

INFORME III

**TAMAÑO DE LA POBLACIÓN DEL CALDERÓN TROPICAL
Y DELFÍN MULAR EN EL LIC ES-7020017.TENERIFE**

**Manuel Carrillo
Ana Peña
Marisa Tejedor**

2003



**Sociedad para la Investigación, Divulgación y
Conservación de los Cetáceos
TENERIFE CONSERVACIÓN**

1. INTRODUCCIÓN

2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

3. ESTUDIO PILOTO

3.1. Longitud del transecto.

3.2. Distancia al grupo y ángulo con respecto a la línea de transecto

4. DISEÑO DEL ESTUDIO

4.1, Área de estudio

4.2 Muestreos.

5. ANÁLISIS

5.1. Esfuerzo

5.2. Estima de abundancia

5.3. Función de detección

5.4. Tamaño de los grupos.

5.5. Ratio de encuentro

5.6. Intervalos de confianza

5.7. Tamaño mínimo de la población

6. RESULTADOS

6.1. Transectos, esfuerzo y avistamientos

6.2. Tamaño de la población

7. DISCUSIÓN

8. RESUMEN

TAMAÑO DE LA POBLACIÓN DEL CALDERÓN TROPICAL Y DELFÍN MULAR EN EL LIC ES-7020017.TENERIFE

1. INTRODUCCIÓN

Las poblaciones de delfín mular (*Tursiops truncatus*) y calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*) en el sw de Tenerife manifiestan una fidelidad muy singular por un área tan concreta. Se conoce su presencia durante todo el año, viven muy cerca de la costa y su hábitat coincide con una de las zonas de mayor expansión turística de Canarias. Son más de 30 los barcos de observación de cetáceos que las visitan a diario y se estima un volumen anual de 1.000.000 pasajeros. Sin duda estos datos convierten a los cetáceos del sw de Tenerife en los más visitados del mundo.

Los primeros estudios cuantitativos de la población de calderón tropical en el ahora área LIC (ES-7020017) del suroeste de Tenerife, se remontan al estudio llevado a cabo por J. Heimlich-Boran durante los años 1990-91 (Heimlich-Boran and Hall, 1993). Los resultados de su estudio establecieron un total de 572 calderones identificados en el área. Durante la misma investigación Escorza identificó a 98 delfines mulares a partir de 1300 fotografías, aportando los primeros datos cuantitativos de delfines mulares en el área (Escorza *et al*, 1992). A este estudio se han sumado con posterioridad otros también de fotoidentificación (Montero y Martín, 1993) y el reciente proyecto LIFE sobre el delfín mular (Carrillo y Martín, 2000). A raíz de los mismos se ha podido establecer la importancia numérica de las poblaciones de calderón tropical y delfín mular en el LIC del sw de Tenerife. No obstante los estudios realizados con estas poblaciones han estado encaminados a obtener información sobre parámetros biológicos, ecología e impacto provocado por las embarcaciones de observación de cetáceos, y no a establecer criterios objetivos y eficaces que permitan analizar la evolución temporal del tamaño de estas poblaciones. Por estos motivos, y tras 10 años de explotación comercial, en la actualidad no es posible saber si el número de individuos en el área era superior, inferior o igual al actual.

Para poder establecer actuaciones de gestión eficientes que garanticen la viabilidad de las poblaciones de calderón tropical y delfín mular en el LIC ES-7020017 de Tenerife, es de crucial importancia conocer con exactitud la situación actual y la evolución temporal de ambas poblaciones. En este ámbito, la estimación numérica del tamaño de las poblaciones de forma continuada y sistemática, es uno de los procedimientos que permiten vislumbrar de forma eficiente modificaciones atípicas del tamaño de las poblaciones (Holt *et al*, 1987, Gerrodette, 2000).

No obstante, si los cambios poblacionales muestran índices altos, la tendencia puede ser detectada de forma relativamente rápida (para un CV reducido), en cambio para índices bajos detectar la tendencia poblacional necesita de períodos largos de investigación (Holt *et al*, 1987). En este sentido, con técnicas de captura-recaptura a través de la fotoID, a partir de un CV 0,15 se necesitarían 5 años para detectar un descenso de un 15% de la población, sin embargo, serian necesarios 33 años de estudio para detectar un descenso del 1% anual. (Wilson and Hammond, 1996). En base a estos datos podría ocurrir que cuando fuésemos capaces de detectar un cambio de un 15% anual, la población hubiera descendido a un 40% de su tamaño inicial y por lo tanto su viabilidad se viera seriamente comprometida.

Considerando los factores adversos que pueden estar actuando sobre la población de calderón tropical y delfín mular, el objetivo del presente estudio es, utilizando una metodología objetiva, la realización de una estima del tamaño de las poblaciones de ambas especies. El

seguimiento de la evolución temporal de este indicador permitirá a lo largo de los próximos años vislumbrar los posibles cambios que se produzcan en el tamaño de estas poblaciones.

2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

En la actualidad son muchos y muy variados los métodos de estima de tamaño de población descritos en la literatura científica (Gaskin, 1982; Schwarz & Seber, 1999; Thomas *et al*, 2002). El desarrollo de softwares especializados en la materia ha posibilitado además adoptar metodologías más sofisticadas que permiten conocer con mayor fiabilidad la incertidumbre asociada a los parámetros estimados (e.g.; número de individuos). Con la aparición de estas nuevas metodologías de estudio es posible estimar el tamaño de poblaciones localizadas en áreas extensas, así como su evolución a corto plazo, sin la necesidad de incurrir en los costes que, por su extensión temporal, suponen los censos de población a través de la foto-ID.

La metodología de transectos lineales en particular, proporciona un método robusto y económico de estimación de abundancia (Schwarz and Seber, 1999; Gerrodete, 2000). Esta metodología, basada en la distancia de los animales a líneas de transecto, se originó a partir de la necesidad de desarrollar métodos de estimación alternativos a los de captura-recaptura, en los que es necesario marcar una proporción alta de la población (Buckland *et al*, 1993b). Los modelos básicos de captura-recaptura de Petersen, Schnabel and Jolly-Seber son los métodos de estima de abundancia de cetáceo a través de la foto-ID más utilizados (Schwarz and Seber, 1999). Estos modelos presentan sin embargo ciertas constricciones en su uso, tales como la ausencia de un estimador adecuado para el tamaño de las poblaciones abiertas si existiera heterogeneidad en las probabilidades de captura (Hammond, 1990). Estos modelos a través de la foto-ID necesitan además una probabilidad de recaptura por individuo alta para obtener un coeficiente de variación adecuado (Hammond *et al*, 1990), por lo que en poblaciones grandes, el esfuerzo empleado para obtener una estima de población es muy amplio.

El método de transectos lineales permite estimar el tamaño de la población durante el período de muestreo en poblaciones grandes, ya que con la obtención de una muestra de entre 60 y 80 avistamientos es posible modelar la función de detección (Buckland *et al*, 1993), así como con cierta variabilidad en la probabilidad de captura, por lo que su eficiencia es alta. Debido a esta eficiencia para la obtención de estimas anuales, el análisis de la evolución temporal de la población podría proporcionar resultados significativos en un plazo menor de tiempo que otras estimas de abundancia.

La importancia de la metodología de los transectos lineales para la obtención de estimas de abundancia de cetáceos está avalada por la estandarización de su uso (Forcada *et al*, 1996; Forcada *et al*, 1994; Schweder *et al*, 1993; Barlow *et al*, 1997; Forney and Barlow, 1998;) y los resultados obtenidos por parte de la Comisión Ballenera Internacional (Gunnlaugsson *et al*, 1998; Øien, 1990; Hiby *et al*, 1984). Con esta metodología se pretende modelar matemáticamente la probabilidad de detección de los grupos como una función de la distancia de éstos a la línea de transecto. A partir de esta función de probabilidad y a través de un software específico (Distance) podemos obtener una estima del tamaño de la población.

La metodología de los transectos lineales pretende estimar la densidad de animales en una parte del área que ocupan, de forma que el tamaño de la población puede ser estimado por extrapolación a toda el área de distribución de dicha población (Hammond, 1986).

3. ESTUDIO PILOTO

En este estudio pretendemos sentar las bases de una metodología repetible, que cuantifique atributos poblacionales de las poblaciones de calderón tropical y delfín mular en el LIC del sw de Tenerife. El diseño y ejecución del estudio piloto estableció el esfuerzo mínimo que se debería realizar para asegurar la fiabilidad de los resultados. Indicó por tanto las pautas de ejecución del estudio principal y mejoró el diseño del mismo al ajustarse a las características particulares del área de muestreo y a las poblaciones.

3.1. Longitud del transecto.

Uno de los objetivos del estudio piloto fue el de estimar la longitud total mínima de transecto (L), y por lo tanto el área total mínima de muestreo que se debería cubrir durante el estudio principal. Esta área total mínima de muestreo aseguró la fiabilidad de los resultados obtenidos a través de un coeficiente de variación de densidad de población adecuado.

Fórmula de longitud del transecto para poblaciones agrupadas:

$$L = \frac{L_o (b + (sd (s)/s)^2)}{n_o \cdot cv_t^2} \quad b = n_o (cv(D))^2$$

Durante el estudio piloto, y tras haber recorrido transectos aleatorios con una longitud total de 300 mn se obtuvo una muestra de 49 grupos de calderones y 25 grupos de delfines mulares. Estos datos incorporados al cálculo de la longitud del transecto (CV 0.20) nos indicaron que la longitud mínima del transecto a recorrer era de 900 mn para la población de delfines mulares, y 460 para la población de calderón tropical.

A partir de la muestra obtenida en el estudio piloto y recorriendo un transecto de al menos 900 mn prevemos alcanzar el número mínimo de 60 a 80 avistamientos necesarios para poder estimar de forma correcta el parámetro $f(0)$ (función de detección) (Buckland *et al*, 1993).

3.2. Distancia al grupo y ángulo con respecto a la línea de transecto

La metodología de transectos lineales suele estandarizarse de forma que el ángulo de avistamiento se calcula de forma directa con prismáticos provistos de clinómetro mientras que la distancia al grupo se calcula de forma indirecta con el uso de unos prismáticos reticulados y una modificación del método propuesto por R. C. Hobbs (1998).

Durante el estudio piloto, la distancia al grupo se calculó con el uso de prismáticos reticulados (y la modificación del método de Hoobs), con un telémetro (Leica, 800m) y con la diferencia entre las posiciones de GPS.

Tras analizar los resultados obtenidos con los diferentes métodos, el uso de prismáticos reticulados para el cálculo de la distancia al grupo no fue utilizado durante el estudio principal puesto que en ocasiones los ejemplares están situados demasiado cerca de la plataforma de observación para que, tanto el punto de referencia como los ejemplares, estén en el campo de observación de los prismáticos, así como su imprecisión a largas distancias (Lerczak and Hoobs, 1998). Por otro lado, el telémetro empleado sólo mostró su eficacia para grupos descansando a una distancia inferior a 75m.

El comportamiento de los grupos, con un alto porcentaje de actividades de descanso y desplazamiento a poca velocidad, así como su indiferencia con respecto a la embarcación facilitó la llegada al punto de avistamiento sin que se registrara un comportamiento de atracción o evasión. En estas condiciones resultó más preciso el cálculo de la distancia al grupo a través de la diferencia entre las posiciones de GPS tomadas en los puntos de avistamiento (PA) y llegada a punto de avistamiento (LLPA).

El ángulo de avistamiento se determinó tanto con el uso de prismáticos provistos de brújula como a través de la diferencia entre el rumbo seguido por el barco antes del avistamiento (rumbo transecto: RT) y el rumbo del barco con respecto a la posición de avistamiento (rumbo avistamiento: RA). Hay que destacar que esta última medición evita la tendencia de los avistadores a redondear los ángulos de avistamiento, principalmente los comprendidos entre 0 y 5 grados. El GPS del barco proporcionaba datos más exactos sobre el rumbo de transecto (uso del piloto automático y ausencia de redondeos) por lo que se eligió este tipo de mediciones para el estudio principal.

Los transectos deben localizarse perpendiculares a características físicas que puedan causar un gradiente en densidad (Hammond, 1986; Buckland *et al*, 1993b). La existencia de un gradiente de densidad de grupos de calderón tropical y delfín mular con la profundidad hace que se decidiera establecer durante el estudio principal, transectos perpendiculares a la costa para asegurar un correcto muestreo del área.

ESTUDIO PRINCIPAL

4. DISEÑO DEL ESTUDIO

4.1 Área de estudio

La determinación precisa del área de estudio resulta un parámetro fundamental para referirnos al tamaño de población, ya que las estimas están referidas a un área determinada. El estudio desarrollado cubrió un área de 136mn² (466,47 km²) aunque en ningún caso se puede considerar que ésta se corresponda con el área real de distribución de las poblaciones de calderón tropical y delfín mular observadas en el LIC de Tenerife.

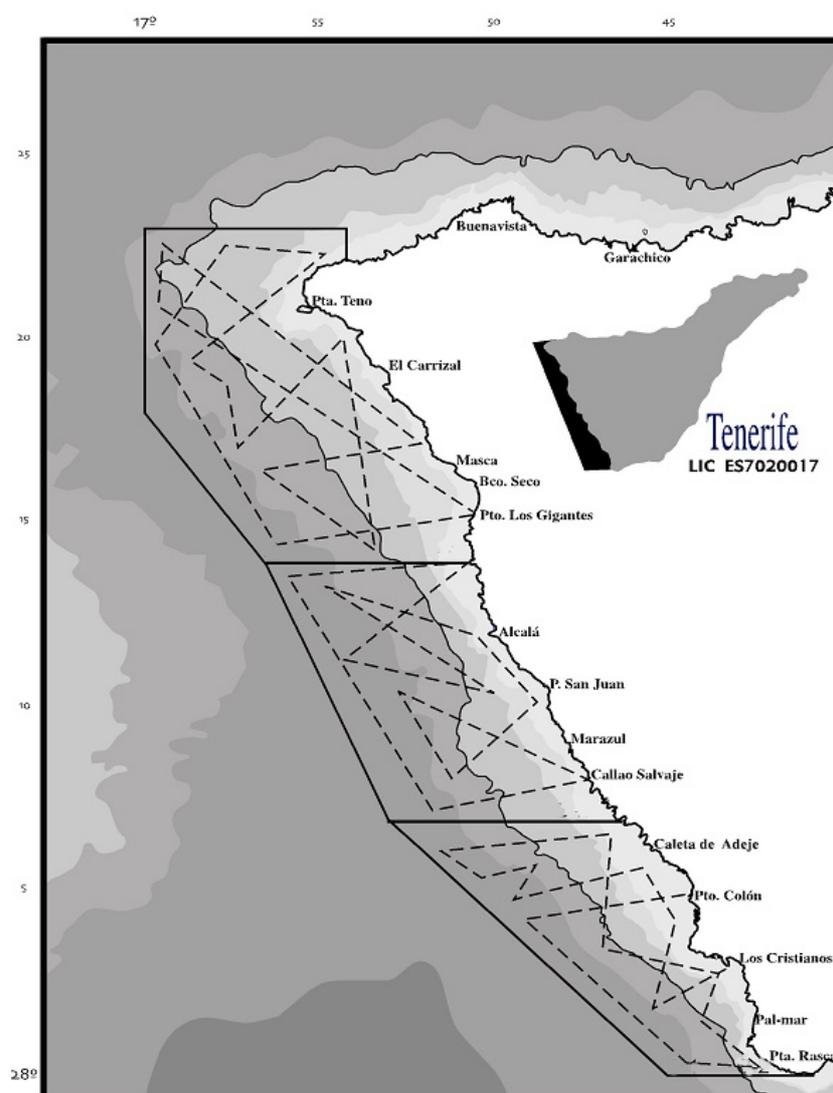
Sobre este aspecto, en Canarias son pocos los estudios realizados que proporcionen alguna información sobre la posible distribución de los individuos presentes en el sw de Tenerife. El estudio llevado a cabo por Heimlich-Boran sobre la población de calderón tropical en el sw de Tenerife cuantificó 188 individuos transeúntes (y 388 residentes) (Heimlich-Boran, 1993). Sobre los delfines mulares presentes en el sw de Tenerife, Escorza identificó 98 ejemplares entre 1989 y 1991, 77 de los cuales fueron identificados en una sola ocasión (Escorza *et al*, 1992). Con la misma especie Carrillo, identificó 131 ejemplares de los que 86 fueron avistados en una sola ocasión (Carrillo y Martín, 2000). Además estudios genéticos de delfines mulares en Canarias han constatado la presencia en Gran Canaria (varamiento) de un individuo muy relacionado genéticamente con ejemplares procedentes de Tenerife (Hildebrandt & Afonso, 2000).

Si tenemos en cuenta que en los estudios realizados el porcentaje de individuos identificados sólo una vez fue alto, podemos deducir sin lugar a dudas que el LIC de Tenerife representa sólo una parte del rango de distribución de las poblaciones de ambas especies y que el área real de distribución es mayor que el área de muestreo.

4.2 Muestreos.

El estudio de abundancia se desarrolló desde diciembre de 2001 hasta septiembre de 2002 en la embarcación *Monachus*. Es necesario destacar el hecho de que las condiciones de viento en los extremos sur (Pta. Rasca) y norte (Pta. Teno) no permitieron cubrir estas áreas de una forma adecuada. Sin embargo, siempre que no exista una correlación entre las condiciones del viento y densidad de población en esas áreas no existe sesgo en la estima (Hammond, 1986).

Como se indica en el apartado de metodología general, la obtención de datos fue diseñada con la intención de establecer protocolos estandarizados y repetibles para el área. En este sentido y bajo condiciones atmosféricas favorables para el avistamiento se realizaron transectos recorriendo el área a una velocidad media de 6 nudos. Cuando un grupo de cetáceos fue avistado se procedió a calcular tanto la distancia al grupo como el ángulo agudo que esta línea forma con la línea de transecto (en el sentido de ruta de la embarcación). La distancia desde el grupo avistado hasta la línea de transecto se calculó desde el centro del mismo.



Diseño previo de transectos en el área LIC ES-7020017

5. ANÁLISIS

5.1. Esfuerzo

Los avistamientos y los recorridos realizados en días de malas condiciones atmosféricas (visibilidad < 4 Km o Beaufort ≥ 3) y/o los producidos en períodos de no esfuerzo (tiempo dedicado a un grupo) no han sido incluidos en el presente análisis a fin de homogeneizar las condiciones de estudio.

Los avistamientos de una sesión (día) fueron adscritos al esfuerzo del día en que ocurrieron, considerando por tanto el esfuerzo de un día como la unidad básica de estudio (correspondiente a un transecto). Esto permite asegurar la independencia entre transectos.

5.2. Estima de abundancia

La metodología para la estima de la abundancia de población de estas dos especies se basó en el método de transectos lineales (Buckland *et al*, 1993, Thomas *et al*, 2002). El objetivo de los recorridos del barco fue el de determinar la distancia de los grupos de individuos avistados a la línea de transecto. De este modo es posible modelar matemáticamente la probabilidad de detección de los grupos como una función de la distancia de éstos a la línea de transecto. Esta función de probabilidad puede ser entonces transformada en una estimación de densidad de grupos de cada especie en el área de estudio. La densidad de grupos se transforma entonces en densidad de individuos y en número medio de individuos en el área de estudio.

$$D(\text{Estimada grupos}) = n / 2wL P_a$$

$$P_a = (w^w \int_0^w g(x) dx) / w$$

$$D(\text{Estimada de grupos}) = n / 2L (w^w \int_0^w g(x) dx)$$

$$N(\text{Estimado de individuos}) = n / 2L (w^w \int_0^w g(x) dx) E(S) \cdot A$$

w = Ancho del área muestreada a cada lado de la línea de transecto

L = Longitud total de la línea de transecto

2wL = Área total muestreada

P_a = Proporción de objetos detectados

g(x) = Probabilidad de detección de un individuo a una distancia X de la línea de transecto

A = Área de estudio

E(S) = Estima del tamaño medio de los grupos

En base al estudio piloto realizado hemos asumido que la probabilidad de detección de los grupos y/o individuos a una distancia de 0.00 mn de la línea de transecto es 1 puesto que las pautas de inmersión de ambas especies (inmersiones de corta duración) y la reducida velocidad del barco así lo prevén. Hemos asumido también que los individuos son avistados antes de que reaccionen de forma evasiva o atraída ante la presencia de la embarcación.

La estimación de la densidad de individuos de delfín mular y de calderón tropical se llevó a cabo a través del programa Distance, versión 3.5. El cálculo de la varianza asociada a la densidad de población estimada se llevó a cabo a través de su cálculo analítico.

5.3. Función de detección

La unidad básica de estudio es el grupo, no el individuo, puesto que las probabilidades de detección de los individuos no son independientes unas de otras. Para modelar la probabilidad de detección de los grupos de individuos, Distance ajusta una función de detección. El primer paso para modelar la probabilidad de detección es la elaboración de un histograma de la frecuencia de avistamiento de grupos contra las distancias perpendiculares a la línea de transecto. De este modo es posible analizar la conveniencia de incorporar una distancia de truncamiento a la muestra.

A partir de la frecuencia de distribución obtenida en los sucesivos muestreos se calculó la función de ajuste y se incorporaron las series de expansión. Diversos test estadísticos indicaron qué función de detección se ajustaba mejor a la muestra. Siempre que varias funciones se ajustaran de forma satisfactoria, la función de detección más adecuada fue aquella que presentara mayor parsimonia (el menor AIC=Akaike Information Criterion.).

5.4. Tamaño de los grupos.

Para estimar la densidad de individuos presentes en el área se hizo necesario estimar el tamaño medio de los grupos ($E(S)$ para cada especie). Una serie de factores pueden dar lugar a sesgos en el cálculo de esta variable. Por este motivo se impusieron procedimientos para obtener un tamaño medio de los grupos lo más fiable posible:

* La estima de tamaño de grupo utilizó únicamente la estima de tamaño del mejor avistador en lugar de utilizar las estimas de todos los avistadores. Se consideró que el resto de avistadores estaban en un punto de su curva de aprendizaje no cercano a la asíntota. Si se procediera a imponer un factor de corrección a estos avistadores para incluirlos en el cálculo del tamaño del grupo, la evolución en el tiempo de sus estimas originaría resultados erróneos.

* Se considera que la probabilidad de detección de los grupos disminuye con la distancia y puede aumentar con el tamaño de los grupos. Por lo tanto, puede existir una tendencia a detectar sólo los grupos más numerosos a largas distancias. Para evitar la posible sobrestima del tamaño medio de los grupos se realizó una regresión del logaritmo de los tamaños de los grupos sobre la función de detección $g(x)$. Si esta regresión hubiera sido significativa a un nivel de 0.15, el tamaño de los grupos estimado por la regresión habría sido utilizado como $E(S)$ (Buckland *et al*, 1993). Si la regresión no fuera significativa se utilizaría la media aritmética como estima del tamaño medio de los grupos.

5.5. Ratio de encuentro

El ratio de encuentro se estimó como el número de avistamientos por unidad de transecto (milla náutica (mn)).

5.6. Intervalos de confianza

El 95% de intervalo de confianza de las estimaciones se calcularon a partir de los CVs de las mismas, asumiendo una distribución log-normal de los errores.

5.7. Tamaño mínimo de la población

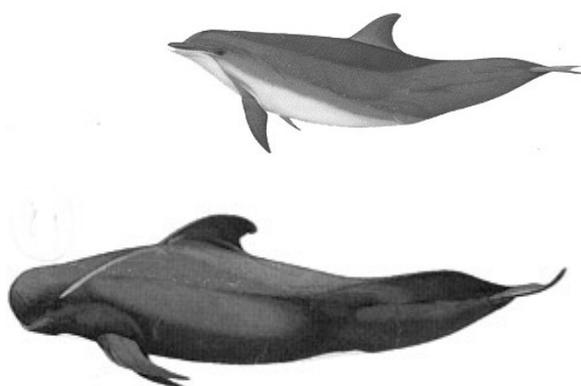
El tamaño mínimo de la población de calderón tropical y de delfín mular en el área de estudio es una estima del número de individuos en la población que:

- (A) está basado en la mejor información científica disponible sobre su abundancia e incorpora la precisión y variabilidad asociada a esta información;
- (B) asegura, de forma bastante fiable que el tamaño de la población es igual o mayor que la estimada (Wade and Angliss, 1997).

$$N_{\min} = N / \exp(0.842 * (\ln(1 + CV(N)^2))^{1/2})$$

La estima mínima de población es el límite inferior del intervalo de confianza del 60% de la distribución log-normal de estima media de abundancia. Esto equivale al percentil 20 de la distribución log-normal de estima media de abundancia.

RESULTADOS



6. RESULTADOS

6.1. Transectos, esfuerzo y avistamientos

Tras haber seleccionado un total de 43 días de esfuerzo realizados bajo condiciones atmosféricas favorables, en los que se cubrieron 1057.75mn (1903.95Km), el número de avistamientos por día de esfuerzo varió entre 0 y 12 sumando un total de 229 avistamientos en los meses de muestreo.

El número de avistamientos de calderón tropical por día varió entre 0 y 10, con un total de 166 avistamientos y una media de 3.86 avistamientos por día. El número de avistamientos de delfín mular por día varió entre 0 y 4, con un total de 63 avistamientos y una media de 1.47 avistamientos por día.

6.2. Tamaño de la población

Estima de parámetros

Términos

- n - Número de grupos observados (o individuos).
- L - Largo total de la línea de transecto (Σ de todas las líneas de transecto).
- k - Número de líneas de transecto(=días).
- n/k - Ratio de encuentro de grupos.
- AT - Ancho de transecto.
- p.-. Probabilidad de detección en el área.
- ESW.- Ancho efectivo de transecto.
- m.-. Número de parámetros en el modelo.
- AIC.-. Akaike information criterion.
- r-p.-. Probabilidad del test de regresión.
- E(S)-. Tamaño medio estimado de los grupos.
- DS.-. Densidad estimada de grupos.
- D.- Densidad estimada de individuos.
- N.- Número estimado de individuos en el área de estudio.
- NMin.-. Tamaño mínimo de la población.

* Calderón tropical

Probabilidad de detección

La función de detección fue ajustada con el uso de una función Hazard-rate y una serie de expansión de polinomio.

La probabilidad de detección por milla náutica para un ancho de transecto (AT) de 0.69mn se estimó en 0.34, con un CV de 17.46.

	Estimación	%CV	df	Intervalo de Confianza 95%	

Hazard/Polinomial					
p	0.34264	17.46	155	0.24334	0.48247
ESW	0.23553	17.46	155	0.16727	0.33164

Ratio de encuentro

El ratio de encuentro de grupos de calderón tropical (n/L) fue de 0.15 por mn de transecto con un CV de 10.47.

	Estimación	%CV	df	Intervalo de Confianza 95%	
n	158.00				
k	42.000				
L	1057.9				
n/L	0.14936	10.47	41	0.12095	0.18444

Tamaño medio de los grupos

El test de regresión realizado sobre el tamaño de los grupos de calderón tropical no fue significativo a un nivel de 0,15 (r-p=0.28) por lo que el tamaño medio de los grupos se calculó a partir de la media aritmética del tamaño de los grupos avistados (E(S)= 8.39).

	Estimación	%CV	df	Intervalo de Confianza 95%	
Media del tamaño de grupo	8.3924	4.86	157	7.6242	9.2380
Hazard-rate/Polinomial					
r	-0.45862E-01				
r-p	0.28359				
E(S)	8.3924	4.86	157	7.6242	9.2380

Densidad y Abundancia

La densidad estimada de grupos de calderón tropical en el área de estudio fue de 0.32 con un CV de 20.36. La densidad estimada de individuos fue de 2.66 por mn² (CV=20.93) que multiplicado por el área de estudio nos conduce a una estimación de 362 individuos (95% Intervalo de Confianza 241-544)

	Estimación	%CV	df	Intervalo de Confianza 95%	
Hazard/Polinomial					
DS	0.31707	20.36	192	0.21308	0.47181
D	2.6610	20.93	214	1.7692	4.0021
N	362.00	20.93	214	241.00	544.00

Tamaño mínimo de la población

$$N_{\min} = N / \exp(0.842 * (\ln(1 + CV(N)^2))^{1/2}) = 200,14 \text{ ejemplares}$$

* Delfín mular

Probabilidad de detección

La función de detección fue ajustada con el uso de una función uniforme y una serie de expansión coseno.

La probabilidad de detección por milla náutica para un ancho de transecto (AT) de 0.89 mn se estimó en 0.28, con un CV de 12.19.

	Estimación	%CV	df	Intervalo de Confianza 95%	

Uniforme/Coseno					
p	0.27906	12.19	60	0.21886	0.35582
ESW	0.24568	12.19	60	0.19268	0.31326

Ratio de encuentro

El ratio de encuentro de grupos de delfín mular (n/L) fue de 0.60E-01 por mn de transecto con un CV de 12.95.

	Estimación	%CV	df	Intervalo de Confianza 95%	

n	63.000				
k	42.000				
L	1058.2				
n/L	0.59536E-01	12.95	41	0.45884E-01	0.77250E-01

Tamaño medio de los grupos

El test de regresión realizado sobre el tamaño de los grupos de delfín mular no fue significativo a un nivel de 0,15 ($r-p=0.30$) por lo que el tamaño medio de los grupos se calculó a partir de la media aritmética del tamaño de los grupos avistados ($E(S)=7.43$).

	Estimación	%CV	df	Intervalo de Confianza 95%	

Tamaño medio de grupo					
	7.4286	15.05	62	5.5083	10.018
Uniforme/Coseno					
r	-0.68125E-01				
r-p	0.29788				
E(S)	7.4286	15.05	62	5.5083	10.018

Densidad y Abundancia

La densidad estimada de grupos de delfín mular en el área de estudio fue de 0.12 grupos/mn² con un CV de 17.79.

La densidad estimada de individuos fue de 0.90 por mn² (CV=23.30) que multiplicado por el área de estudio nos conduce a una estimación de 122 individuos (95% Intervalo de Confianza=78-193)

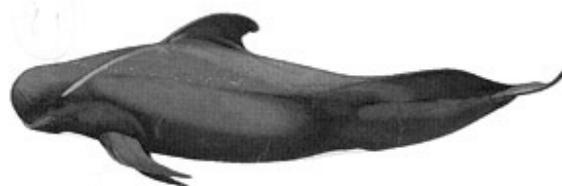
	Estimación	%CV	df	Intervalo de Confianza 95%	

Uniforme/Coseno					
DS	0.12117	17.79	95	0.85353E-01	0.17201
D	0.90010	23.30	157	0.57158	1.4174
N	122.00	23.30	157	78.000	193.00

Tamaño mínimo de la población

$$N_{\text{Min}} = N / \exp(0.842 * (\ln(1 + CV(N)^2)) / 2) = 68,18 \text{ ejemplares}$$

DISCUSIÓN



7.- DISCUSIÓN

El principal objetivo de conservación del presente estudio es aportar un indicador poblacional que permita vislumbrar cambios atípicos en el tamaño de las poblaciones, que puedan poner en peligro la viabilidad de las mismas.

Como principio metodológico, nuestro objetivo ha sido asegurar la inviolabilidad de los principios fundamentales de la metodología de los transectos lineales, con el fin de asegurar la reiteración y comparación de estas estimas poblacionales en el área.

Asunciones del estudio

- Durante el presente estudio, al usar solamente las líneas de transecto con valores de Beaufort <3 se restringió la muestra utilizada en el análisis a 43 días. Si bien un tamaño de muestra mayor podría haber reducido el coeficiente de variación, se ha preferido restringir la muestra para asegurar que $g(0)=1$.

- La indiferencia mostrada por los individuos ante la aproximación de la embarcación en la mayor parte de los avistamientos hace suponer que la estima presentada nos permite asegurar que los individuos son detectados en su posición inicial.

- El uso de mediciones objetivas nos proporciona bastante fiabilidad sobre estos datos. Las mediciones sesgadas son un gran problema; en muchos casos existe una tendencia a sobrestimar la distancia cuando se utilizan prismáticos, así como una tendencia a redondear ángulos (Buckland *et al*, 1993).

- El uso del grupo como unidad básica de estudio ha permitido que las probabilidades de detección sean independientes unas de otras.

- La cantidad mínima de avistamientos necesaria a fin de poder estimar de forma correcta el parámetro $f(0)$ (Buckland *et al*, 1993; Roden and Mullin, 2000) no ha sido una restricción en el estudio, con 156 avistamientos utilizados para estimar $f(0)$ en el caso de los calderones y 61 en el caso de los delfines mulares.

- Puesto que el test de regresión del tamaño de los grupos con respecto a la distancia no fue significativo a un nivel del 0.15 para ninguna de las especies, es posible que no exista una tendencia a avistar en mayor proporción los grupos de mayor tamaño a distancias alejadas de la línea de transecto. Es, sin embargo, importante matizar que si bien una amplia correlación entre tamaño del grupo y la distancia generalmente indica un sesgo en la estima del tamaño medio del grupo, la ausencia de correlación no necesariamente indica la ausencia de sesgo (Drummer *et al*, 1990).

- El establecimiento de líneas de transecto perpendiculares al gradiente de densidad de la población de calderón puede haber dado lugar a que el ratio de encuentro de éste presente un CV menor que el ratio de encuentro de delfín mular (0,10 vs. 0,13) (Gerrodete, 2000). La variabilidad en los transectos podría haber sido reducida al ser el transecto la unidad básica de estudio. La distribución de los individuos en el área de estudio queda descrita en el apartado 3.2. de los resultados para ambas especies.

Estimas de Abundancia

Sin conocer la distribución real de las poblaciones de calderón tropical y delfín mular en el sw de Tenerife (Heimlich-Boran and Hall, 1993; Escorza *et al*, 1992; Carrillo y Martín, 2000), las estimas de tamaño de población puede comprenderse mejor como estimas del número medio de individuos en el área durante el período de estudio. Las estimas que se presentan están por tanto referidas únicamente al área muestreada, que corresponde tan solo a una parte del área real de distribución de ambas especies. Estas estimas pueden ser un buen indicador para evaluar la evolución de las poblaciones puesto que la determinación de las tendencias numéricas suele hacer uso de índices de abundancia más que de estimas del tamaño total de la población (Evans, 1996).

Calderón tropical

La presente estima de número medio de ejemplares (N=362, CV= 0,20, CI 95% 241-544;) no puede ser en ningún caso comparada con la cuantificación de 572 calderones tropicales en el área elaborada por Heimlich- Boran a partir de un catálogo de foto-ID (Heimlich-Boran and Hall, 1993). Este fue un estudio acumulativo de individuos a lo largo del período de estudio y no es en ningún caso el número medio de individuos en el área a lo largo del estudio.

La densidad media obtenida para toda el área LIC ha sido de 2,66 individuos por mn², sin embargo, si consideramos únicamente el área de presencia de calderones dentro de nuestra área de muestreo, obtendríamos una densidad de individuos de 6,9 por mn². Este área de presencia, que coincide con las preferencias batimétricas de la especie abarca 53 mn² (181,79 km²). En este ámbito, un estudio desarrollado para estimar la probabilidad de colisión del calderón tropical con las embarcaciones de alta velocidad que atraviesan el LIC, a partir de un estudio de Montero y Martín (1993), aporta una densidad de 1,5 calderones por Km², referida a un área de 180 Km² (Tregenza *et al*, 2000). Considerando las limitaciones que podría tener comparar ambos resultados, se podría asumir que la densidad de individuos en el área LIC ha mantenido cierta estabilidad a lo largo de estos años.

Delfín mular

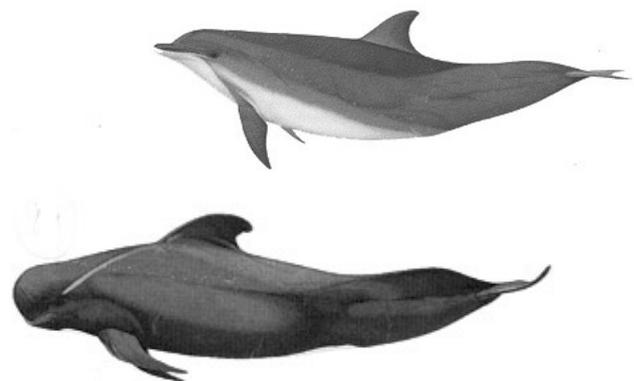
En Canarias, al igual que en otras regiones del mundo, parecen existir poblaciones oceánicas y costeras de delfines mulares en el mismo área (Hansen, 1990). En este sentido, alrededor de la costa sw de Tenerife podrían también coexistir individuos de varias poblaciones de delfines mulares, al menos de forma temporal, tal y como apuntan los estudios genéticos realizados (Hildebrandt y Afonso, 2000) así como los derivados de estudios morfométricos de delfines mulares varados (Martín y Carrillo, 1992). Si los individuos presentes en el área pertenecieran a varias poblaciones, la presente estima habría cuantificado el número medio de individuos de estas poblaciones en el área.

La estima del número medio de delfines mulares en el área, con 122 individuos (CI 95% 78-193), nos ha proporciona un valor de densidad de 0,90 por mn² y un tamaño mínimo de población de 68,18 individuos. Dos ejemplos bien documentados de poblaciones costeras en Europa son las de delfín mular residente en Moray Firth, al noreste de Escocia, estimada en 129 individuos (95% CI = 110-174) (Wilson *et al*, 1999), y la que habita las aguas del estuario de Shannon, en Irlanda, estimada en 113 individuos (95% CI 95-161) (Rogan *et al*, 2000). Si bien las estimas de abundancia elaboradas para estas poblaciones son similares a las nuestras, la metodología empleada ha sido diferente. Las estimas de las poblaciones europeas se ha basado en las técnicas de captura-recaptura, que en ocasiones para la misma población ofrecen distintas estimas de abundancia a las obtenidas mediante las técnicas de transectos lineales (Fairfield, 1988).

Al igual que ocurre con la población de calderón tropical, la presente estima de abundancia de delfín mular no puede ser comparada con las cuantificaciones de individuos elaboradas a partir de catálogos de foto-ID en el área. Estos estudios identificaron 98 ejemplares entre 1989 y 1991 (Escorza *et al*, 1992) y estimaron una abundancia de entre 524 y 327 ejemplares entre 1999 y 2000 (Carrillo y Martín, 2000). Éstos fueron estudios acumulativos de individuos a lo largo del período de estudio por lo que no son estimas del número medio de individuos en el área a lo largo del estudio.



RESUMEN



8.- RESUMEN

En los últimos diez años, el desarrollo social y turístico en el área LIC ES-7020016 de Tenerife se ha desarrollado de manera exponencial, pero no ha sido posible determinar los efectos que estas actividades puede haber ocasionado sobre las poblaciones residentes de calderón tropical y delfín mular. En la actualidad no es posible saber si hace 10 años el número de individuos en el área era superior, inferior o igual al actual, por lo que no conocemos la evolución de estas poblaciones durante este período de explotación. La obtención de una estima del tamaño medio de individuos de ambas especies en el área proporciona por primera vez un indicador poblacional objetivo y estandarizable. La evolución de este indicador poblacional permitirá a lo largo de los próximos años vislumbrar los posibles cambios en las poblaciones que puedan poner en peligro su viabilidad.

Calderón tropical

- 1.- La densidad estimada de grupos de calderón tropical en el área de estudio (136 mn^2) fue de 0.32 por mn^2 con un CV de 20.36. La densidad estimada de individuos fue de 2.66 por mn^2 (CV=20.93).
- 2.- El tamaño de la población de calderón tropical presente en el área se ha estimado en 362 individuos con un intervalo de confianza del 95% de entre 241 y 544 individuos.
- 3.- El cálculo del tamaño mínimo de la población de calderón tropical nos proporcionó una estima de 200,14 ejemplares.
- 4.- El número de grupos de calderón tropical estimado para el área de estudio (136 mn^2) ha sido de 43.52 grupos.

Delfín mular

- 1.- La densidad estimada de grupos de delfín mular en el área de estudio (136 mn^2) fue de 0.12 por mn^2 con un CV de 17.79. La densidad estimada de individuos fue de 0.90 por mn^2 (CV=23.30).
- 2.- El tamaño de la población de delfín mular presente en el área se ha estimado en 122 individuos con un intervalo de confianza del 95% de entre 78 y 193 individuos.
- 3.- El cálculo del tamaño mínimo de la población de delfín mular nos proporcionó una estima de 68,18 ejemplares.
- 4.- El número de grupos de delfín mular estimado para el área de estudio (136 mn^2) ha sido de 16.32 grupos.