para ambas zonas (Estima_TS_AN).

4.1.3.1. Estima poblacional de calderón tropical para Los Cristianos (zona sw de Tenerife).

El modelo que mejor se ajusta es el M(th), reflejando la heterogeneidad de los datos y el tiempo como factores principales. Hay que puntualizar que esta estima se basa únicamente en los animales marcados de la zona, tras aplicar el factor de corrección (ver explicación del método, en Bloque II apartado 4.1.2), se obtuvo una estima total de **391 animales** (marcados y no marcados)**, con un CI al 95% = [325- 470]** y un **error estándar de 26.0302**. Esta cifra se acerca bastante a la barajada en un primer momento mediante una estima "manual" y parece ajustarse bastante a la obtenida en estudios anteriores (P. ej. Carrillo & Tejedor, 2002), en los que se estima unos 362 individuos en el área, con un intervalo de confianza entre 241-544, una estima del tamaño mínimo de la población de 200,14 ejemplares y una densidad de 1,47 individuos por km^2. Aunque es importante matizar que no se ha aplicado la misma metodología.

Servidio establece una estima de 636 animales (CV= 0.028; 95% CI=602-671) utilizando la misma metodología que en este estudio, lo que supone valores mucho más altos que los obtenidos aquí. Esto puede ser explicado por los siguientes motivos:

1. Aunque se ha adoptado un protocolo muy estricto a la hora de incluir los datos en la analítica (ver Bloque II, Act.4.4.1) y sabiendo por tanto, que la analítica es robusta, los datos obtenidos pueden haber variado respecto a la estima dada por Servidio debido a un tiempo de muestreo insuficiente. Dada la biología de esta especie, se debería realizar un estudio continuado de al menos 3 años, para que se empiece a capturar fotográficamente al total de la población. Este hecho se reflejaría en una Curva de acumulados completamente estable, algo que a día de hoy no se cumple (Fig. 3.4), con lo que los datos de estima total pueden estar infraestimados.

2. El área muestreada en el presente estudio es un área reducida si se compara con el área muestreada por Servidio, con lo que si existiesen individuos con una mayor afinidad por otra zona dentro del ZEC, se podría estar perdiendo

la captura de éstos y por tanto, no estar teniendo estos individuos en cuenta a la hora de estimar la población.

4.1.3.2. Estima poblacional para el calderón tropical en Anaga (zona norte de Tenerife).

La estima para Anaga, tras aplicar el factor de corrección, fue de **98 individuos** con **[95%CI= 75-156]** y **un error estándar de 12.712**. Los resultados se pueden consultar en la tabla 3.3.

La cifra obtenida es bastante menor que la obtenida para Los Cristianos, lo que puede deberse a que la zona sur presenta una abundancia de calderones mayor que la registrada en la zona norte (Servidio, 2014; Heimlich-Boran 1993). Hay que considerar sin embargo, que la diferencia de días de esfuerzo entre las dos zonas es considerable (ver figura Fig. 3.6). El modelo que mejor se ajusta en este caso es el M(t), un modelo dependiente del tiempo, reflejando que éste ha sido el principal factor limitante debido al bajo número de días de muestreo. En cualquier caso, se necesitaría un estudio prolongado en el tiempo, en el que se realice un mayor número de días de esfuerzo para poder disponer de una estima de abundancia más precisa.

4.1.3.3. Estima poblacional de calderón tropical para ambas zonas (Los Cristianos y Anaga).

En el transcurso del estudio, se observó que 7 de los calderones catalogados se avistaron tanto en la zona sur (Los Cristianos) como en la zona norte (Anaga). Es por ello, que se consideró realizar una analítica conjunta en la que se contemplase el movimiento (de momento pequeño con los datos que se tienen) entre las dos áreas de estudio. Los resultados obtenidos, tal y como muestra la tabla 3.3, son de un total de **575 animales (95% CI=481-716)** y un **error estándar de 42.3273**. Vemos como en este caso el error es más alto que el dado por separado. Esto puede deberse a la mezcla de datos y días no homogéneos. Esta estima se tratará por tanto, de una estima menos precisa que la dada para cada una de las poblaciones por separado, puesto que el periodo

de muestreo es corto en el tiempo, el esfuerzo fotográfico difiere entre zonas e individuos y ambas zonas presentan una superficie de muestreo reducida.

En cualquier caso, para hablar de una estima poblacional más fiable, se debería ampliar el tiempo de estudio, aumentar la zona de muestreo en la zona sur para cubrir posibles áreas de preferencia, realizar un esfuerzo homogéneo en ambas zonas, que sirva para comparar las densidades entre ellas, aumentar las campañas o días de muestreo para evaluar si hay diferencia significativa entre las estaciones y equiparar los días de muestreo de un lado y otro.

4.2. Análisis de la estructura social del calderón tropical.

Tras comprobar que el software reconocía correctamente los datos, se procedió a la analítica completa de estructura social mediante el uso de SOCPROG 2.6 para MATLAB.

- Al realizar el análisis de estructura social, se obtuvo un valor de 0.686. Este valor pone de manifiesto que se trata de una sociedad bien diferenciada.
- Los resultados obtenidos para el coeficiente de relación (r) entre el índice real de asociaciones y los índices de asociación estimados, mostraron un valor de 0.295, indicando que los datos no se ajustan de forma adecuada a la estructura social de estudio. Es decir, los datos obtenidos hasta la fecha no representan la estructura social de la especie. Este hecho se debe principalmente a que se trata de un análisis donde se evalúa una población con una estructura social compleja, corroborado por el índice obtenido de 0.686. Por ello se concluyó que es necesario más tiempo de toma de datos para que exista una representación adecuada de dicha estructura.
- La curva de acumulados (individuos identificados en función de los días de muestreo) obtenida con Socprog, muestra que aún no se ha estabilizado (resultado corroborado por los análisis en FotoID, ver Fig. 3.4), indicando que los datos obtenidos hasta la fecha no son suficientes para una analítica robusta sobre estructura social de la población.

El factor tiempo ha sido el limitante en este análisis. Sin embargo, y aunque no se puedan establecer conclusiones claras debido a la ausencia de resultados estadísticos, sí existe una serie de tendencias claras observadas a lo largo del muestreo, observándose la existencia de asociaciones preferenciales entre individuos dentro de un mismo grupo, modelo de "compañeros constantes" (Whitehead, 2008), algo que ya constató Servidio (2014) para esta población de calderones.

En la mayoría de esos casos, se observó que si se avistaba o fotografiaba un 'individuo X', muy probablemente, se registraría también a su acompañante habitual en dicho avistamiento o grupo. También se detectó un flujo de individuos entre ambas zonas (animales que se avistaron en el Sur se reavistaron nuevamente en Anaga) por parte de una pequeña fracción de la población. Servidio (2014) observó un flujo poblacional entre zonas con una cifra de 3 individuos. Los datos obtenidos en este estudio parecen reflejar que este flujo es mayor al planteado inicialmente, con una cifra de 7 animales reavistados. Esta cifra representaría un porcentaje bajo de movimiento, correspondiendo a un 7,78 % de la estima poblacional de Anaga. Se ha comprobado que animales avistados en Tenerife han sido reavistados en Madeira (Servidio, 2014), con lo que este movimiento alrededor de la isla no es un hecho sorprendente. Determinar el grado en el que los animales viajan entre zonas e islas es de vital importancia para esclarecer diversas cuestiones referentes a su estructura social, etología, filogenia o fisiología de la población de calderón tropical en el ZEC Teno-Rasca y la isla de Tenerife.

Por último, la denominación de 'grupo' presenta en ocasiones, un significado demasiado laxo o abstracto dentro de esta población en particular, dependiendo de qué plataforma esté definiendo "grupo". Heimlich-Boram (1993) habla de grupos concretos que se unen en grandes grupos para aparearse. Dicha teoría, parece coincidir en principio, con lo observado durante la toma de datos.

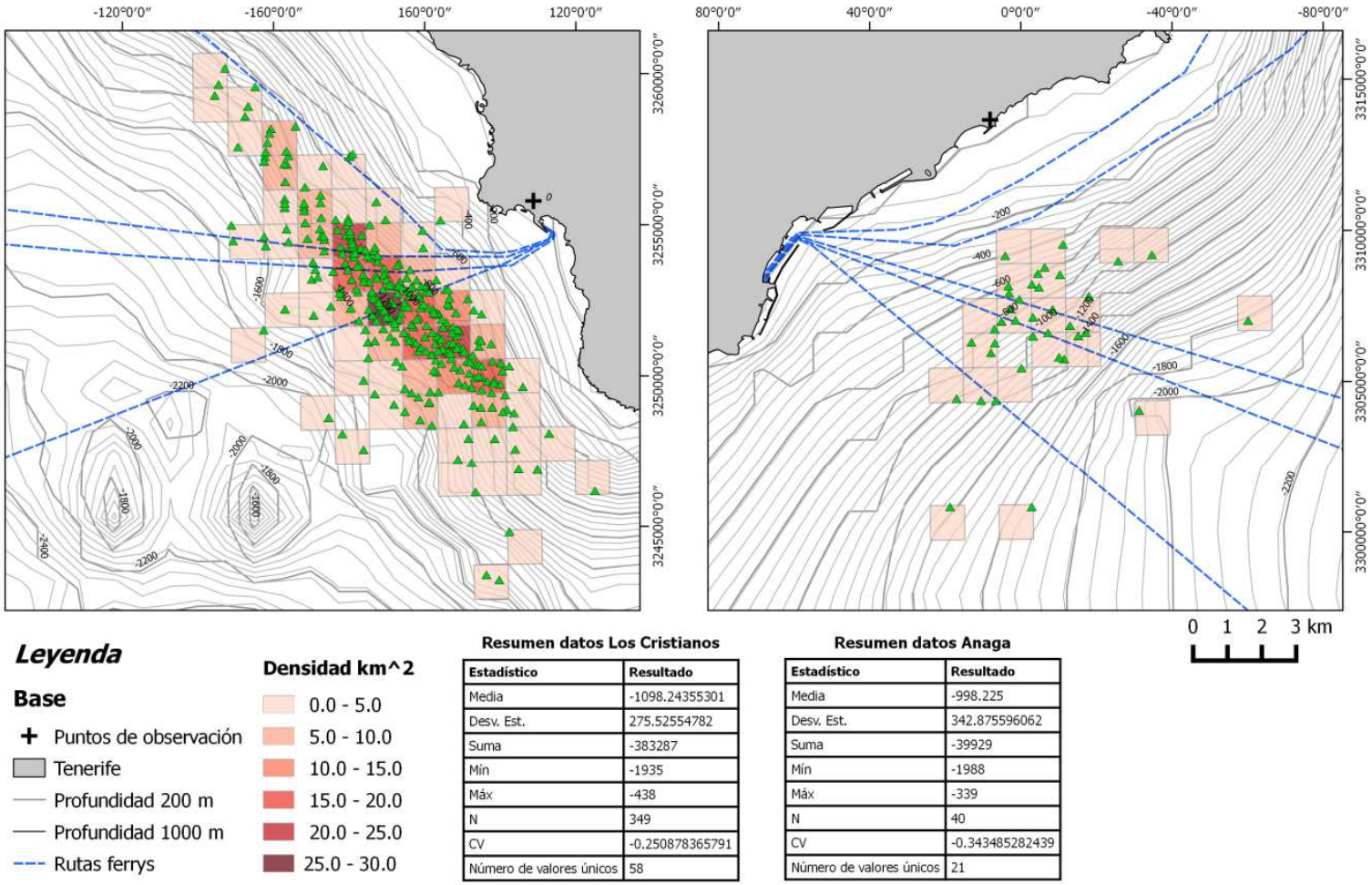
4.3. Distribución y uso del hábitat del calderón tropical en las dos zonas de estudio.

Se realizaron un total de 312 avistamientos de grupos de calderones en la zona de los Cristianos y un total de 44 en la zona de Anaga (Tablas 3.1 y 3.2). La presencia de calderones en el área de Los Cristianos ha sido relativamente constante durante todos los días de muestreo realizados, mostrándose como la especie más frecuente en el área. En el área de Anaga también se muestra como la especie más abundante, aunque hubo 2 días donde no se avistó ningún grupo de esta especie.

El cálculo de los avistamientos por hora (APH) de calderón tropical para las dos zonas de estudio, permitieron corroborar que la zona de Anaga (media APH=1,72, mínimo=1,29 y máximo=2,17 APH) es menos frecuentada por esta especie que para la zona de Los Cristianos (media APH=4,62, mínimo=0,98 y máximo=7,87 APH). Los APH de calderón tropical para las dos áreas de estudio fueron de 0,98-7,87 APH (media=3,65 APH), lo que confirma que la especie es abundante en estas dos áreas de Tenerife. Además, estos datos permiten comprobar la utilidad de emplear una estación de tierra como plataforma de estudio en Tenerife, lográndose así maximizar la cantidad de datos que se obtienen por tiempo de esfuerzo.

El calderón tropical no parece distribuirse de forma homogénea en ninguna de las áreas de estudio, presentando áreas de mayor o menor uso en base a la frecuencia de avistamientos presentes en diferentes zonas concretas. Así, podemos observar que las mayores densidades de calderones en la zona de Los Cristianos (25-30 individuos por Km^2) se sitúan frente al muelle de los Cristianos, existiendo una tendencia a que las zonas de mayor uso dentro del área de estudio se distribuyan de forma paralela a la costa, siguiendo la línea batimétrica de los 1000 m (media= 1098 m) (Ver Fig. 3.7). Estos datos corroboran los obtenidos por otros autores en estudios anteriores, donde se situaba la preferencia de los grupos de calderones en el sw de Tenerife en torno a la isobata de los 1000 m (Heimlich-Boran, 1993; Montero & Martín, 1993; Carrillo & Tejedor, 2002; Servidio, 2014). En la zona de Anaga, la distribución de los avistamientos de calderón tropical fue más irregular, aunque también se observó una tendencia a que los avistamientos aparecieran asociados a la línea batimétrica de los 1000 m (media=998 m).

Esta distribución de los calderones en el SO de Tenerife parece estar relacionada con los movimientos de los recursos alimenticios (especialmente cefalópodos) de los que se alimenta esta especie de buceo profundo (Montero & Martín, 1993; Carrillo & Tejedor, 2002), cuyas inmersiones profundas de alimentación alcanzan una media de profundidad de 723 m y duran unos 15 minutos (Aguilar de Soto, 2006; Aguilar de Soto et al., 2008). Sin embargo, la ausencia de datos sobre cambios estacionales en la distribución de los calderones en el área o sobre la variabilidad de abundancia de cefalópodos y otras especies profundas en el área, no permite relacionar de forma directa la distribución de los recursos tróficos con la distribución de los calderones.



Resumen datos Los Cristianos

Estadístico	Resultado
Media	-1098.24355301
Desv. Est.	275.52554782
Suma	-383287
Mín	-1935
Máx	-438
N	349
CV	-0.250878365791
Número de valores únicos	58

Resumen datos Anaga

Estadístico	Resultado
Media	-998.225
Desv. Est.	342.875596062
Suma	-39929
Mín	-1988
Máx	-339
N	40
CV	-0.343485282439
Número de valores únicos	21

Figura 3.7: Mapa de la distribución de los avistamientos de calderón tropical para las dos áreas de estudio

4.4. Determinación genética del sexo (Act. Extra).

4.4.1. Resultados obtenidos tras la amplificación con LGL.

Los resultados obtenidos, tras cargar el gel de agarosa a 200 mV durante 2 horas, fueron de un total de: **7 machos claros** (2 bandas de 1000 pb y 900 pb respectivamente) y **6 posibles hembras** (1 banda de 1000 pb)**.** Algunas de las muestras presentaron una banda algo borrosa y aunque en un principio parecía indicar que se trataba de muestras pertenecientes a hembras, al tratarse de bandas muy pesadas (900 y 1000pb) puede conllevar a errores a la hora de separarse por diversos factores, tales como: tiempo, cantidad de agarosa en el gel, tamaño del poro, etc. Por ello, se procedió a una doble comprobación con los primers SRY (exclusivos para machos),

4.4.2. Resultados obtenidos tras la amplificación con SRY.

En el caso de la amplificación con SRY, las muestras se dejaron correr en un gel de agarosa durante 30 minutos. Se analizaron previamente aquellas muestras que dieron dos bandas (positivo para macho) tras una amplificación con LGL, con el fin de descartar un falso positivo en este caso. En la figura que se muestra a continuación (Fig. 3.8), se observan los resultados obtenidos tras la amplificación con SRY. Se puede comprobar la banda amplificada para cada una de las muestras, corroborando que, en este caso, todas pertenecen a individuos macho.

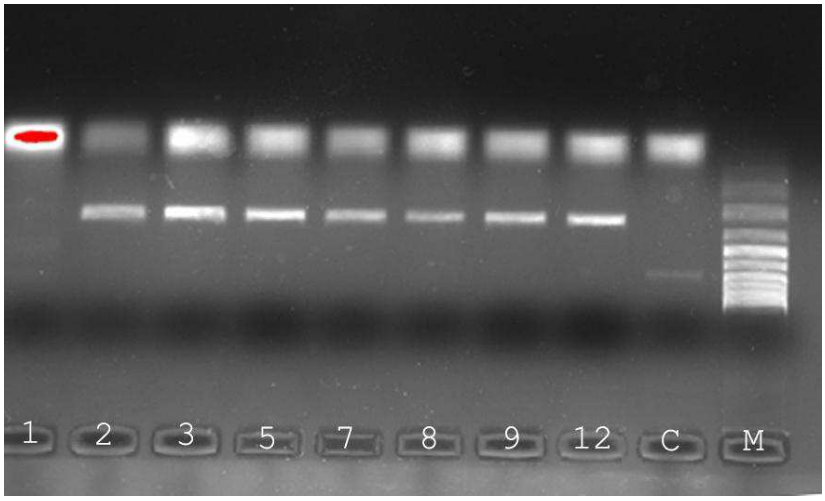


Figura 3.8. Resultados de SRY para los machos obtenidos previamente con LGL. La muestra nº1 es una hembra que se añadió como control para hembras (obsérvese la ausencia de banda en este caso). Además, se observan dos pocillos más: C (muestra control, sin ADN) y M (marcador). La banda clara que aparece en el C es un posible artefacto, que en ningún caso, presenta un problema en la veracidad del test.

Se realizó la doble comprobación para el caso de las posibles hembras (Fig. 3.9) obtenidas con LGL. En este caso, se ve como dos muestras (11 y 13), que dieron dudosas en la primera prueba, presentan banda de manera clara, indicando que se trata de dos machos en lugar de dos hembras (Fig. 3.9). Con esta diferencia, los resultados obtenidos tras la amplificación con SRY fueron un total de: **9 machos y 4 hembras** para las muestras de calderón tropical analizadas.

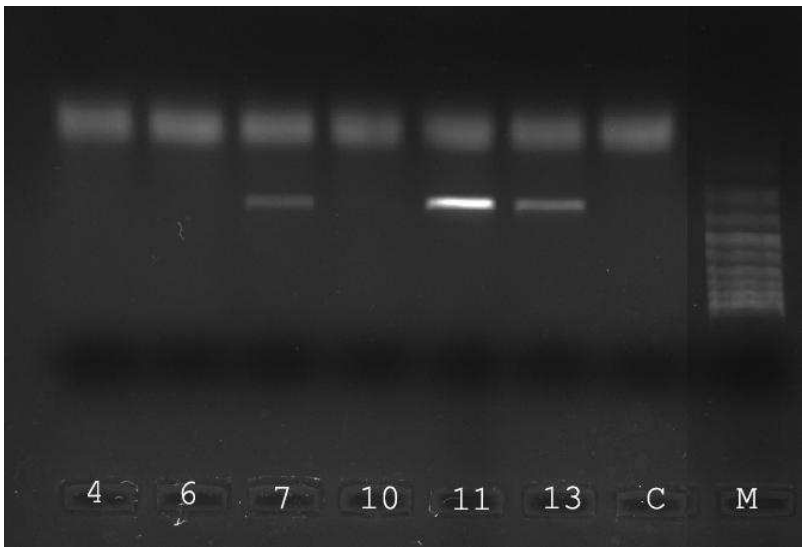


Figura 3.9. Resultados de SRY para las hembras obtenidas previamente con LGL. Figura en la que se muestran los resultados obtenidos para SRY donde se analizan los resultados de LGL para las hembras. Se observa el Marcador (M) y el Control (C). El pocillo 7 es un control positivo para macho. Si analizamos el resto de las muestras que previamente dieron hembras para LGL vemos como en el caso de las muestras 11 y 13 en este análisis presentan una banda, exclusiva para machos.

El resultado final para el análisis genético de determinación de sexo de las muestras obtenidas a partir del tejido graso muestran que **el 69% de las muestras analizadas corresponden a calderones macho** (9 machos) **y un 31% de hembras** (4 hembras) (Tabla 3.4).

Nº de muestra	Código de la muestra	Status establecido (FotoID)	Resultado final con LGL	Resultado final con SRY
1	GM_25092015_B_Ang_1	Indeterminado	Hembra	Hembra
2	GM_03112015_U_TS_1	Macho	Macho	Macho
3	GM_04112015_M_TS_1	Macho	Macho	Macho
4	GM_07112015_N_TS_1	Indeterminado	Hembra	Hembra
5	GM_05112015_F_TS_1	Indeterminado	Macho	Macho
6	GM_07112015_Q_TS_1	Indeterminado	Hembra	Hembra
7	GM_08112015_D_TS_1	Macho	Macho	Macho
8	GM_05112015_D_TS_1	Macho	Macho	Macho
9	GM_07112015_F_TS_1	Macho	Macho	Macho
10	GM_04112015_H_TS_1	Indeterminado	Hembra	Hembra
11	GM_06122015_A_Ang_1	Indeterminado	Posible hembra*	Macho
12	GM_25092015_B_Ang_2	Macho	Macho	Macho
13	GM_25092015_A_Ang_1	Macho	Posible hembra*	Macho

Tabla 3.4. Tabla de resultados para el sexado genético de muestra de calderón. *Obsérvese la diferencia en los individuos 11 y 13 para los resultados de LGL y SRY. La confirmación con SRY deja ver que se trata de dos muestras de machos, en los que las dos bandas (900 y 1000) no se separaron correctamente en la amplificación con LGL. Además, se observa que el sexado mediante FotoID concuerdan con los resultados obtenidos mediante genética.

El que exista un número mayor de machos frente a hembras se debe a que para la toma de biopsias, se eligieron aquellos animales fáciles de reconocer dentro de los grupos (normalmente los machos adultos presentan más muescas en las dorsales y son más grandes), para poder así seguir su evolución. Además, así se evita individuos con una cría o juvenil asociado (mayoría hembras), que se querían evitar para no causarles situaciones de estrés.

Cabe resaltar que las clases/sexo propuestos para los individuos por fotoID concuerdan con los obtenidos genéticamente.

4.5. Análisis de la tipología y número de embarcaciones que visitan los grupos de calderones.

Se analizaron un total de 357 avistamientos de calderón tropical en la zona de Los Cristianos, de los cuales: 141 correspondieron a grupos que tenían algún tipo de embarcación en las cercanías (a menos de 200 m) y 216 a grupos que no tenían embarcaciones junto a ellos. Esto supone que en un 39% de las ocasiones, los calderones del sw de Tenerife están siendo visitados por algún tipo de embarcación (Fig. 3.10) frente al 61% en que los grupos no presentan embarcaciones en las cercanías. De ese 39%, en el 63,83% de las ocasiones se trataba de barcos de whalewatching, en un 48,9% de las ocasiones se trataba de barcos de recreo y en un 14,18% de las ocasiones se trataba de motos de agua (Fig. 3.10). Estos valores confirman el descontrol existente en el área, siendo el porcentaje de visitas a los grupos de calderones por parte de barcos no autorizados (63,08% motos de agua y recreativos) casi igual al porcentaje de barcos autorizados (63,83% barcos de whalewatching).

Estos resultados contrastan con los obtenidos para los grupos de calderones de la zona de Anaga, donde sólo en el 8% de las ocasiones los grupos aparecían con barcos en las cercanías (Fig. 3.10). En esta zona, se analizaron un total de 40 avistamientos de calderón, contabilizándose un total de 37 avistamientos sin embarcaciones alrededor y sólo en 3 ocasiones se vieron embarcaciones en las cercanías de los grupos (concretamente embarcaciones de recreo).

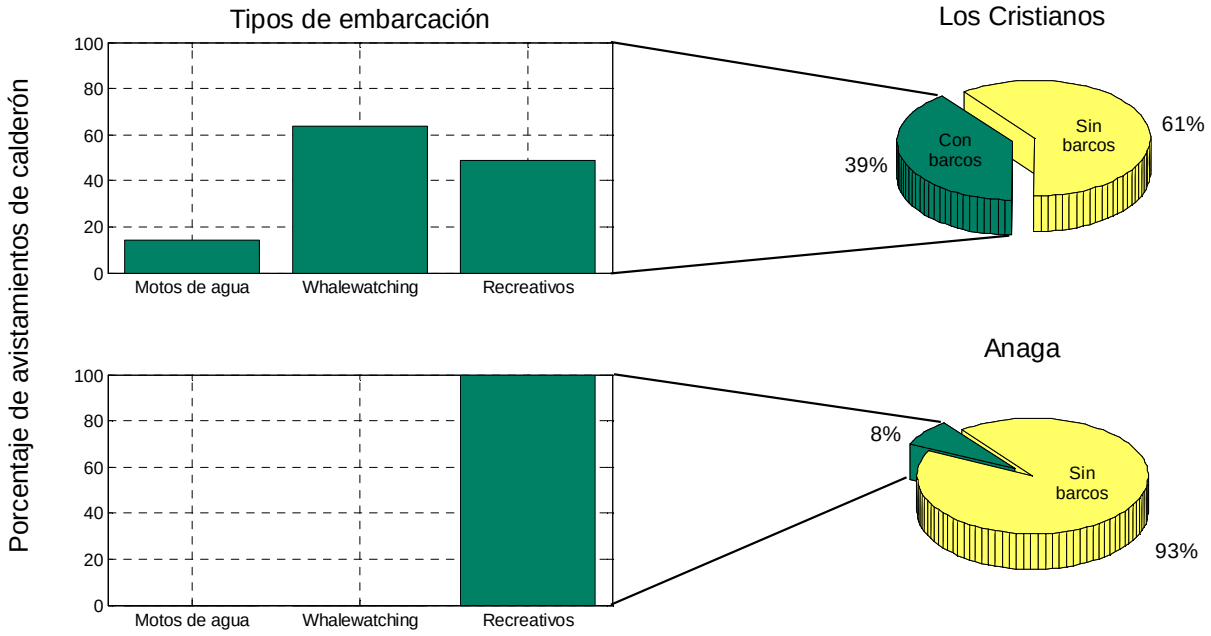


Figura 3.10.Porcentajes de avistamientos de grupos de calderón tropical en relación a la presencia de embarcaciones en las cercanías de los mismos (<200 m del grupo).

En la zona de Los Cristianos, las motos de agua fueron el tipo de embarcación que visita los grupos de calderones con mayor número de embarcaciones (media de 4,25 motos de agua por grupo; SD=1,11), mientras que, en general, tanto los barcos de whalewatching como los recreativos aparecen en las cercanías de los grupos con una sola embarcación (media=1,23, SD=0,49 barcos de whalewatching por grupo y media=1,34, SD=0,7 barcos recreativos por grupo) (Fig. 3.11). Esto parece deberse a que las excursiones con motos de agua en la zona se realizan en grupo, siendo usual que varias motos de agua se aproximen a los grupos de calderones a la vez, en ocasiones creando situaciones de acoso a los animales al pasarles por encima y rodearlos desde varios ángulos.

El tiempo de permanencia de los diferentes tipos de embarcaciones en las cercanías de los grupos fue de: 15,90 min. de media para los barcos recreativos (SD=18,56), 10,25 min. de media para los barcos de whalewatching (SD=8,44) y de 4,45 min. de media para las motos de agua (SD=2,4) (Fig. 3.11). Cabe destacar en este apartado que se llegó a registrar un barco recreativo durante más de 1 hora y media siguiendo a un grupo de calderones en la zona.

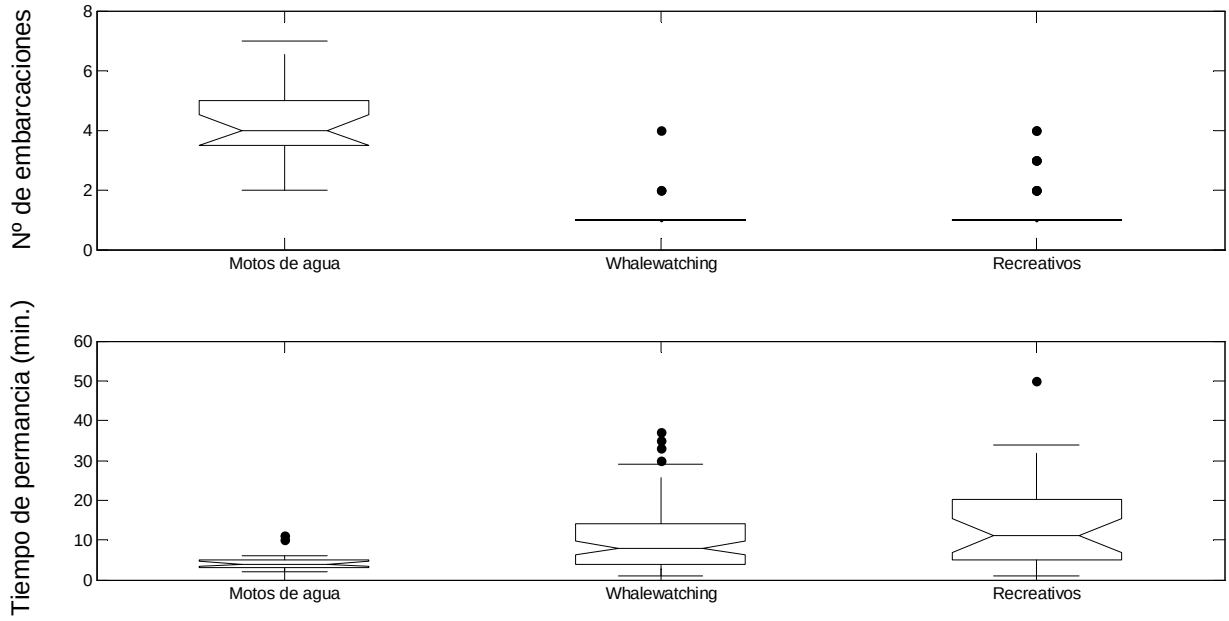


Figura 3.11.Nº de embarcaciones de cada tipo en las cercanías de los grupos de calderón tropical (<200 m del grupo) y tiempo de permanencia de cada una de ellas con los animales. Un barco recreativo pasó más de 1 hora y 37 minutos siguiendo a un grupo de calderones, pero los resultados no se han incluido en la gráfica para facilitar la visualización de los datos.

Se analizaron 29 grupos de calderones con juveniles o crías (grupos sensibles) en donde la estación de mar pudo confirmar la estructura social de los mismos (Ver Act. 4.2 bloque II). Se observó que 10 de ellos aparecieron con barcos en las cercanías y 19 sin ningún tipo de embarcación en los alrededores. Esto supone que alrededor de la mitad de los grupos con crías de calderón están siendo visitados de forma usual por embarcaciones, no existiendo diferencias aparentes con respecto a grupos sin crías. Por tipo de embarcación, el porcentaje de visitas a los grupos con crías fue muy superior para las motos de agua (55,88% de las ocasiones), seguido de los barcos recreativos (29,4% de las ocasiones) y los barcos de whalewatching (14,71% de las ocasiones), mientras que para los grupos sin crías la tipología de embarcación visitante fue: 66,67% de barcos de whalewatching, 33,3% de embarcaciones de recreo y 0% de motos de agua (Fig. 3.12).

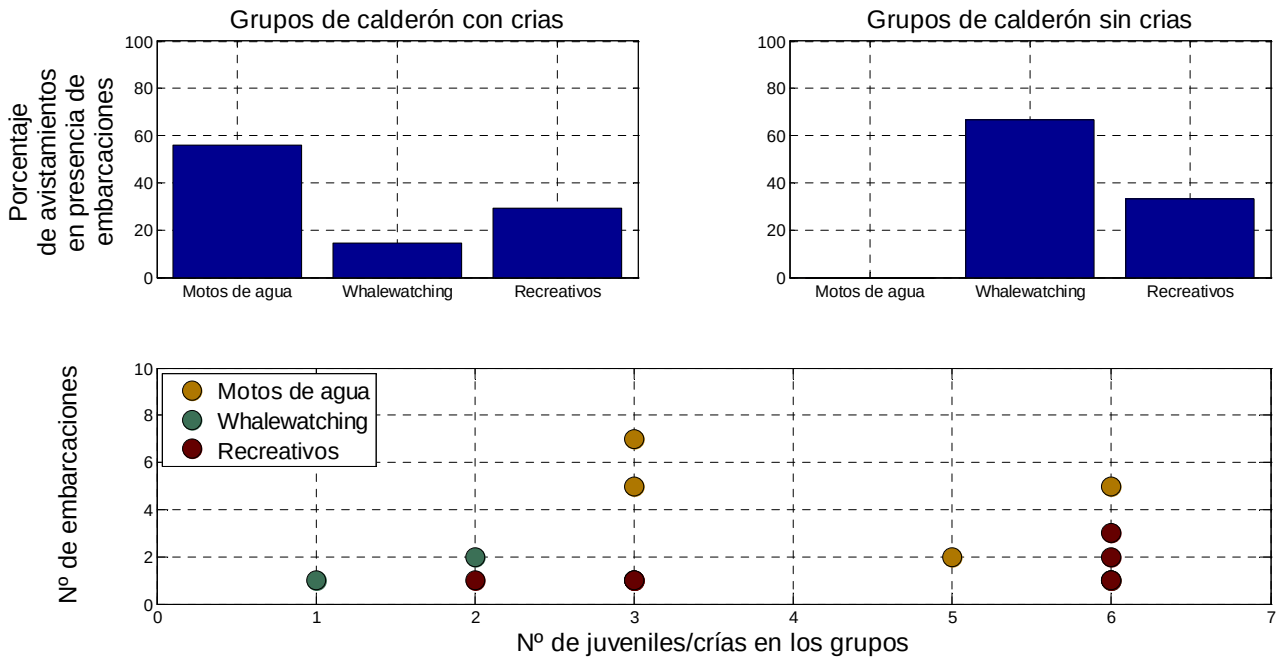


Figura 3.12.Grupos con y sin crías de calderón tropical en relación a la presencia de embarcaciones en las cercanías de los mismos (<200 m del grupo).

Llama la atención observar el alto número de visitas por parte de las motos de agua a los grupos de calderones con crías (Fig. 3.12) frente a los grupos sin crías. Esto puede deberse a una distribución heterogénea de los grupos con crías en el área, situándose estos grupos en zonas de paso de las excursiones de las motos de agua, o alejados de las zonas de visita habituales de los barcos de whalewatching. Las motos de agua suelen evitar realizar visitas a los calderones si hay barcos de whalewatching en el área, ya que al tratarse de una actividad ilegal, no quieren que se les tomen fotografías o vídeos donde se pueda identificar a la empresa responsable. Sin embargo, el bajo número de grupos donde se pudo determinar la estructura social no permite una comparativa estadística fiable, siendo necesario aumentar el tamaño muestral.

4.6. Análisis de cambios de comportamiento asociados al tipo de embarcación en las cercanías de los grupos de calderones.

El análisis de cambios en los patrones de comportamiento del calderón tropical utilizando los datos obtenidos desde la plataforma de tierra (Ver punto 4.3 del bloque II de la presente memoria) reveló que las motos de agua producen cambios significativos en los patrones de comportamiento (Kruskal-Wallis test, $p<0,05$) viéndose reducido significativamente los periodos de descanso de los calderones frente al comportamiento omnidireccional (Dunn-sidak test, $p<0,05$) (Fig. 3.13 y 3.14). De igual forma, los grupos de calderones en presencia de barcos recreativos mostraron un descenso significativo de sus periodos de descanso frente al comportamiento omnidireccional (Kruskal-Wallis test, $p<<0,05$; Dunn-sidak test, $p<0,05$) observándose asimismo una reducción marginalmente significativa para los barcos de whale watching en los periodos de descanso frente a omnidireccional (Kruskal-Wallis test, $p=0,034$; Dunn-sidak test, $p<0,05$). Los resultados para los patrones de comportamiento de los calderones en presencia de nuestra embarcación (barco de investigación) no mostraron diferencias significativas (Kruskal-Wallis test, $p=0,956$), aunque en la figura 3.14 puede observarse que los periodos de descanso bajan ligeramente durante los periodos en los que nuestra embarcación estaba con los grupos, al compararlos con los grupos sin ningún tipo de embarcación.

Figura 3.13.Fotografías de diferentes tipos de embarcaciones en las cercanías de los grupos de calderones obtenidas durante la realización del proyecto. A-) moto de agua cruzando por delante de la dirección que sigue un grupo de calderones. **B-)** moto de agua a menos de una hembra de calderón con su cría. **C-)** grupo de dos motos de agua con un grupo de calderones. **D-)** Embarcación de recreo a menos de 20 m de un grupo de calderones. **E-)** barco de pesca deportiva cruzando un grupo de calderones con las curricas en el agua.

Estos resultados confirman que los calderones están viendo modificados sus patrones de comportamiento normales debido a la masificación de la actividad náutica en la zona. Los cambios en los patrones de comportamiento observados parecen tener algún tipo de relación con la experiencia de los usuarios, de forma que usuarios sin experiencia como pueden ser turistas que se suben por primera vez a una moto de agua, se acercan a los animales de forma agresiva forzando a los animales a cambiar su comportamiento para poder evitarlos (Ver Fig. 3.13 para ver algunos ejemplos).

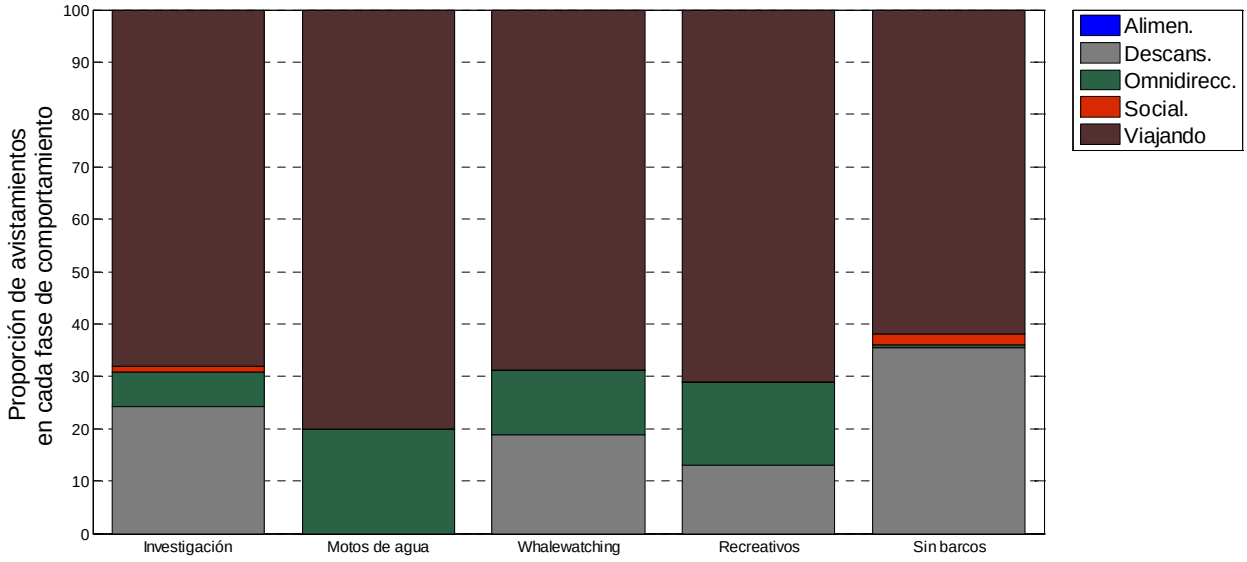


Figura 3.14.Proporción de avistamientos de calderón en cada fase de comportamiento. Nótese que los grupos de calderones en presencia de motos de agua no estuvieron en ningún caso descansando.

Los resultados obtenidos durante este estudio indican que los patrones de comportamiento de la población residente de calderones tropicales del sw de Tenerife se están viendo afectados por la interacción con embarcaciones, afectando estos cambios a los periodos de tiempo de descanso de los animales. La reducción de los tiempos de descanso en cetáceos debido a la actividad náutica se ha observado también en otros estudios. Así, Lusseau (2003) o Constantine y colaboradores (2004) observaron disminuciones significativas en los periodos de descanso de delfines mulares. Estos autores sugerían que las diferencias en la forma de maniobrar durante la aproximación a los animales y la duración de la visitas eran los factores que explicaban las diferencias observadas en los patrones de comportamiento en relación al tipo de embarcación. Esta parece ser la explicación más parsimoniosa para los resultados obtenidos durante este estudio en el calderón tropical.

4.7. Determinación de los niveles de ruido ambiental y análisis espectral del ruido producido por embarcaciones en las cercanías de los grupos de calderones.

Sólo se han podido estudiar los cambios espectrales en los niveles de ruido producidos por barcos de whalewatching con el motor parado y al dar avante. Esto se debe a que los sistemas de hidrófonos utilizados durante la primera campaña,

facilitados por la Universidad de La Laguna para la realización de este estudio, se perdieron durante una de las campañas realizadas por este grupo de investigación, no pudiéndose reemplazar a tiempo de las siguientes campañas de toma de datos que teníamos programas. Además, esa pérdida ocasiono que no se pudieran descargar los datos de calibración de la "Soundtrap" utilizada durante nuestra primera campaña, no pudiéndose calcular los niveles de ruido obtenidos hasta que nos facilitaron los datos de calibración de una "Soundtrap" similar hace una semana.

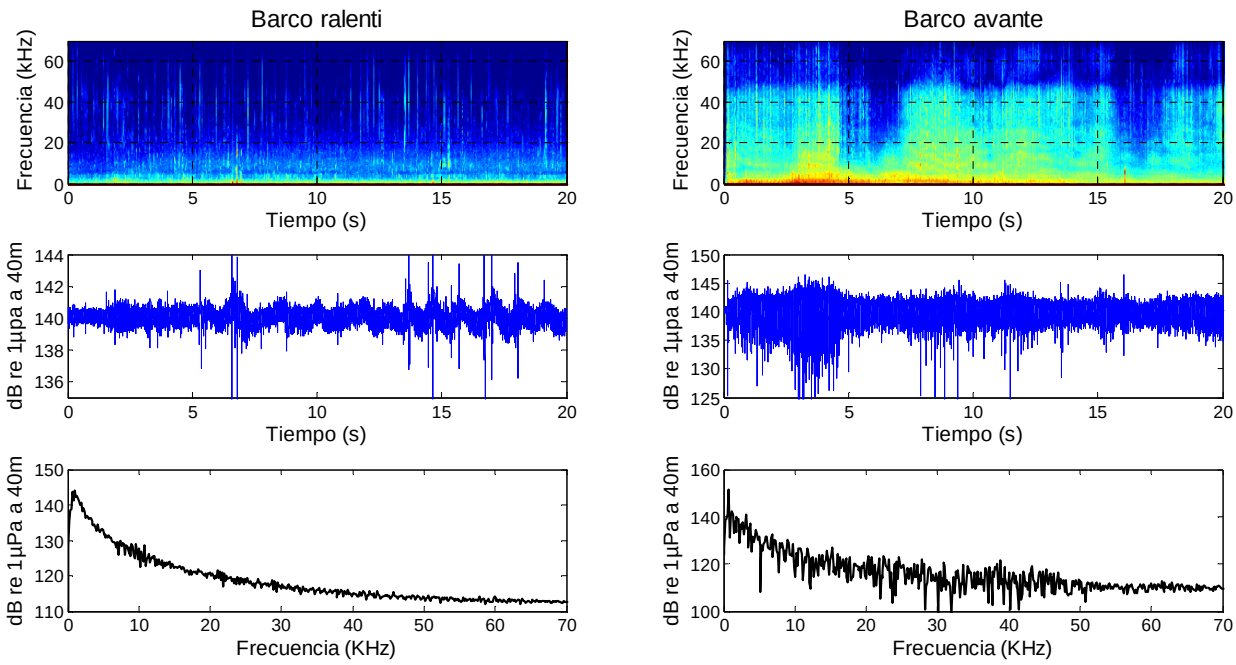


Figura 3.15.Espectrograma, oscilograma y espectro de potencia de un barco de whalewatching a 40m de un grupo de calderones. Nótese el incremento del ruido por encima de los 10 kHz al poner la hélice en marcha al dar avante.

Los datos sobre los cambios espectrales en los niveles de ruido producidos por barcos de whalewatching con el motor parado y al dar avante muestran que, durante un avistamiento normal a un grupo de calderones, donde los barcos maniobran en distintos momentos para mantener el rumbo, se generan dos situaciones de generación de ruido totalmente diferentes. Así, con el motor encendido en punto muerto, los barcos generan ruido por debajo de los 10 kHz, por lo que es poco probable que el enmascaramiento de señales de comunicación o ecolocalización de la especie se vea afectado. Sin embargo, esta situación cambia al poner la hélice en

marcha, de forma que se genera ruido hasta los 40 kHz, pudiendo provocar situaciones de enmascaramiento de las señales acústicas de esta especie (Ver Fig. 3.15).

Este análisis preliminar indica que se deben recoger datos sobre el ruido acústico generado por los barcos tanto parados como en movimiento y a diferentes distancias del mismo con el objeto de poder modelizar el espectro de frecuencias que genera el ruido de los distintos tipos de embarcaciones que operan en el área.

4.8. Determinación de la dieta del calderón utilizando técnicas de análisis de isótopos.

Los resultados de la composición isotópica de los calderones y presas analizados se muestran en la tablas 3.5 y 3.6. Las presas analizadas muestran una variación en contenidos de $\delta^{15}N$ comprendidos entre valores medios de 13,5±0,49 para *T. danae* y 8,07±0,38 para *A. ferox*, mientras que los valores medios de $\delta^{13}C$ estuvieron comprendidos entre los valores de la pota negra -19,64±0,25 y el *B. splendens* de -17,14±0,77. Por otra parte, los calderones analizados presentaron un valor medio de $\delta^{15}N$ de 12,20±0,54, mientras que mostraron valores medios de $\delta^{13}C$ de -15,82±0,28.

Fecha	Localidad	CÓDIGO CAL.	Sexo	%N	$\delta^{15}N$	%C	$\delta^{13}C$
08/11/2015	Los Cristianos, Tenerife	GM_08112015_TS_D_1	Macho	13,67	12,47	44,27	-15,72
04/11/2015	Los Cristianos, Tenerife	GM_04112015_TS_M_1	Macho	13,65	12,23	44,00	-15,46
05/11/2015	Los Cristianos, Tenerife	GM_05112015_TS_D_1	Macho	14,36	12,06	45,99	-15,42
07/11/2015	Los Cristianos, Tenerife	GM_07112015_TS_Q_1	Hembra	13,59	12,32	45,22	-15,98
07/11/2015	Los Cristianos, Tenerife	GM_07112015_TS_F_1	Macho	14,22	12,38	44,75	-15,54
05/11/2015	Los Cristianos, Tenerife	GM_05112015_TS_F_1	Macho	13,62	11,84	44,21	-15,72
07/11/2015	Los Cristianos, Tenerife	GM_07112015_TS_N_1	Hembra	14,23	11,81	45,07	-15,69
03/11/2015	Los Cristianos, Tenerife	GM_03112015_TS_U_1	Macho	14,14	13,73	43,84	-15,62
04/11/2015	Los Cristianos, Tenerife	GM_04112015_TS_H_1	Hembra	17,17	12,80	52,68	-16,09
12/06/2015	Anaga, Tenerife	GM_12062015_AN_A_1	Macho	13,94	11,86	45,06	-15,94
23/09/2015	Anaga, Tenerife	GM_23092015_AN_D_1	Macho	13,99	11,89	44,92	-16,10
23/09/2015	Anaga, Tenerife	GM_25092015_AN_A_1	Macho	14,15	12,21	44,79	-16,25
23/09/2015	Anaga, Tenerife	GM_23092015_AN_A_1	Hembra	14,13	11,92	44,48	-15,77
25/09/2015	Anaga, Tenerife	GM_25092015_AN_B_1	Ind.	14,12	11,39	44,38	-15,72

25/09/2015	Anaga, Tenerife	GM_25092015_AN_B_2	Macho	14,31	12,06	47,45	-16,35

Tabla 3.5: Fecha, localidad, sexo y contenido de isótopos estables de nitrógeno y carbono de los calderones tropicales muestreados en la isla de Tenerife, expresadas como $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ (‰).

Presas	$\delta^{15}N$	$\delta^{13}C$
A. dux	12,89±0,43	-18,16±0,98
S. psteropus	9,55±0,27	-18,02±0,26
L. forbesi	10,16±0,48	-18,56±0,46
O. bartramii	10,99±0,62	-19,04±0,00
T. danae	13,57±0,49	-18,67±0,54
T. sagittatus	8,06±0,25	-19,64±0,25
L. grimaldi	11,15±1,2	-18,05±1,10
B. splendens	10,67±0,18	-17,46±0,77
A. ferox	8,07±0,38	-19,14±0,49

Tabla 3.6: Contenidos de isótopos estables de nitrógeno y carbono de las presas analizadas, expresadas como $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ (‰).

Los modelos de contribución a la dieta de los calderones realizados mediante SIAR mostraron valores semejantes en la contribución en porcentaje de cada una de las especies analizadas (Tabla 3.7). Así el modelo realizado utilizando los factores de enriquecimiento trófico (TEF) propuestos por Caut et al. (2011), dan como principales presas a *S. pteropus* con una contribución media de 29%, seguido de *A. ferox* con 21% y *B. splendens* con un 19%, siendo la contribución del resto de las presas analizadas menor al 10% (Fig. 3.16). El modelo realizado empleando los TEF propuestos por Browning et al. (2014), dan como principales presas a *B. splendens* con un 16%, seguido por *S. pteropus* con un 15% y de *L. Grimaldi* con un 11% (Fig. 3.16). Por último el modelo realizado empleando los TEF propuestos por Hobson et al. (1996) dan como principales presas a *T. sagittatus* y *A. ferox* con un 17% y 17% respectivamente, seguidos de *S. pteropus* con un 13% y *L. forbesi* con un 12% (Fig. 3.16).

Caut et al. 2011				Browning et al. 2014				Hobson et al. 1996			
Presas	**Low 95% hdr**	**High 95% hdr**	**Media**	**Presas**	**Low 95% hdr**	**High 95% hdr**	**Media**	**Presas**	**Low 95% hdr**	**High 95% hdr**	**Media**
S_pteropus	0,04	0,54	0,29	*B_splendens*	0	0,32	0,16	*T_sagittatus*	0,03	0,29	0,17
A_ferox	0,01	0,39	0,21	*S_pteropus*	0	0,29	0,15	*A_ferox*	0,02	0,3	0,17
B_splendens	0,01	0,35	0,19	*L_grimaldi*	0	0,26	0,13	*S_pteropus*	0	0,25	0,13
T_sagittatus	0	0,22	0,09	*A_ferox*	0	0,22	0,12	*L_forbesi*	0	0,25	0,12
L_forbesi	0	0,2	0,07	*L_forbesi*	0	0,23	0,11	*O_bartramii*	0	0,21	0,1
L_grimaldi	0	0,18	0,07	*T_sagittatus*	0	0,2	0,1	*L_grimaldi*	0	0,22	0,1
A_dux	0	0,09	0,03	*A_dux*	0	0,19	0,09	*B_splendens*	0	0,21	0,1
O_bartramii	0	0,1	0,03	*O_bartramii*	0	0,2	0,09	*A_dux*	0	0,16	0,07
T_danae	0	0,06	0,02	*T_danae*	0	0,15	0,06	*T_danae*	0	0,13	0,05

Tabla 3.7. Resultados de los tres modelos SIAR obtenidos para la dieta del calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*) de la isla de Tenerife. Aplicando los TEF de Caut et al. 2011; Browning et al. 2014 y Hobson et al. 1996. Se muestran los resultados de la contribución de cada una de las presas.

A la vista de estos resultados, el calderón tropical de la isla de Tenerife, parece ser un depredador generalista, no concentrando su alimentación sobre ninguna presa en particular.

Pese que algunos autores han hipotetizado que el calderón tropical depreda sobre grandes calamares tales como *A. dux* y *T. danae*, especies que pueden superar los 120 Kg de peso, nuestros resultados apuntan hacia un consumo ocasional y de escasa importancia en cómputos generales en la dieta de la especie, no superando para ninguno de estos calamares el 1% en contribución para ninguno de los modelos realizados (Fig. 3.16). Si bien se ha reportado en varias ocasiones grupos de calderones tropicales próximos a restos frescos de ambas especies de calamar en alta mar, frente a las costas de la isla de Tenerife.

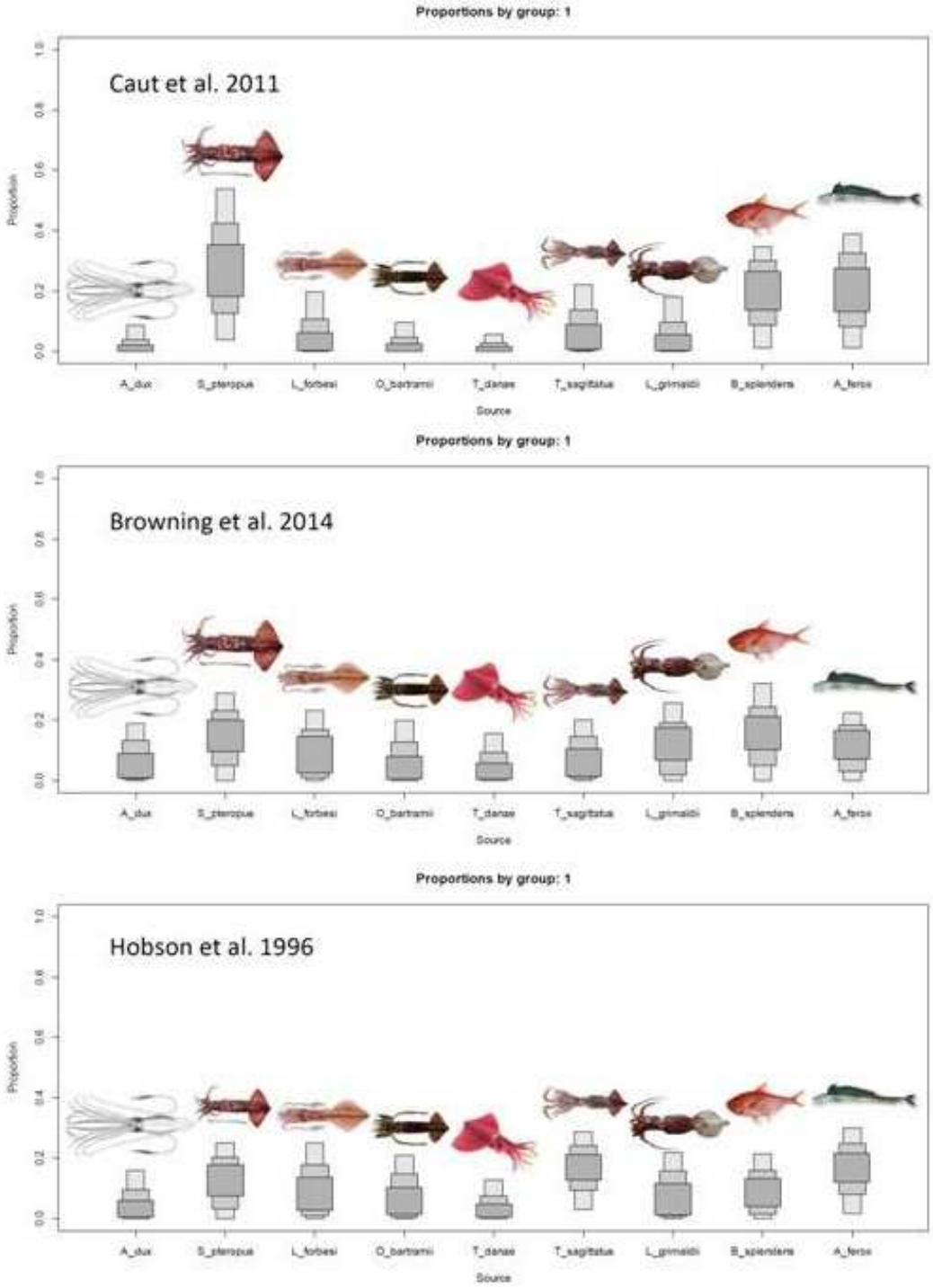


Figura 3.16.Resultados de los modelos SIAR (con intervalos de confianza del 50, 75 y 95%), mostrando la proporción de presas probable (%) en la dieta del calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*), en la isla de Tenerife. Usando los TEF de Caut et al. (2011); Browning et al. (2014) y Hobson et al. (1996).

4.9. Determinación de clases lipídicas y ácidos grasos en el panículo adiposo. Estudio de diferencias en la dieta dependientes del sexo, por zonas e individuos.

4.9.1. Determinación del porcentaje de humedad y contenido lipídico.

El porcentaje de humedad en el tejido de los catorce calderones analizados varía entre un 57 y un 68%, obteniéndose una media de humedad de un 63,66%. Todas las muestras analizadas procedían de la parte más externa de la biopsia, aunque contenían cantidades variables de piel, lo que puede haber afectado los resultados. Sin embargo, no puede descartarse que la variabilidad se deba a las diversas zonas del cuerpo de los animales de donde se obtuvo la biopsia o a diferencias en la forma de penetrar el dardo en el cuerpo durante la toma de muestras. El porcentaje de lípidos encontrados en la grasa subcutánea de los calderones mostró valores de 6,65±4,36% en peso húmedo y 18,13±10,98% en peso seco (Tabla 3.8).

Código de individuo	Humedad (%)	Lípido (% peso húmedo)	Lípido (% peso seco)
GM_20151107_TS_F_1	65,18	2,18	6,27
GM_20151104_TS_H_1	63,31	5,50	14,98
GM_20151107_TS_Q_1	59,90	5,18	12,93
GM_20151107_TS_N_1	65,10	8,19	23,49
GM_20150925_AN_A_1	64,91	10,66	30,39
GM_20151105_TS_D_1	63,73	2,17	5,93
GM_20150923_AN_A_1	63,31	4,15	11,32
GM_20151108_TS_D_1	61,72	5,52	14,43
GM_20151105_TS_F_1	66,73	7,72	23,21
GM_20151206_AN_A_1	59,63	19,51	48,34
GM_20151103_TS_U_1	57,76	6,22	14,73
GM_20150923_AN_A_1	65,36	7,11	20,53
GM_20150925_AN_B_2	66,61	5,14	15,38
GM_20151104_TS_H_1	68,01	3,79	11,85
Media	63,66±2,98	6,65±4,36	18,13±10,98

Tabla 3.8. Porcentajes de humedad, lípido en peso húmedo y lípido en peso seco para cada uno de los calderones analizados.

Para las potenciales presas analizadas, se observó que, en general, todas presentan un porcentaje bastante elevado de humedad, con una media de

80,82±7,43% en los siete calamares, un 97,45% en *Haliphron atlanticus* (la única especie de pulpo analizada) y una media de 78,86±6,60% para las dos especies de peces analizados (Fig. 3.17).

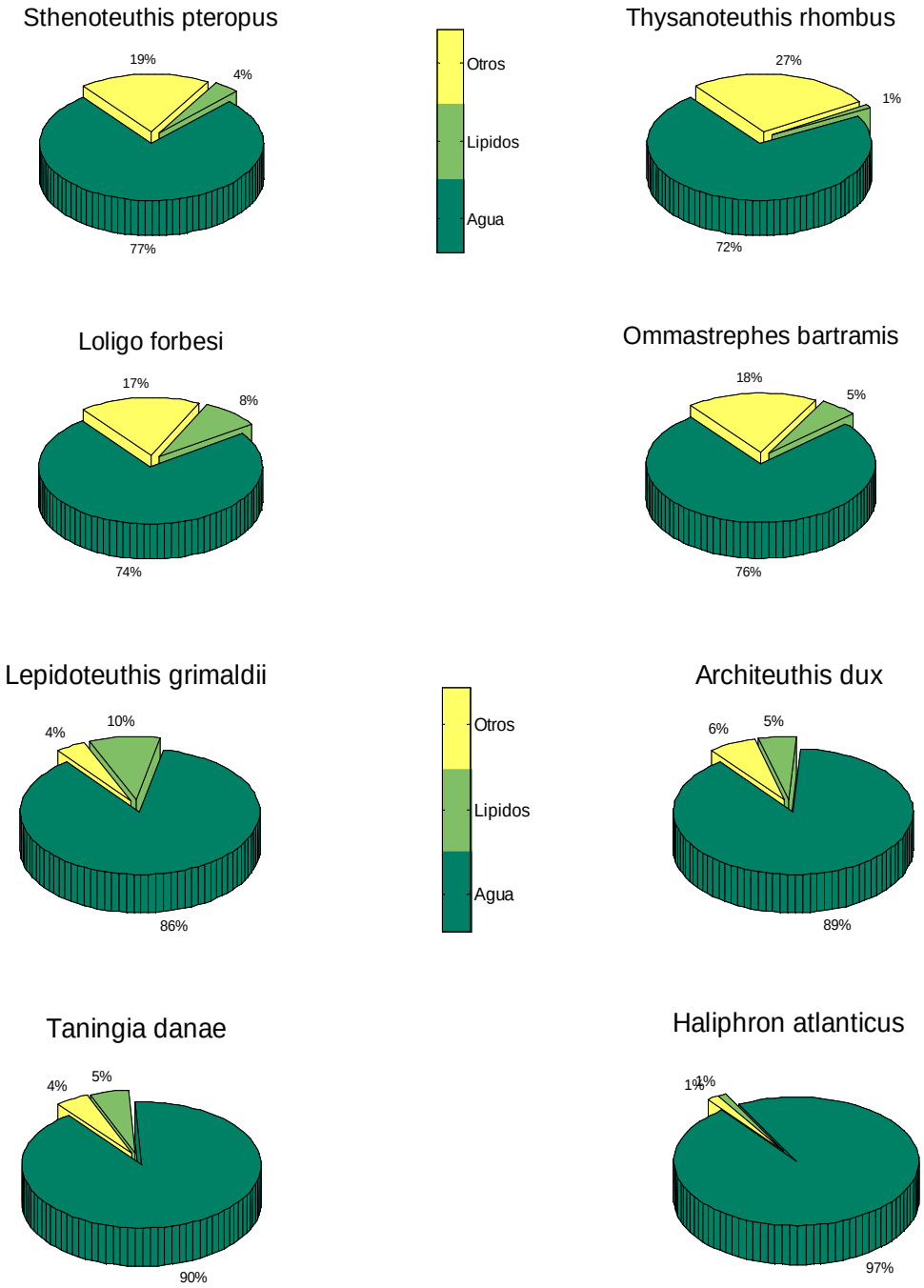


Figura 3.17.Porcentajes de humedad y lípidos en las siete especies de calamares analizados y el pulpo. Nótese como las cuatro especies de calamares mostradas en la parte superior aportan mayores cantidades relativas de nutrientes que las cuatro especies mostradas en la parte inferior.

El porcentaje de lípidos en peso húmedo, fue de: 0,97±0,61% en los calamares, un 0,03% en *H. atlanticus* y un 0,72±0,51% en los peces. En peso seco, se observa que el mínimo porcentaje de lípidos lo presenta *H. atlanticus*, con un 1,05%, seguido de los calamares (5,43±2,81% de lípidos en peso seco) y de los peces (3,08±1,65% de lípido en peso seco) (Fig. 3.17, Tabla 3.9).

Presa	% Humedad	% Lípido peso húmedo	% Lípido peso seco
***Sthenoteuthis pteropus** **	77,35	0,84	3,74
Architeuthis dux*	88,62	0,57	4,99
Lepidoteuthis grimaldii	86,40	1,30	9,55
Ommastrephes bartrami	76,42	1,22	5,19
Loligo forbesi*	74,27	2,08	8,32
Thysanoteuthis rhombus	72,30	0,30	1,09
Taningia danae*	90,41	0,48	5,16
Calamares	80,82±7,43	0,97±0,61	5,43±2,81
***Haliphron atlanticus* (Pulpo)**	97,45	0,03	1,05
Alepisaurus ferox*	83,53	0,36	1,91
Beryx*	74,19	1,08	4,25
Peces	78,86±6,60	0,72±0,51	3,08±1,65

Tabla 3.9. Porcentajes de humedad, lípido en peso seco y lípido en peso húmedo para cada una de las especies de presas analizadas. *Media de las diversas muestras analizadas para una misma especie. Se muestran también las medias y desviaciones para cada uno de los grupos de presas (calamares y peces).

Los porcentajes de humedad determinados para el "blubber" del calderón tropical en este estudio (63,66±2,98% humedad), son mayores que los porcentajes observados en otra especie de buceo profundo: el cachalote. Marrero et al. (2010) encontraron unas proporciones de humedad del 78,06 % para el tejido muscular y del 29,20 % para la grasa subcutánea de una cría de cachalote que apareció varada en 2006 como consecuencia de una colisión en Tenerife. El contenido lipídico en el "blubber" del calderón presentó un porcentaje medio de 18,13% en peso seco, lo que supone valores mucho menores que los obtenidos por Marrero et al. (2010) para el cachalote (67,3% de lípido en peso seco). Estas diferencias parecen deberse a la diferencia de metodologías empleadas para la toma de muestras, ya que las muestras de calderón estudiadas aquí proceden de biopsias realizadas a animales vivos mediante dardos, mientras que las de Marrero y colaboradores (2010) proceden de muestras obtenidas de un animal varado. En 2004, Krahn et al., descubrieron que los contenidos en lípidos del "blubber" de orcas y belugas obtenidos mediante biopsias eran más bajos que los obtenidos de animales varados. Los contenidos en lípidos del "blubber" de orcas (9% de lípido en peso seco) y belugas (9.4%) utilizando biopsias (Krahn et al., 2004), muestran resultados similares, aunque ligeramente más bajos a los obtenidos en este estudio para el calderón tropical (18,13% lípido en peso seco).

La función como aislante térmico que juega el "blubber" conlleva que este tejido debe poseer bajos contenidos en agua para evitar así la transmisión térmica (Parry, 1949). La conductividad térmica (Wm^{-1} $°C^{-1}$) es una medida que indica lo bien que fluye el calor a través de un material y que ha sido utilizada para determinar la transmisión de calor a través del "blubber". La cantidad o grosor del panículo adiposo, así como sus constituyentes (calidad del tejido), determinan la conductividad térmica (Wm^{-2} $°C^{-1}$), lo que permite obtener un valor numérico absoluto sobre la transferencia de calor a lo largo del tejido (Revisado en Dunkin et al., 2005). Así, el porcentaje de lípido en peso húmedo del "blubber" ha sido usado en varios estudios como indicador de la calidad composicional del tejido, descubriéndose que está inversamente relacionado con la conductividad térmica (P. ej. Worthy & Edwards, 1990; Dunkin et al., 2005). Por ejemplo, el panículo adiposo de la marsopa (*Phocoena phocoena*), una especie típica de aguas templado-frías, posee un alto contenido en lípidos (81,6% de lípido en peso húmedo) y una muy baja conductividad térmica (0,1 Wm^{-1} $°C^{-1}$). En una especie típica de aguas tropicales, como el delfín moteado (*Stenella attenuata*), el contenido en lípidos del "blubber" es menor (54,9% de lípido en peso húmedo),

aumentando por tanto su conductividad térmica (0,2 Wm^{-1} $°C^{-1}$) (Worthy & Edwards, 1990). En el estudio de Worthy & Edwards se obtuvieron las muestras de animales varados, por lo que los resultados del contenido en lípidos en peso húmedo de los calderones estudiados aquí (6,65%) no pueden ser comparados. Bagge y colaboradores (2012) analizaron el contenido lipídico del "blubber" de calderones varados, encontrando un porcentaje de lípido en peso húmedo de 43,26%, lo que concuerda con especies tropicales que tienen una alta conductividad térmica.

4.9.2. Clases lipídicas.

Un resumen de los resultados obtenidos para las distintas clases lipídicas del "blubber" del calderón puede observarse en la Tabla 3.10. Se observa que la grasa subcutánea está constituida en su mayoría por lípidos neutros (92,33±3,40%), existiendo muy bajas proporciones de lípidos polares (7,18±3,40%). Las clases lipídicas más abundantes fueron: triacilglicéridos (69,19±8,71%), ésteres de colesterol (10,24±2,71%), colesterol (6,72±3,54%), ácidos grasos libres (4,01±1,44%), fosfatidilcolina (3,74±1,38%) y fosfatidiletanolamina (1,52±0,89%); representando las demás clases lipídicas menos del 1% del total (Tabla 4.10, Fig. 3.18).

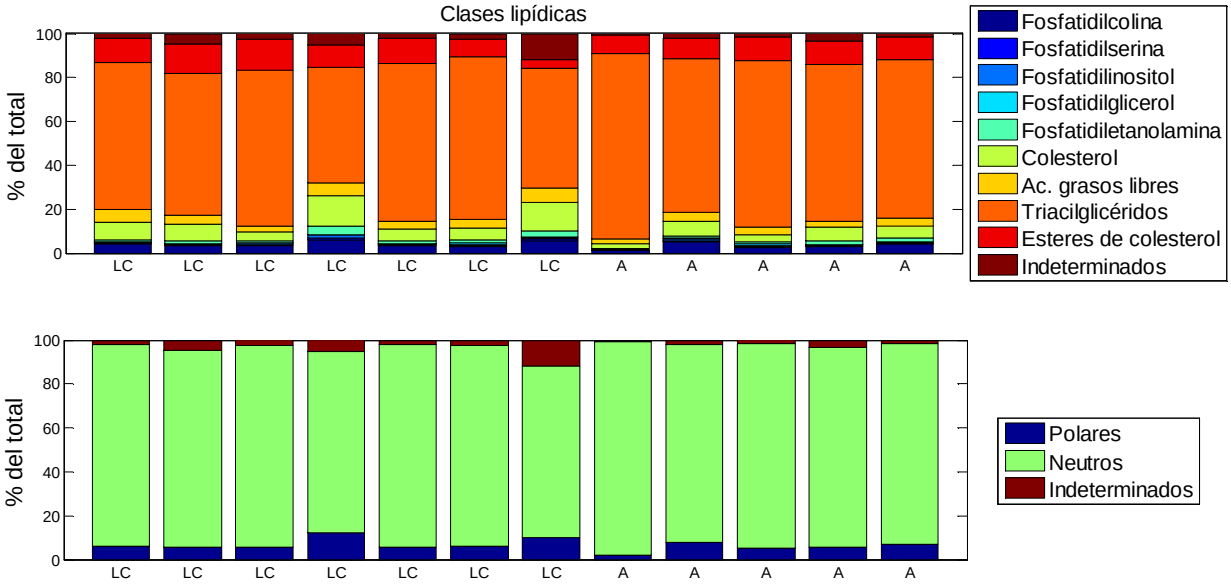


Figura 3.18.Diferentes clases lipídicas presentes en el panículo adiposo del calderón tropical.Arriba: diferentes clases lipídicas encontradas. **Abajo:** Clases lipídicas ordenadas según se trate de lípidos polares, neutros o indeterminados.

Aunque se observaron ligeras diferencias en los porcentajes de clases lipídicas de los diversos calderones biopsiados, los análisis realizados permitieron corroborar que no existen diferencias significativas dependientes de la zona de estudio (Los Cristianos y Anaga), ni del sexo (Indet., machos y hembras), ni del individuo (Non parametric -permutation-based- MANOVA, p=0,64, p=0,13 y p=0,53 respectivamente) (Fig. 3.18).

Clase lipídicas	Calderones
PC (Fosfatidilcolina)	3,74±1,38
PS (Fosfatidilserina)	0,39±0,21
PI (Fosfatidilinositol)	0,55±0,25
PG (Fosfatidilglicerol)	0,38±0,32
PE (Fosfatidiletanolamina)	1,52±0,89
UNKPL (Lípido polar desconocido)	1,10±0,98
TotPL (Total lípidos polares)	7,18±3,40
CHOL (Colesterol)	6,72±3,54
FFA (Ácidos grasos libres)	4,01±1,44
UNKNL (Lípido neutro desconocido)	2,17±2,18
TAG (Triacilglicéridos)	69,19±8,71
CHOE (Ésteres de colesterol)	10,24±2,71
TotNL (Total lípidos neutros)	92,33±3,40

Tabla 3.10. Clases lipídicas encontradas en las muestras de calderones analizadas. Se muestran las medias, con sus respectivas desviaciones.

La abundancia relativa de triglicéridos en el “blubber” del calderón no es exclusiva de esta especie, sino que también se muestra en otras especies de odontocetos como: belugas, delfines comunes, orcas y calderones comunes (Koopman, 2007); y de misticetos como: ballenas azules y rorcual norteño (Ruchonnet

et al., 2006; Rueda-Flores, 2007).La función principal de los lípidos neutros en la grasa de organismos marinos es la de constituir reservorios energéticos, conformados en su mayoría por triglicéridos (Bergé & Barnathan, 2005), sirviendo también como aislante térmico en los cetáceos (Ackman, 1989). La abundancia de lípidos neutros en la grasa subcutánea de los cetáceos es un indicativo de que el "blubber" representa un buen tejido para estudiar cambios en la alimentación (P. ej. Traconis, 2010).

4.9.3. Análisis de ácidos grasos de calderones.

En los perfiles de los ácidos grasos del "blubber" de los calderones, podemos observar picos que indican altas proporciones de: C 16:0, C 16:1, C 18:1, C 20:1, C 20:4n6, C 22:1n11 y 1n9 y C 22:6n3 (Fig.3.19). En el medio marino, los ácidos grasos esenciales más importantes son el 20:5n-3 (EPA, del inglés "eicosapentaenoicacid"), el 22:6n-3 (DHA, del inglés "docosahexanoicacid") y el 20:4n-6 (ARA, del inglés "arachidonicacid") todos presentes en las muestras analizadas (1,02±0,27%, 1,86±0,6% y 1,13±0,37%, respectivamente) aunque en menor cantidad (Fig.3.19).

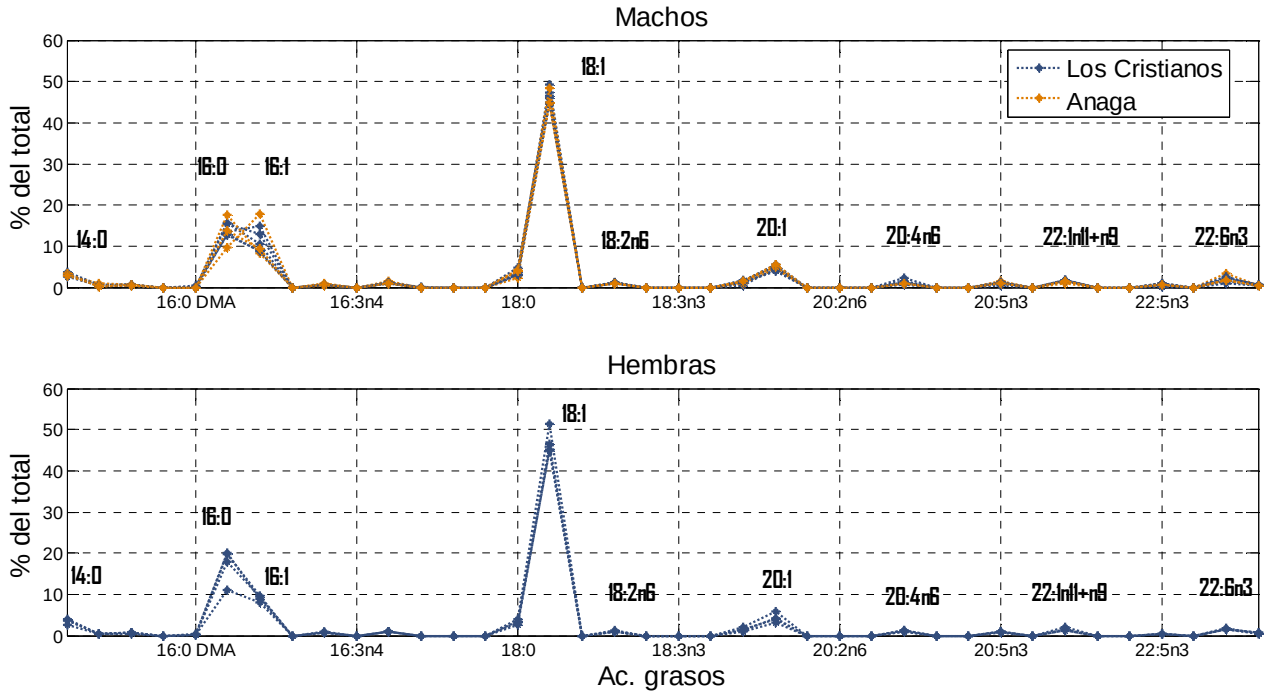


Figura 3.19: Perfiles de ácidos grasos de calderón tropical diferenciados por sexo y dependiendo de la zona de estudio. Obsérvese que apenas existen diferencias entre los diversos individuos para los distintos picos, exceptuando los picos 16:0 y 16:1.

Agrupando por familias de ácidos grasos, vemos que en el "blubber" de los calderones dominan los ácidos grasos monoinsaturados, representando un 64,75±3,51% del total, seguidos de los saturados (25,02±3,95%) y, por último, de los poliinsaturados (5,66±1,28).

Los análisis de componentes principales (PCA, del inglés "Principal Component Analysis") muestran que no existen grandes variaciones en cuanto a composición de ácidos grasos entre los diferentes sexos o en función de las distintas zonas de estudio (Fig. 3.20). Los análisis de la varianza realizados para obtener estadísticos asociados, permitieron comprobar que no existen diferencias significativas dependientes de la zona de estudio (Los Cristianos y Anaga), relacionadas con el sexo (Indet., machos y hembras) o con los diferentes individuos analizados (Non parametric-permutation-based-MANOVA, p=0,55, p=0,152 y p=0,57 respectivamente) en cuanto a la proporción de ácidos grasos presentes en el blubber (Tabla 3.11).

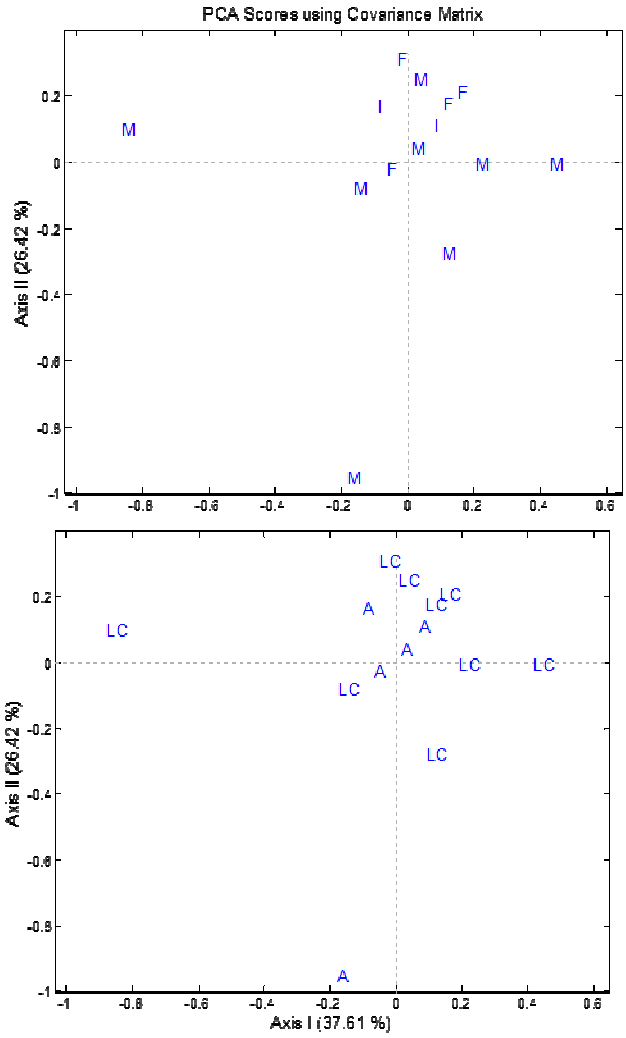


Figura 3.20. Análisis de Componentes Principales de los perfiles de ácidos grasos de las muestras de grasa subcutánea obtenidas en los 14 calderones biopsiados. **Arriba**: Ordenados según los resultados de la determinación genética del sexo (M=macho, F=hembra, I=indeterminado). **Abajo**: Ordenados según la localidad donde se obtuvo la muestra (LC= Los Cristianos, A= Anaga).

Estos resultados permiten confirmar que no existen diferencias entre las comunidades que frecuentan las aguas del sw de Tenerife y las que suelen avistarse en la zona de Anaga, lo que también confirman los datos obtenidos por Fotoid, donde se pudieron observar individuos de la comunidad de Anaga en la zona de Los Cristianos.

Nonparametric (Permutation-based) MANOVA

Source	df	SS	MS	F	p
Sex	2	0,0054	0,0027	-13	0,559
Location	1	0,0025	0,0025	-13	0,152
Individuals	13	0,0266	0,0020	-10,506	0,570
Sex x Location	2	0,0054	0,0027	-13	0,745
Sex x Individuals	26	-0,0054	$-2{,}086 \times 10^{+4}$	1,0098	0,469
Location x Individuals	13	-0,0025	$-1{,}925 \times 10^{+4}$	0,9315	0,503
Residual	26	-0,0054	$-2{,}066 \times 10^{+4}$	-	-
Total	13	0,0266	-	-	-

Tabla 3.11. Resultados de las MANOVAs no paramétricas basadas en permutaciones para los factores aleatorios: sexo ("Sex") y localidad ("Location") en diseño ortogonal, incluyendo como covariable el factor: individuo ("Individuals").

Las diferencias en la dieta pueden traducirse en diferencias en los perfiles de ácidos grasos. Sin embargo, existen muy pocos estudios donde se hayan analizado los perfiles de ácidos grasos procedentes de biopsias en relación a posibles diferencias ecológicas en las especies. Herman y colaboradores (2005) realizaron un estudio en orcas (*Orcinus orca*), donde descubrieron que las diferencias en los perfiles de ácidos grasos se relacionaban con los diferentes ecotipos presentes en esta especie: i-) nómadas, que se alimentan de mamíferos marinos; ii-) residentes, que se alimentan fundamentalmente de peces; iii-) de aguas abiertas, que se alimentan de tiburones. Analizando los perfiles de ácidos grasos, se han encontrado diferencias dietéticas entre machos y hembras de delfines comunes (*Delphinus delphis*) en libertad (P. ej. Young & Cockcroft, 1994), siendo la capa exterior de la grasa la que menos clasificaciones erróneas daba. Estos resultados contrastan con los encontrados por Samuel & Worthy (2004) en delfines mulares del Atlántico norte, donde no se observaron diferencias significativas entre los sexos. En los calderones tropicales analizados en este estudio, no se observaron diferencias relacionadas con el sexo, ni en el análisis de componentes principales (Fig. 3.20), ni en el análisis estadístico (Non parametric-permutation-based-MANOVA, p=0,152). Estos resultados sugieren que los machos y hembras de calderón tropical se alimentan de forma

general de las mismas presas, con quizás pequeñas variaciones entre los diferentes individuos (Fig. 3.20). Una explicación alternativa es que, aún alimentándose de diferentes tipos de presas, existan variaciones metabólicas específicas que provoquen que la acumulación de ácidos grasos en el "blubber" entre los sexos sea similar.

Aunque parece existir cierta afinidad por parte de los calderones tropicales por ciertas áreas de las islas, no se encontraron diferencias relacionadas con las dos zonas de estudio (Los Cristianos y Anaga) (Fig. 3.20, Non parametric-permutation-based-MANOVA, p=0,55). Esto puede deberse a que la población de calderones de Tenerife forme una única unidad poblacional, donde los animales se mueven entre las diferentes zonas de la isla con cierta asiduidad. Otra posibilidad es que existan los mismos tipos de presas tanto en la zona de Anaga como en Los Cristianos, al menos en lo que se refiere a las especies más abundantes, de forma que las dos comunidades de calderones se alimenten básicamente de lo mismo.

4.9.4. Análisis de ácidos grasos de las posibles presas.

Los calamares (orden *Teuthida*) presentan porcentajes de ácidos grasos esenciales de: 2,48±1,44% (ARA), 13,87±1,84% (EPA) y 33,97±4,44% (DHA); en los peces (clase *Actinopterygii*), las medias de los mismos son de: 3,07±1,54%, 5,58±2,02% y 27,37±4,11% respectivamente, y en la única especie de pulpo (orden *Octopoda*) analizada, vemos que el ARA se encuentra en una proporción de 4,46%, el EPA representa un 4,48% y el DHA un 6,22% (Tabla 3.12). Se observa que tanto en las especies de calamares como en las de peces, dominan los ácidos grasos poliinsaturados, con unas proporciones de 52,62±2,94% y 39.98±7,88%, respectivamente; en ambos grupos les sigue en dominancia los ácidos grasos saturados (28,37±3,85% y 32,57±0,17%, respectivamente) y, por último se encuentran los ácidos grasos monoinsaturados (14,11±4,16% en calamares y 22,01±9,50% en peces). En cuanto a la especie de pulpo, dominan en ella los ácidos grasos monoinsaturados (44,15%), seguidos de los saturados (26,57%) y los poliinsaturados (19,30%).

	Calderones	Calamares	Pulpo	Peces
14:0	3,29±0,50	1,03±0,54	2,02	1,25±0,68
16:0	15,58±3,39	18,72±5,18	15,13	23,42±1,42
16:1	10,57±2,79	1,03±0,35	3,95	2,94±0,12
18:0	3,49±0,65	7,09±1,82	7,79	6,36±0,61
18:1	46,25±2,21	4,57±1,21	29,58	16,94±7,99
18:2n6	1,03±0,08	0,22±0,11	1,44	0,96±0,22
20:1	4,48±0,84	7,21±2,90	7,46	1,36±1,08
20:4n6 (ARA)	1,13±0,37	2,48±1,44	4,46	3,07±1,54
20:5n3 (EPA)	1,02±0,27	13,87±1,84	4,48	5,58±2,02
22:5n3	0,63±0,21	0,85±0,30	0,83	1,57±0,08
22:6n3 (DHA)	1,86±0,60	33,97±4,44	6,22	27,37±4,11
SFA	25,02±3,95	28,37±3,85	26,57	32,57±0,17
MUFA	64,75±3,51	14,11±4,16	44,15	22,01±9,50
PUFA	5,66±1,28	52,62±2,94	19,30	39,98±7,88
DMA	0,17±0,22	0,84±0,50	1,57	0,50±0,25

Tabla 3.12. Principales ácidos grasos en las diferentes muestras. Se han representado las medias con sus respectivas desviaciones para cada uno de los grupos analizados: calderones y los 3 grupos de posibles presas. Se presentan también las medias y desviaciones de las principales familias de ácidos grasos.

4.9.5. Determinación de la dieta del calderón utilizando ácidos grasos.

El análisis de componentes principales realizado para los diferentes grupos estudiados, confirma que no existen grandes variaciones en cuanto a composición de ácidos grasos entre los diferentes calderones analizados (Fig. 3.21); siendo el único octópodo (*H. atlanticus*) incluido en la analítica, el que posee un perfil de ácidos grasos

más similar al presente en el "blubber" de los calderones. Entre las diferentes especies de cefalópodos analizadas, se observa que las especies que muestran mayor similitud en el perfil de ácidos grasos con los calderones son: *A. dux*, *S. pteropus*, *T. danae* y *L. grimaldii* (Fig. 3.21). Los peces parecen ser el grupo que más difiere de los calderones en cuanto a su perfil de ácidos grasos (Fig. 3.21).

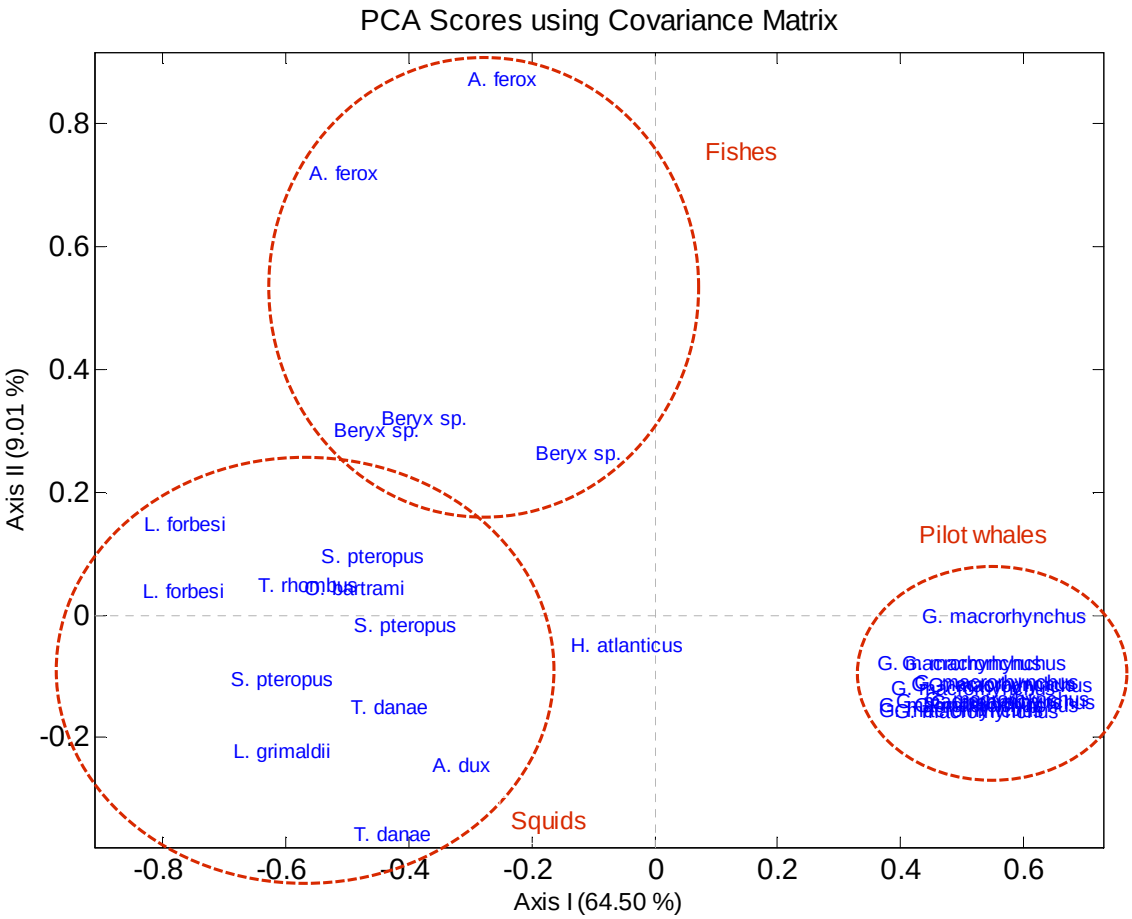


Figura 3.21:Análisis de Componentes Principales de los perfiles de ácidos grasos de calderones ("Pilot whales"), calamares ("Squids"), peces ("Fishes") y la especie de pulpo analizados. Los diferentes ejemplares analizados se agrupan en: calderones (agrupación muy compacta a la derecha), calamares (agrupación más laxa a la izquierda) y peces (agrupación laxa en la parte superior). La única especie de pulpo (*H. atlanticus*) se sitúa en medio del grupo de los calderones y los calamares, más cerca de estos últimos.

El contenido lipídico de las posibles presas muestra contenidos muy bajos, siempre menores al 1% en peso húmedo y por debajo del 6% en peso seco. Estos resultados son similares a los encontrados en muchos otros estudios de cefalópodos y peces (Phillips *et al*., 2002; Takama *et al*., 1994). A la vista de los resultados de la PCA

(Fig. 3.21), el calderón tropical de la isla de Tenerife parece ser un depredador generalista, mostrando mayor afinidad por las especies: *H. atlanticus, A. dux, S. pteropus, T. danae y L. grimaldii* (Fig. 3.21); aunque no parece que concentre su alimentación sobre ninguna presa en particular. Estos resultados contrastan con los obtenidos utilizando modelos de contribución a la dieta mediante SIAR ("Stable Isotope Analysis"). Hay que considerar que este modelo utiliza como parámetros de entrada, el contenido medio y variación isotópica de las presas y los TEF (del inglés "Trophic Enrichment Factors", Factores de enriquecimiento tróficos), para estimar la probabilidad de la contribución de cada una de las presas al perfil isotópico del calderón. Hasta la fecha los TEF para *G. macrorhynchus* son desconocidos, de forma que los TEF utilizados pertenecen a otras especies de cetáceos. De igual forma, los análisis realizados para estudiar la similitud de los perfiles de ácidos grasos de presas y calderones en el presente estudio, han utilizado como coeficientes de deposición los obtenidos del cachalote, por lo que los resultados han de interpretarse con precaución.

4.10. Análisis de los niveles de cortisol en el panículo adiposo como factor indicativo de estrés.

Los niveles de cortisol de las 14 muestras de calderón analizadas, tras su incubación en el KIT ELISA KH031, se leyeron en un espectrograma, con una longitud de onda de 450 nm. Los resultados obtenidos figuran en la tabla 3.13:

Nº muestra	Sexo	Zona	Código de la muestra	Peso (mg)	Abs (540nm) corregida		[Pg/g] cortisol
M2	M	TS	GM_05112015_TS_D_1	112,6	0,1636363	0,1712727	59,355376
M3	M	TS	GM_05112015_TS_F_1	120,0	0,2403636	0,1993636	26,02834
M4	H	TS	GM_07112015_TS_N_1	138,0	0,2811818	0,261	11,18108
M5	M	TS	GM_07112015_TS_F_1	129,5	0,2174545	0,2174545	24,917853
M6	M	TS	GM_08112015_TS_D_1	96,2	0,2075454	0,2681818	25,476999
M7	H	TS	GM_04112015_TS_H_1	74,4	0,2542727	-	26,3342
M8	M	TS	GM_03112015_TS_U_1	127,4	0,2559090	0,2053636	26,506065
M9	H	TS	GM_07112015_TS_Q_1	107,8	0,2231818	0,2170909	28,86747
M10	H	AN	GM_23092015_AN_A_1	131,8	0,2198182	0,2376367	21,030223
M11	M	AN	GM_06122015_AN_A_1	88,7	0,2693636	0,2442727	21,321125
M12	M	AN	GM_23092015_AN_D_1	75,4	0,2658182	0,3223636	14,312103
M13	M	AN	GM_25092015_AN_A_1	128,7	0,2350909	0,259	16,813331
M14	M	AN	GM_25092015_AN_B_2	123,6	0,4635454	0,1925454	5,5607341
M15	M	TS	GM_04112015_TS_M_1	112,8	0,1929091	0,2472727	31,326203

Tabla 3.13. "Resultados de absorbancia y [pg/g] de cortisol". Tabla que muestra los resultados obtenidos para la cantidad de cortisol encontrado en los individuos biopsiados. Cada muestra tiene un número de muestra asignado. El sexo se ha confirmado genéticamente; M: Macho; H: Hembra; Las zonas se indicaron mediante las abreviaturas TS (Tenerife Sur) y AN (Anaga). La muestra correspondiente a la M1 no figura en la tabla al tratarse del mismo animal que la M15. En la M1 se probó otra metodología de extracción, se descartó porque se observó que esa técnica daba peor resultado (no extrajo tanto cortisol del tejido como la técnica usada en el resto de las muestras).

Los Coeficientes de Regresión e Intersección para la recta patrón, tomaron unos valores de -1.0137 y 6.21, respectivamente. El R^2 mostró un valor de 0.994, revelando un ajuste óptimo de los datos.

El análisis de U de Mann-Whitney, donde se plantea como hipótesis nula que la distribución de los grupos (Los Cristianos y Anaga) es la misma, presentó un p-valor de 0.012, confirmando una diferencia significativa entre ambas muestras. Los valores obtenidos para Los Cristianos exceden significativamente los obtenidos para la zona de Anaga (Fig. 3.22). La comparativa entre los niveles de cortisol obtenidos dependientes del sexo de los animales mostró que no existían diferencias significativas (Kruskal-Wallis test, p=0.34).

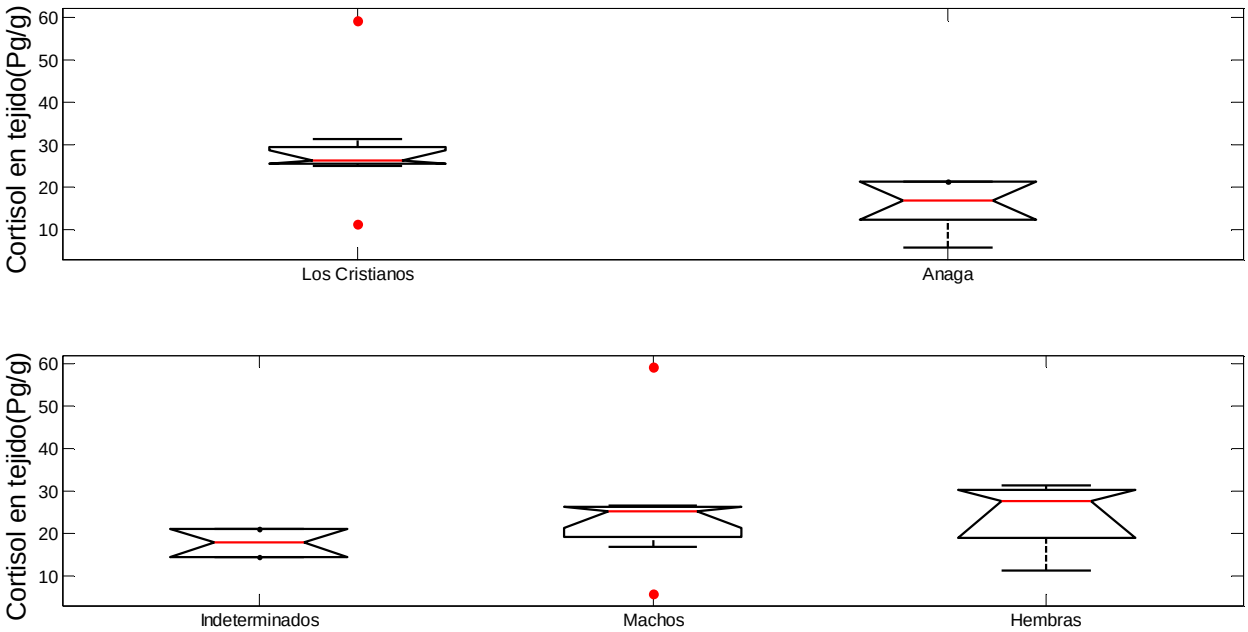


Figura 3.22: Niveles de cortisol por zonas y dependiendo del sexo. Arriba: Diagrama de cajas que recoge la distribución en los niveles de cortisol de los individuos dependiendo de la zona. **Abajo:** Diferencias entre los distintos sexos de los calderones analizados.

Las concentraciones de cortisol presentaron una diferencia de aproximadamente el doble entre los calderones biopsiados en Los Cristianos (28,89 pg/g, SD=4,24 pg/g) y los biopsiados en Anaga (15,81 pg/g, SD=2,88 pg/g). Se evidencia así, que los calderones residentes en el sur de la isla de Tenerife (ZEC-ES-

7020017), están sometidos a situaciones constantes de estrés. Dado que el cortisol plasmático acaba acumulándose en el "blubber" y se estima que los niveles de esta hormona en el tejido informan sobre los estresores que han afectado a los animales durante varios días o semanas (Kellar *et al.,* 2015), se puede afirmar que las aproximaciones con la embarcación para la toma de biopsias no han afectado los resultados. Además, al haberse comparado dos poblaciones de calderones sometidas a diferente presión antropogénica, se puede considerar que, de haber influido la toma de biopsias en los resultados, este efecto habría sido similar para las dos áreas de estudio. Es por ello que el estudio de los niveles de cortisol en el "blubber" de comunidades diferentes de cetáceos es un indicador fiable del estado de salud de un individuo o de una población, frente a situaciones de estrés crónico o prolongadas (Sapolsky *et al.,* 2000; Romero & Butler, 2007; Sheriff *et al*., 2011; Kellar *et al*., 2015).

Se observó que la comunidad de calderones de Anaga está sometida a diferentes tipos de impacto antropico, pero en el área se observó una presión muchísimo menor por parte de motos de agua, embarcaciones de recreo y whalewatching que la observada en la zona de Los Cristianos (Ver Act. 4.5 y Act 4.6, Fig. 3.23). Es por ello que, la causa más probable para los altos niveles de cortisol encontrados en la zona de Los Cristianos, sea consecuencia de la cantidad constante de embarcaciones que visitan los grupos de forma regular (Ver Act. 4.5 y Act 4.6, Fig. 3.23).

Otros posibles factores que pudieran estar afectando los niveles de estrés de los animales, como pueden ser el sexo, la época del año o diferencias en la ecología trófica, parecen poderse descartar a la luz de los resultados obtenidos en este estudio (Ver Act. 3.2.3, Act. 4.2 y Act. 4.9).

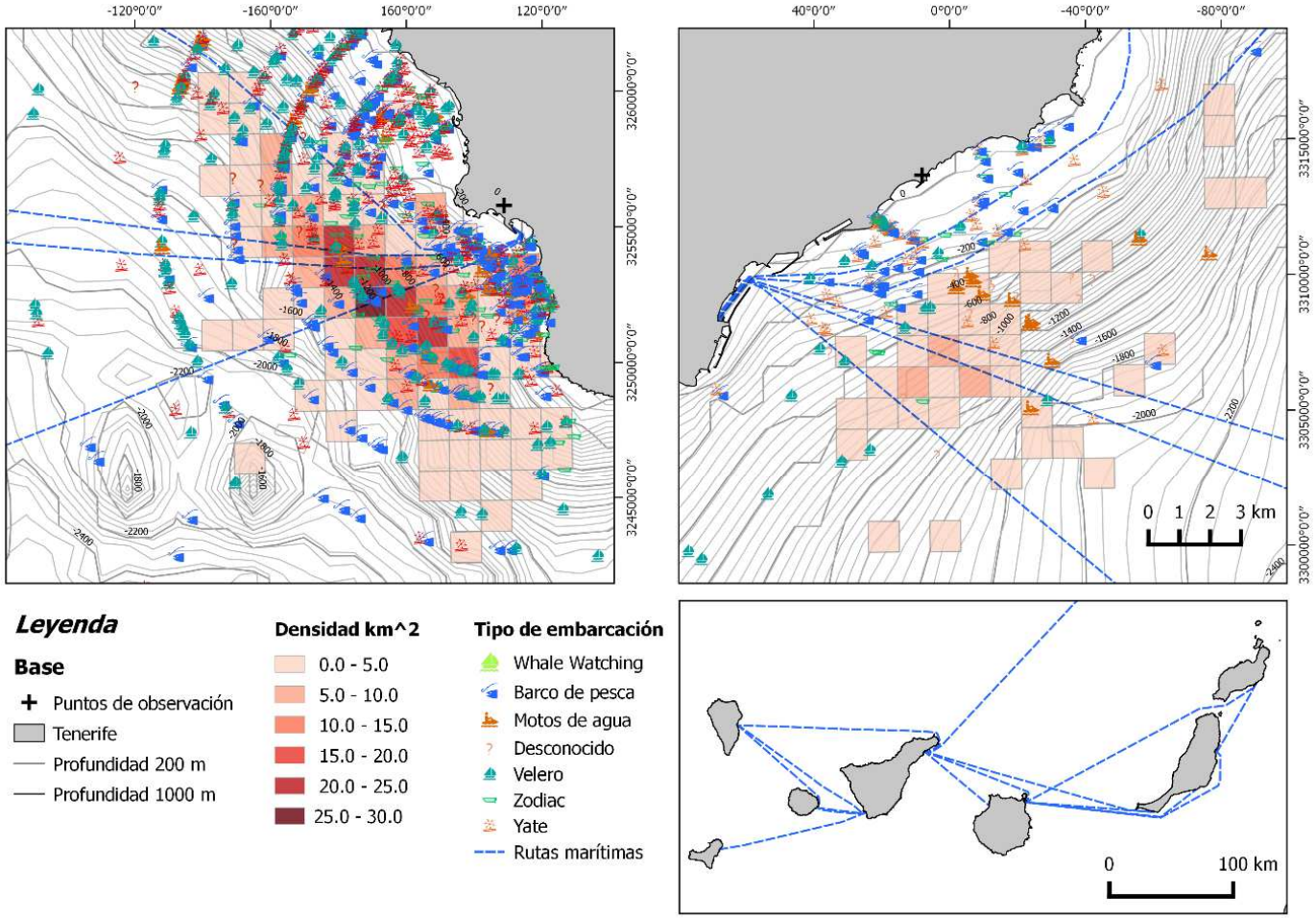


Figura 3.23: Representación gráfica de las posiciones de las embarcaciones según su tipología registradas en las diferentes áreas de estudio (Izq.: Los Cristianos; Dcha.: Anaga). Se establecen los puntos de observación de la estación de tierra y las rutas de transporte interinsular, así como las capas batimétricas de la zona. Se diferenciaron los siguientes tipos de embarcación, representados con una simbología para cada uno de ellas: whalewatching, barcos de pesca, motos de agua, veleros, zodiac, yates y otros. Se representa la densidad de individuos de calderón tropical por km^2, presentando el área coloreada de rojo de mayor a menor intensidad (más intensidad = mayor densidad; menos intensidad = menor densidad).

5. BIBLIOGRAFÍA.

ACKMAN, R.G. (1989). Nutritional composition of fats in seafoods. Progress in Food and Nutrition Science 13, 161-289.

AGUILAR DE SOTO, N. (2006). Acoustic and foraging behaviour of short-finned pilot whales (Globicephala macrorhynchus) and Blainville's beaked whales (Mesoplodon densirostris) in the Canary islands. Implications for impacts of man-made noise and ship collisions. *Phd Thesis, La Laguna University*.

AGUILAR SOTO, N., JOHNSON, M. P., MADSEN, P. T., DÍAZ, F., DOMÍNGUEZ, I., BRITO, A. and TYACK, P. (2008). Cheetahs of the deep sea: deep foraging sprints in short-finned pilot whales off Tenerife (Canary Islands). *Journal of animal ecology,***77,** 936-947.

BAGGE, L. E., KOOPMAN, H. N., ROMMEL, S. A., MCLELLAN, W. A., & PABST, D. A. (2012). Lipid class and depth-specific thermal properties in the blubber of the short-finned pilot whale and the pygmy sperm whale. The Journal of experimental biology, 215(24), 4330-4339.

BROWNING, N. E., DOLD, C., JACK, I. F. and WORTHY, G. A. J. (214). Isotope turnover rates and diet-tissue discrimination in skin of ex situ bottlenose dolphins (Tursiops truncatus). *Journal of Experimental Biology,***217,** 214-221.

CARRILLO, M. and TEJEDOR, M. (2002). Estudios aplicados a la conservación de cetáceos en la provincia de Santa Cruz de Tenerife. *Gobierno de Canarias. Consejería de política territorial y Medio Ambiente. Viceconsejería de Medio Ambiente.*

CAUT, S., LARAN, S., GARCIA-HARTMANN, E. and DAS, K. (2011). Stable isotopes of captive cetaceans (killer whales and bottlenose dolphins). *Journal of Experimental Biology,***214,** 538-545.

CONSTANTINE, R., BRUNTON, D. H. and DENNIS, T. (2004). Dolphin-watching tour boats change bottlenose dolphin (Tursiops truncatus) behaviour. *Biological Conservation,***117,** 299-307.

DUNKIN, R. C., MCLELLAN, W. A, BLUM, J. E., & PABST, D. A. (2005). The ontogenetic changes in the thermal properties of blubber from Atlantic bottlenose dolphin *Tursiops truncatus*. The Journal of experimental biology, 208, 1469-1480.

HEIMLICH-BORAN, J. R. (1993). Social organisation of the short-finned pilot whale, Globicephala macrorhynchus, with special reference to the comparative social ecology of delphinids. University of Cambridge.

HERMAN, D. P., BURROWS, D. G., WADE, P. R., DURBAN, J. W., MATKIN, C. O., LEDUC, R. G., ... & KRAHN, M. M. (2005). Feeding ecology of eastern North

Pacific killer whales *Orcinus orca* from fatty acid, stable isotope, and organochlorine analyses of blubber biopsies. Marine Ecology Progress Series, 302, 275-291.

HOBSON, K. A., SCHELL, D. M., RENOUF, D. and NOSEWORTHY, E. (1996). Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissues of captive seals: implications for dietary reconstructions involving marine mammals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* **53,** 528-533.

KELLAR, N. M., CATELANI, K. N., ROBBINS, M. N., TREGO, M. L., ALLEN, C. D., DANIL, K. and CHIVERS, S. J. (2015). Blubber cortisol: a potential tool for assessing stress response in free-ranging dolphins without effects due to sampling. *PloS one,* **10,** e0115257.

KOOPMAN, H. N. (2007). Phylogenetic, ecological, and ontogenetic factors influencing the biochemical structure of the blubber of odontocetes. Marine Biology, 151(1), 277-291.

KRAHN, M. M., HERMAN, D. P., YLITALO, G. M., SLOAN, C. a, BURROWS, D. G., HOBBS, R. C., MAHONEY, B. a, *et al*. (2004). Stratification of lipids, fatty acids and organochlorine contaminants in blubber of white whales and killer whales. Journal of Cetacean Research and Managment, 6(2), 175-189.

LUSSEAU, D. (2003). Effects of tour boats on the behavior of bottlenose dolphins: using Markov chains to model anthropogenic impacts. *Conservation Biology,* **17,** 1785-1793.

MARRERO, J., ACOSTA, N. G., ESCÁNEZ, A., FAIS, A., RODRÍGUEZ, C., AGUILAR DE SOTO, N. (2010). Distribución de ácidos grasos en tejidos de cachalote (*Physeter macrocephalus*). Implicaciones en estudios dietéticos. Poster. Simposio Ibérico de estudios de biología marina S.I.E.B.M.

MONTERO LOPEZ, R. and MARTÍN MARTEL, V. (1993). Estudio del impacto que provocan las embarcaciones en la población de calderones tropicales (Globicephala macrorhynchus) residente en aguas del suroeste de la isla de Tenerife, pp. 136, Santa Cruz de Tenerife.

PARRY, D. A. (1949). The structure of whale blubber, and a discussion of its thermal properties. Journal of Cell Science, 3, 13-25.

PHILLIPS, K. L., NICHOLS, P. D., & JACKSON, G. D. (2002). Lipid and fatty acid composition of the mantle and digestive gland of four Southern Ocean squid species: implications for food-web studies. *Antarctic Science*, *14*(03), 212-220.

ROMERO, M. L. and BUTLER, L. K. (2007). Endocrinology of stress. *International Journal of Comparative Psychology,***20**.

RUCHONNET, D., BOUTOUTE, M., GUINET, C., & MAYZAUD, P. (2006). Fatty acid composition of Mediterranean fin whale *Balaenoptera physalus* blubber with respect to body heterogeneity and trophic interaction. Marine Ecology Progress Series, 311, 165-174.

RUEDA-FLORES, M. (2007). Variabilidad de perfiles de ácidos grasos de ballena azul, *Balaenoptera musculus*, en el Golfo de California. (*Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas*).

SERVIDIO, A. (2014). Distribution, social structure and habitat use of short-finned pilot whale, Globicephala macrorhynchus, in the Canary Islands. *PhD thesis, St Andrews*.

TAKAMA, K., SUSUI, T., YOSHIDA, K., ARAI, H., & ANMA, H. (1994). Lipid content and fatty acid composition of phospholipids in white-flesh fish species. Fisheries science. Tokyo, 60(2), 177-184.

TRACONIS, C., J. (2010). Discriminación de grupos de calderones de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*) en el Golfo de California, México mediante análisis de ácidos grasos (*Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas*).

SAMUEL, A. M., & WORTHY, G. A. (2004). Variability in fatty acid composition of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) blubber as a function of body site, season, and reproductive state. Canadian Journal of Zoology, 82(12), 1933-1942.

SAPOLSKY, R. M., ROMERO, L. M. and MUNCK, A. U. (2000). How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions 1. *Endocrine reviews,***21,** 55-89.

SHERIFF, M. J., DANTZER, B., DELEHANTY, B., PALME, R. and BOONSTRA, R. (2011). Measuring stress in wildlife: techniques for quantifying glucocorticoids. *Oecologia,***166,** 869-887.

VERBORGH, P., DE STEPHANIS, R., PÉREZ, S., JAGET, Y., BARBRAUD, C. and GUINET, C. (2009). Survival rate, abundance, and residency of long-finned pilot whales in the Strait of Gibraltar. *Marine Mammal Science,***25,** 523-536.

WHITEHEAD, H. (2008). Precision and power in the analysis of social structure using associations. *Animal Behaviour,***75,** 1093-1099.

WORTHY, G. A. J., & EDWARDS, E. F. (1990). Morphometric and biochemical factors affecting heat loss in a small temperate cetacean (*Phocoena phocoena*) and a small tropical cetacean (*Stenella attenuata*). Physiological Zoolog, 63(2), 432-442.

YOUNG, D. D., & COCKCROFT, V. G. (1994). Diet of Common Dolphins (*Delphinus delphis*) Off the South-East Coast of Southern Africa - Opportunism or Specialization. *Journal of Zoology*, *234*, 41-53.

BLOQUE IV: CONCLUSIONES Y VALORACIÓN GENERAL.

1. CONCLUSIONES

Las conclusiones generales extraídas tras el análisis de los los datos obtenidos dentro del proyecto MITCALD para el año 2015, se detallan a continuación:

- **El análisis de cortisol en el tejido adiposo de los calderones en las zonas de Anaga y Los Cristianos mostró un valor medio en los animales biopsiados en Anaga de [15,81 pg/g] de cortisol, frente a un [28,89 pg/g] en el caso de los calderones biopsiados en Los Cristianos. El análisis estadístico concluye que existen diferencias significativas en los niveles de cortisol analizados en función de la zona de estudio, siendo Los Cristianos la zona con los valores de cortisol más alto. Los análisis estadísticos no mostraron diferencias significativas en los niveles de cortisol en función del sexo de los calderones biopsiados. Se concluye por tanto que los calderones de los Cristianos manifiestan indicios claros de estrés, siendo la causa más probable la masificación de embarcaciones que visitan los grupos de calderones de forma continuada.**

- **Los análisis comportamentales revelaron cambios significativos en los comportamientos de los grupos de calderones en presencia de motos de agua, barcos recreativos y en menor medida, con barcos de whalewatching en las cercanías. Los resultados estadísticos indicaron que la presencia del barco de investigación no afectaba significativamente al comportamiento de los calderones. Estos cambios en el comportamiento resultan en una disminución de los periodos de descanso de los calderones en presencia de las distintas embarcaciones que visitan los grupos de forma usual, lo que puede guardar relación con los altos niveles de cortisol encontrados.**

- **El análisis mediante ácidos grasos no mostró diferencias significativas en la ecología trófica del calderón dependientes de la zona de estudio o relacionadas con el sexo. Estos resultados parecen indicar que los calderones, indistintamente de la zona de estudio, se están alimentando de lo mismo; ya sea por que no existan diferencias en la composición de presas o**

porque los animales seleccionan en las dos áreas los mismos tipos de presas.

- **Los análisis isotópicos no parecen apoyar la teoría de que los calderones depreden sobre especies como *A. dux y T. danae* (especies de 120 kg), al menos no de forma usual, no superando el 1% en contribución en ninguno de los modelos analizados. Los resultados obtenidos reflejan además que los calderones parecen ser generalistas, no concentrando su alimentación en ningún tipo de presa en particular.**

- **Mediante el análisis de FotoID se ha estimado una población para el caso de Los Cristianos de 391 animales, con un CI al 95% = [325- 470]. Se confirma que existe flujo de animales entre ambas zonas, aunque parece que los individuos avistados en la zona de Anaga manifiestan una cierta fidelidad por área, no mezclándose de forma usual con los animales avistados en Los Cristianos.**

2. VALORACIÓN DEL PROYECTO:

La realización de este proyecto ha permitido tener un mayor conocimiento del estado de salud de la población de calderones residentes en el ZEC Teno-Rasca Es- 7020012. Valoramos positivamente el proyecto, pues consideramos que los resultados obtenidos son de una gran importancia a la hora de realizar o promover planes y medidas de gestión sobre esta población. Además, creemos que es extrapolable a otras poblaciones o especies, con lo que se convierte en una herramienta de vital importancia.

Además, se ha obtenido una gran cantidad de información referente a la dieta, lo que permite entender mejor la ecología de esta población en concreto y de la especie en general. Creemos que finalmente, el proyecto ha tenido una aceptación bastante alta en la ciudadanía, algo muy importante si se quiere seguir estudiando y conservando en un futuro.

Para finalizar, consideramos necesario la continuación del proyecto MITCALD en el tiempo, puesto que los resultados obtenidos son de alto valor biológico y quedan muchos datos y cuestiones que analizar.

BLOQUE V: OBSTÁCULOS ENCONTRADOS.

A lo largo del proyecto se consiguieron los objetivos propuestos casi en su totalidad, y se realizaron actividades extra, aún así, aunque el balance de este proyecto es claramente positivo, hay una serie de actividades, factores o apoyos, que no salieron como se esperaba en un principio.

El **principal obstáculo se presenta de forma económica**. Hemos tenido grandes dificultades para la realización del proyecto debido a que Asociación Tonina no había realizado ningún proyecto grande hasta la fecha, por lo que no se disponía de líquido. No poder disponer de líquido supone en muchos casos una burocracia (solicitud de un crédito) que se alarga en el tiempo y que implica no estar del todo cómodos ejecutando el proyecto. Además, tuvimos una serie de problemas con el material para la investigación (P. ej. El hidrófono) y no pudimos reemplazarlo por falta de apoyo económico.

A continuación se detallan el resto de obstáculos encontrados a la hora de ejecutar este proyecto:

Actividades realizadas	Obstáculos encontrados
Act.1. Reuniones para dar a conocer el proyecto con la administración pública y sectores implicados	No se obtuvo el apoyo esperado por parte de El Gobierno de Canarias ni de tres Ayuntamientos clave, (por ser los de la zona objeto de estudio), como son el Ayuntamiento de Arona, Ayuntamiento de Adeje y Ayuntamiento de Santa Cruz de Tenerife.
Act. 2.Cursos de Formación para personal voluntario colaborador	Esta actividad no tuvo un obstáculo en sí, pero lo resaltamos porque se podría haber llevado a un mayor número de voluntarios, cosa que fue imposible debido a la limitación del número de campañas.
Act. 3. Campañas científicas para el seguimiento estacional de cetáceos, toma de datos acústicos y biopsias	Retraso en el inicio de toma de biopsias debido a problemas con aduanas, que llevó a no conseguir el número de muestras que en un principio planteamos en el proyecto. Tampoco se realizó una analítica de interacción pesquera utilizando encuestas, debido al sondeo previo con los pescadores profesionales. Retraso en los datos técnicos sobre la Soundtrap limitaron los análisis. Además, durante las últimas campañas la rotura de la única Soundtrap disponible impidió la toma de datos acerca de la firma acústica. En general, el obstáculo más importante fue el factor tiempo, ya que es necesario más tiempo de

	muestreo.
Act. 4. Análisis de datos.	Hay analíticas que no se pudieron terminar, como la determinación de la estructura social (debido a el periodo tan corto de toma de datos) y no se pudieron tomar todas las biopsias que se pretendían. No se pudo analizar el comportamiento mediante triangulación de cámaras subacuáticas, puesto que los calderones no se acercaron lo suficiente y el rango de las cámaras no era apropiado. Se determinó que no es factible realizar un estudio sobre cambios de comportamiento con esa metodología.
Act. 5 y 6. Acciones de divulgación e implementación de acciones paliativas. Jornadas de sensibilización ambiental	Aunque ya se han dado los primeros pasos para un plan de gestión de medidas paliativas con las entidades competentes, a día de hoy aún no se ha redactado.

Además, a todo esto se suman los **obstáculos inherentes al estudio de una especie** que habita en el mar, como fueron la sucesión de temporales y el mal tiempo, que retrasaron campañas e imposibilitaron la toma de más muestras.