



Universidad Austral de Chile

Escuela de Biología Marina

Profesor Patrocinante:

Dr. Mauricio Soto Gamboa

Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas

Facultad de Ciencia – Universidad Austral de Chile

¿EL PATRÓN DE COMPORTAMIENTO EXPLICA EL MOVIMIENTO Y TRAYECTORIA A FINA ESCALA EN EL DELFÍN CHILENO *CEPHALORHYNCHUS EUTROPIA* (GRAY, 1846)?

Tesis de Grado presentada como parte de los requisitos para optar al grado de *Licenciada en Biología Marina* y Título Profesional de *Bióloga Marina*.

FRANCESCA ALEJANDRA SANZANA LINCOPAN

VALDIVIA - CHILE

2015

En recuerdo a mi abuela;

Emelina

La semilla que brotó y expandió su amor.

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que apoyaron y colaboraron de una u otra manera en la formación de este trabajo.

A mi familia, por su incondicional apoyo y amor. A mi madre y hermana que son mi orgullo y admiración, sin ustedes todo esto no habría sido posible.

A mi profesor patrocinante Dr. Mauricio Soto Gamboa, por darme la oportunidad de realizar este trabajo bajo su tutela y apoyo brindado. A la comisión evaluadora por sus aportes y comentarios en este manuscrito.

A todo el equipo que conforma la ONG Yaqu Pacha Chile, por su colaboración con los instrumentos y logística, muchas gracias. A los voluntarios de terreno en Yaldad y compañeros de laboratorio les agradezco su agradable compañía, risas y buenos momentos.

A mis amig@s que son como la diversidad misma de la naturaleza, les agradezco por su valiosa compañía y apoyo en todo este tiempo, ya que ustedes han hecho más entretenida esta inolvidable etapa, y espero que nuestros caminos vuelvan a encontrarse en un futuro.

Y finalmente agradecer en especial a Germán y Rodrigo por acogerme en su hogar estos últimos días y futuras semanas... y meses jajajajaja broma.

ÍNDICE GENERAL

	Páginas
Agradecimientos	3
I RESUMEN	8
II ABSTRACT	9
III INTRODUCCIÓN	10
3.1 Modelo de estudio	12
3.2 Movimiento del delfín chileno	13
3.3 Hipótesis de Trabajo	15
3.4 Objetivo general	15
3.5 Objetivos específicos	15
IV MATERIALES Y MÉTODOS	16
4.1 Área de estudio	17
4.2 Metodología en campo	18
4.2.1 Categorías de comportamiento del delfin chileno	20
4.3 Caracterización de los parámetros de las trayectorias	21
4.4 Análisis de datos	23
4.4.1 Determinar las características de las trayectorias de movimiento	25
4.4.2 Evaluación de la relación entre las características de las trayectorias y el comportamiento observado	25
V RESULTADOS	26
5.1 Resumen de la colección de datos y esfuerzo de muestreo	26
5.2 Segmentación de las trayectorias.	27
5.3 Determinación de las características de las trayectorias de movimiento de grupos de delfines chilenos	28

5.4	Evaluación de la relación entre características de las trayectorias y el comportamiento observado en grupos de delfines chilenos	28
VI	DISCUSIÓN	31
6.1	Recomendaciones	35
VII	CONCLUSIONES	36
VIII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Páginas
Figura 1. Mapa área de estudio	17
Figura 2. Base terrestre de observación	18
Figura 3. Representación de los parámetros de las trayectorias	21
Figura 4. Un ejemplo de segmentación de trayectoria	24
Figura 5. Frecuencia de comportamiento	27
Figura 6. Desplazamiento neto cuadrado para los diferentes tipos de Comportamientos	29
Figura 7. Ángulo giro para los diferentes tipos de comportamientos	30

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Página
Tabla 1. Parámetros de las trayectorias	21
Tabla 2. Tabla modelo	24
Tabla 3. Datos de seguimiento de trayectorias de movimiento	26
Tabla 4. Resumen de la segmentación de las trayectorias	27
Tabla 5. Tipos de comportamientos y el valor del desplazamiento neto cuadrado	28
Tabla 6. Tipos de comportamientos y el ángulo giro	30

I. RESUMEN

El movimiento es el proceso por el cual los organismos cambian de posición y utilizan el espacio a través del tiempo. Su estudio se basa en el análisis de las trayectorias, las cuales pueden ser definidas como una serie de puntos espaciales que siguen un orden temporal. Utilizando las trayectorias de movimientos es posible extraer información (estimación de parámetros métricos) que permita describir el comportamiento de los animales o caracterizar los cambios en los patrones de comportamiento. Si bien, varios métodos estadísticos se han desarrollado para este fin, se desconoce cómo se relacionan los patrones de movimiento y el comportamiento asociado a pequeña escala en mamíferos marinos. Esto debido a que la posibilidad de obtención conjunta de comportamiento y movimiento es difícil por lo remoto del hábitat que utilizan. En este estudio se determinan las características de las trayectorias de movimiento a escala fina en grupos de delfines chilenos (*Cephalorhynchus eutropia*) y se evalúa si existe relación entre el patrón de comportamiento y las características de las trayectorias de movimiento. El estudio se realizó entre los meses de Enero-Marzo del año 2014 en Bahía Yaldad, al sur de Chiloé. Los datos de trayectorias y comportamiento fueron obtenidos usando la observación sistemática desde una base terrestre en altura cercana a la costa y georreferenciados a través del uso de teodolito. Se observó que Viaje es el principal comportamiento asociado al patrón de movimiento dentro de la Bahía Yaldad. Al evaluar el desplazamiento neto fue posible discriminar diferentes trayectorias asociadas tanto a Viaje, Persecución y Descanso. A partir del ángulo de giro del movimiento sólo fue discriminado el comportamiento de Forrajeo. Finalmente, este trabajo es un acercamiento a los escasos estudios sobre la relación entre trayectorias y comportamiento asociados a fina escala en pequeños cetáceos costeros como el delfín chileno, lo cual podría ser utilizado para describir patrones de movimientos a una escala superior usando técnicas de monitoreo Satelital.

II. ABSTRACT

The movement is the process by which organisms change of position and use the space over time. The study of movement is based on the analysis of trajectories, which may be defined as a series of spatial points following a temporal order. Using movement trajectories is possible to extract information (estimating metric parameters) to describe the behavior of animals or to characterize changes in behavior patterns. While several statistical methods have been developed for this purpose, is unknown how patterns of movement and behavior are associated at small-scale marine mammals. The possibility of obtaining behavior and joint movement is difficult because remote habitat use animals. In this study, we determined the fine-scale features of motion paths of several groups of Chilean dolphins (*Cephalorynchus eutropia*), and we evaluated the relationship between the pattern of behavior and characteristics of the paths of movement. The study was conducted between the months of January to March 2014 in south of Chiloé, Yaldad Bay. Trajectories and behavior data of dolphin groups were obtained using systematic observation from a ground based height near the coast and georeferenced through the use of theodolite. It is observed that travel is the main behavior associated with the pattern of movement within the Bay Yaldad. When assessing the relation between displacement and the types of observed behavior, is noted that it is possible to discriminate different trajectories associated with Travel, Chasing and Rest. As from angle of turn of movement can only discriminate foraging behavior. Finally, this work is an approach to the few studies on the relationship between paths and behavior associated with fine-scale in small coastal cetaceans such as the Chilean dolphin, which might be used to describe movement patterns on a larger scale using satellite monitoring techniques.

III. INTRODUCCIÓN

El estudio del movimiento en animales es determinante para el entendimiento del uso del espacio, utilización de recursos, y en última instancia, sobre la dinámica espacial y temporal de las poblaciones naturales (Liu *et al.* 2015). En este sentido, el movimiento puede ser entendido como el proceso por el cual los organismos se desplazan y utilizan el espacio a través del tiempo (Turchin, 1998). Esta aproximación ha sido utilizada en diferentes contextos ecológicos que incluyen la modelación de sistemas de metapoblaciones (Ovaskainen, 2004), determinación del ámbito de hogar (Horne y Garton, 2006), el establecimiento de diseños de áreas protegidas (Hundgens y Haddad 2003, Patterson *et al.*, 2008), comportamiento de forrajeo (Johnson *et al.*, 1992), transmisión de enfermedades (Hess *et al.*, 2002, Hosseini *et al.*, 2006) y dinámicas de colonización de especies invasoras (Morales y Ellner, 2002, Patterson *et al.*, 2008). A partir de esto, se ha podido establecer variaciones en la estructura y dinámica de las poblaciones (Nathan *et al.*, 2008), en función del comportamiento animal y así evaluar los impactos del cambio global sobre las especies (McClintock *et al.*, 2014).

El movimiento de los animales puede estar influenciado tanto por factores intrínsecos como extrínsecos (Nathan *et al.*, 2008, Gurarie *et al.*, 2009). Dentro de los factores intrínsecos se pueden mencionar factores internos tales como hormonales, condición corporal y memoria (Nathan *et al.*, 2008). En los factores extrínsecos están incluidos la proximidad de otros organismos, variación en la distribución de la presa, y heterogeneidad ambiental (Nathan *et al.*, 2008). Todos estos factores pueden producir variaciones en los patrones de movimientos o generar una respuesta particular de comportamiento, y así determinar sus movimientos locales o migratorios (Dodge *et al.*, 2013).

El estudio del movimiento se basa en el análisis de las trayectorias, las que pueden ser definidas como una serie de puntos en el espacio que siguen un orden temporal (Hu *et al.*, 2013). Bajo este contexto las trayectorias se pueden representar como una matriz de información basadas en la posición espacial (x_i, y_i) en un tiempo determinado (t_i) (Hu *et al.*, 2013). Utilizando las trayectorias es posible la extracción de información del movimiento (estimación de parámetros métricos) que pueden ser utilizados para la descripción del comportamiento de los animales o caracterizar cambios de los patrones de comportamiento (Liu *et al.*, 2014). Por lo general, las trayectorias del movimiento pueden ser descritas a partir de velocidades específicas del movimiento, longitud y ángulos de giros entre dos puntos de la trayectoria (Patterson *et al.*, 2008).

Un aspecto clave del movimiento de los animales es la variación a través del espacio causada por diferentes estados de comportamiento (Nams, 2014). Sin embargo, generalmente la aleatoriedad subyacente en los patrones de movimiento y el hábitat determina estados de comportamiento y transiciones entre ellos difíciles de detectar por observación simple. Por esta razón, se han utilizado la tecnología de transmisores satelitales para el estudio de movimientos animales, obteniendo de esta manera gran cantidad de información de movimientos (Ian, 2005). De esta forma, se han desarrollado varios métodos estadísticos para extraer la información del comportamiento o para estimar el comportamiento desde los cambios de movimientos de los animales (Benhamou, 1988; Fauchald y Tveraa, 2003; Benhamou, 2004; Horne *et al.*, 2007; Barraquand y Benhamou, 2008; Gaucherel, 2011; Gurarie *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2014; Nams, 2014). Sin embargo, ningún método estadístico actual combina tanto los datos de localización y de comportamiento (Nams, 2014). Por lo tanto, generalmente no se realiza una evaluación empírica entre el patrón de movimiento y el comportamiento real de los animales en vida silvestre, menos aún en animales marinos.

En mamíferos marinos los patrones de movimiento a pequeña escala son a menudo relacionados a actividades de alimentación y crianza (Stevick *et al.*, 2002). Dentro de los escasos estudios a este nivel de escala, en los delfines nariz de botella (*Turpsiops truncatus*), los patrones de movimientos a fina escala han mostrado ciertos comportamientos de búsqueda estos indicarían una respuesta a la distribución de la presa. Lo cual, permitiría determinar la función de diferentes hábitats e identificar áreas claves para la alimentación (Bailey y Thompson, 2006). Movimientos estacionales en el delfín Hector (*Cephalorhynchus hectori*) son de tipo cercanos a la costa en verano y fuera de la costa en invierno, este sería igualmente un comportamiento en respuesta a la distribución de la presa. (Stone *et al.*, 1998, Carwardine, 2002). Lamentablemente, no hay mayor información respecto a cómo se asocian las trayectorias y los comportamientos, por lo tanto, el levantamiento de información a escala fina puede ser determinante para el entendimiento de procesos que ocurren a una escala mayor. Es por esto, que en este estudio se analiza la relación entre los tipos de comportamientos y trayectorias asociadas en el delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*, Gray 1846).

3.1 Modelo de estudio

El delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*, Gray 1846), es la única especie de cetáceo endémica en Chile. Actualmente, la especie se encuentra categorizada en la lista roja de especies amenazadas de la UICN¹; su estado es “casi amenazado” (Revees *et al.*, 2013). La especie se observa principalmente en dos áreas distintivas: 1) Los canales y fiordos entre la Isla de Chiloé y el Cabo

¹ Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

de Hornos; 2) Costa expuesta, bahías y especialmente estuarios al norte de Chiloé hasta Valparaíso (Goodall, 1994).

En zonas al sureste de Chiloé, el delfín chileno es avistado en bahías y canales de: Bahía Yaldad, Canal Coldita, San Pedro y Guamblad durante todo el año, y en estos lugares delfines chilenos presentan un alto grado de fidelidad de sitio a pequeña escala, es decir son animales altamente residentes y localizados (Heinrich, 2006). Estas características son factores que hacen a la población de delfín chileno del sur de Chiloé vulnerable a la modificación del hábitat producto de las actividades antrópicas costeras. La acuicultura y sus actividades involucradas pueden generar efectos negativos sobre el delfín chileno, como por ejemplo la restricción de sus movimientos y la exclusión de bahías y costas de Chiloé (Ribeiro *et al.*, 2007, Reeves *et al.*, 2013). Además, su asociación con los ríos y ecosistemas estuarios, hace a los delfines chilenos una especie dependiente de cuerpos de agua dulce y vulnerable a la pérdida de hábitat por la degradación de las cuencas costeras (Viddi *et al.*, 2015).

3.2 Movimiento del delfín chileno

Se desconocen movimientos a grande escala (migratorios) en el delfín chileno y solo se tienen registros de movimientos locales. Por ejemplo, Ribeiro *et al.*, (2007) en Bahía Yaldad identifican patrones de movimiento en que los delfines usan 21% de toda el área de estudio y los parámetros ambientales que determinan estos patrones son en aguas de baja profundidad (5-10 m) próximos a la costa y ríos, y con forrajeo como el comportamiento más frecuente observado en este lugar. Además, este estudio asegura que las actividades de acuicultura afectan sus movimientos mediante la restricción de espacio disponible. Sin embargo, falta profundizar en la comprensión de los

movimientos del delfín chileno y su uso de hábitat, antes de inferir sobre la exclusión de importantes hábitat y el impacto sobre la eficiencia de forrajeo (Heinrich, 2006).

Viddi *et al.*, (2011) describen el patrón de movimiento de grupos de delfines chilenos a una escala fina en el Archipiélago de la Guaitecas, sur de Chile. En este trabajo se describe que esta especie presentaría movimientos de tipo residentes y no aleatorios. Además, gran parte de su tiempo permanecerían en áreas determinadas con un radio de no más de 100 metros. Este estudio es el primer acercamiento en la comprensión de cómo los movimientos de esta especie realizan cierta selección en un área. Sin embargo, se desconoce el contexto conductual en el cual ocurren los patrones de movimientos, ya que de manera general se ha inferido el comportamiento animal desde los “*modelos movimiento aleatorio*”² (McClintock *et al.*, 2014). Por lo tanto, es necesario incluir los diferentes comportamientos observados en los grupos de delfines de forma directa a los movimientos de las trayectorias y evaluar si estos se encuentran relacionados. Esta relación movimiento y comportamiento puede ser estudiada a fina escala y podría ser determinante para comprender a una mayor escala la respuesta del comportamiento frente a escenarios de modificación del hábitat o la distribución de los recursos, ya sea mediante el uso de técnicas con monitoreo remoto de los movimientos animales.

² Es un modelo matemático que desde una posición de partida genera una trayectoria de movimientos aleatorios en el espacio. Este movimiento no tiene una persistencia direccional. (McClintock *et al.*, 2014)

3.3 Hipótesis de trabajo

Asumiendo que los movimientos de los animales no son aleatorios, se espera que los diferentes patrones de comportamientos estén asociados a cambios en el patrón de movimiento producidos en las trayectorias del delfín chileno en la bahía de Yaldad.

3.4 Objetivo general

Evaluar si los diferentes patrones de comportamiento se encuentran asociados a cambios en el patrón de movimiento en el delfín chileno en la bahía de Yaldad.

3.5 Objetivos específicos

- 1) Determinar las características de las trayectorias de movimiento de grupos de delfines chilenos.
- 2) Evaluar si existe relación entre las características de trayectoria de movimiento y el patrón de comportamiento observado en grupos de delfines chilenos.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

El estudio se realizó al sureste de Chiloé en Bahía de Yaldad, ($43^{\circ}50'24''S$, $73^{\circ}30'5''W$) la cual corresponde a una bahía protegida, y uno de los lugares donde el delfín chileno es avistado frecuentemente durante todo el año, presentando un alto grado de fidelidad de sitio a pequeña escala (Heinrich, 2006). Parte de Bahía Yaldad fue dividida en 5 sectores (Fig. 1) para que la observación de campo se distribuyera equitativamente, correspondiendo así al área de estudio. Se utilizó un punto de referencia (punto cero) para la calibración del teodolito, este se ubica en la iglesia Queupue localizado en el Noroeste de la Isla Coldita, siendo un lugar lejano al área de estudio. La posición de la estación de observación y del punto de referencia fueron determinadas usando un sistema de posicionamiento global (GPS) Garmin GPSMAP76.

MAPA ÁREA DE ESTUDIO

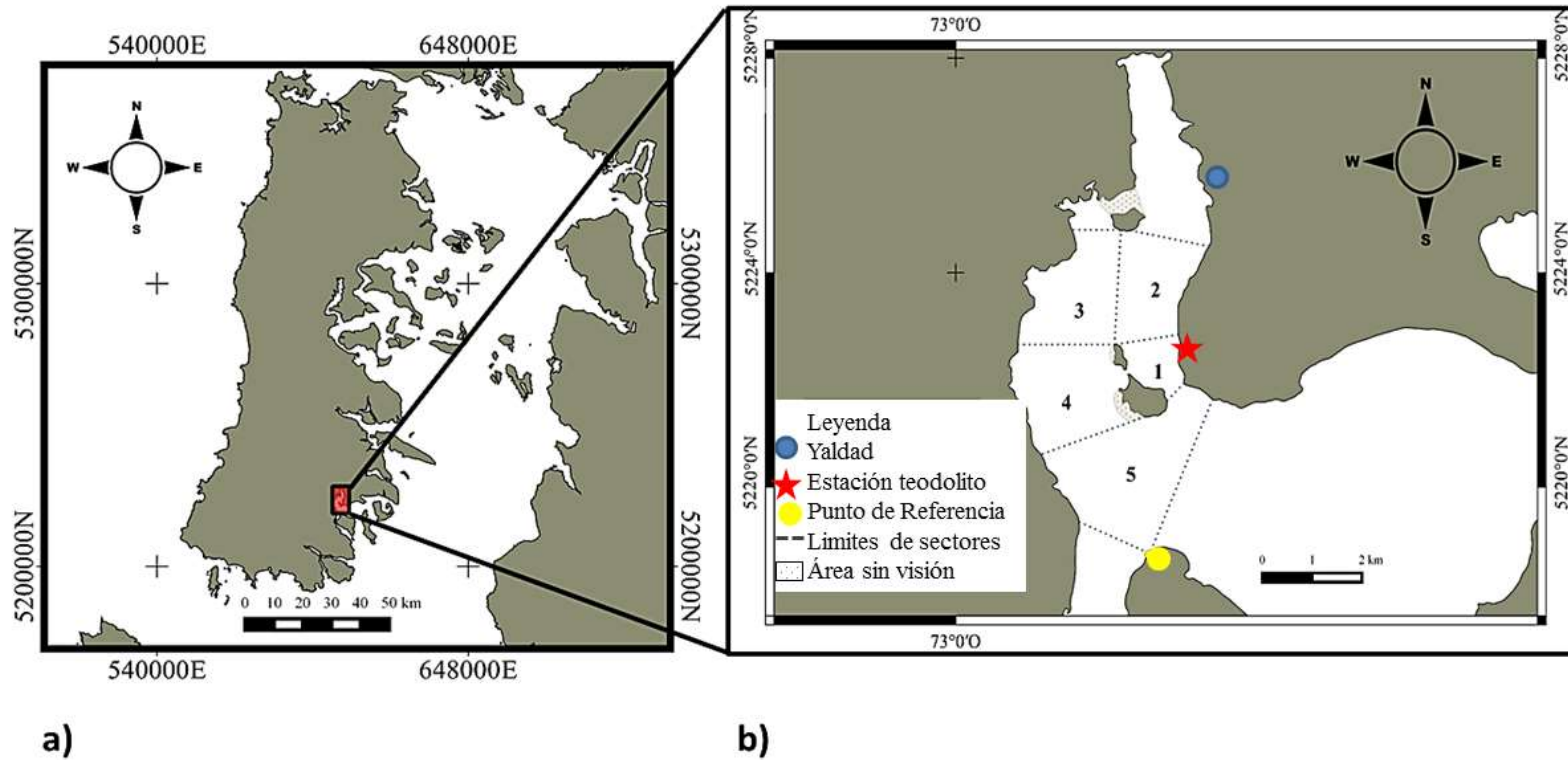


Figura 1. a) Isla Grande de Chiloé. En el recuadro en rojo se resalta Bahía de Yaldad como área de estudio. **b)** Visión general de la Bahía de Yaldad con los cinco sectores de muestreo y Estación teodolito.

4.2. Metodología en campo

Durante los tres primeros meses del año 2014, se obtuvo los datos de trayectorias de movimiento utilizando observación sistemática desde una base terrestre en altura (95.1 m) cercana a la costa (Fig.2). Esta altura corresponde a la regla de seguimiento general para delfines, la cual considera que en distancias de hasta 5 km desde la costa deben usarse como mínimo 20 m s.n.m. asegurando de esta manera la exactitud de las posiciones de los delfines observados (Würsig *et al.*, 1998).



Figura.2. Base terrestre de observación; visión panorámica desde el área de estudio.

Para el seguimiento de las trayectorias de movimientos de los delfines chilenos, se utilizó un instrumento topográfico teodolito (Spectra Precision® DET-2) (Anexo Figura 1), el cual es ventajoso para el monitoreo de delfines debido a que no ocasiona alteraciones a su comportamiento al ser medido desde tierra (Würsig *et al.*, 1998). A partir del teodolito se establece el ángulo de posición de cada avistamiento de grupos de delfines, y el ángulo vertical relativo con una referencia gravitacional desde el nivel de vector (Würsig *et al.*, 1998). A partir de esto, se realiza una triangulación angular utilizando el punto de referencia de posición del teodolito y se estima la posición en coordenadas geográficas sexagesimales de cada punto de avistamiento, utilizando una planilla prediseñada en Excel, elaborada por Rene Swift & Sonja Heinrich, University of St Andrews, UK³. Estas coordenadas sexagesimales fueron transformadas a UTM⁴ usando el paquete

³ Universidad de San Andrés, Reino Unido.

⁴ Universal Transversal de Mercator, sistema de coordenadas.

rgdal en el software R para trabajar con los desplazamientos de los animales en metros y ubicar geográficamente los grupos de delfines en un mapa.

La información sobre la variación del nivel del mar se obtuvo midiendo la altura de marea *in situ* utilizando una mira ubicada permanentemente en la zona intermareal, permitiendo así producir factores de corrección específicos del sitio de observación para la altura de marea y el tiempo de ciclo de esta en comparación con la marea del sitio más cercano (Puerto Quellón). La variación del nivel es hasta 5,3 m durante el ciclo de las mareas. Esta diferencia es necesaria para ser considerada en el cálculo de las coordenadas de posición medidas por el teodolito.

La actividad de observación y seguimiento de delfines se realizó con dos observadores con binoculares, uno con telescopio terrestre más el observador de teodolito (Anexo figura.1).

Los observadores realizaron barridos de búsqueda en todos los sectores del área de estudio (sectores 1 a 5). En el cual siguiendo la metodología de Martin y Bateson (2007) el muestreo usado es de tipo Scanner, la medición del comportamiento es instantánea con registro de manera continua durante el tiempo de observación, y el seguimiento espacial del grupo se realizó hasta perderlo de vista. Se consideró 10 minutos en la búsqueda del grupo perdido para posteriormente observar un siguiente grupo para evitar sobre estimación grupal y obtener muestras independientes. En cada reubicación del grupo de delfines se registró uno de los seis comportamientos

Se consideró como un grupo de delfines a una agregación de individuos dentro de un radio de 100 metros, separados entre sí en menos de 10 cuerpos de distancia, donde >50% realice la misma conducta (Heinrich, 2006).

4.2.1 Categorías de comportamiento del delfín chileno.

Para la observación de comportamientos animales se utilizaron los siguientes seis estados de comportamientos de acuerdo a la clasificación de Heinrich (2006):

- **Forrajeo:** Natación superficial rápida y direccional donde los delfines salpican agua y realizan coletazos. Los delfines aparecen en la superficie sincronizadamente con movimientos rápidos en una o varias direcciones, además en grupo generalmente los movimientos son circulares. Esta conducta se asocia a la búsqueda de presas donde por lo general hay presencia cercana de aves forrajeando o buceando, sin embargo no se puede asegurar la presencia de presas.
- **Viaje:** Los movimientos son en una dirección con velocidad constante, regularmente se observan en la superficie dentro de un mismo intervalo de tiempo. Los movimientos no son abruptos, con salpicadera de agua o buceos prolongados.
- **Merodeo:** Cambios frecuentes de dirección sin desplazamiento neto, regularmente los delfines realizan buceos con una duración relativa, la que generalmente se relaciona con el comportamiento de forrajeo, pero no necesariamente se relaciona con la presencia de presas. Este comportamiento también es descrito como Milling por Heinrich (2006) y una descripción similar según Viddi (*et al.*, 2011) se denomina Forrajeo.
- **Socializando:** Se caracteriza por su alta actividad aérea, con interacciones entre individuos “juegos” y contacto físico. Además son incluidas las conductas de apareamiento y agresividad.
- **Descanso:** Se puede observar uno o más delfines flotando inmóvilmente o cercano a la superficie con movimientos muy lentos.
- **Persecución:** Nado rápido con salpicadura de agua y con una dirección definida, además se observa sincronía superficial en el nado formando una línea. Este se relaciona la Persecución de posibles presas.

4.3. Caracterización de los parámetros de las trayectorias.

En base a la caracterización de los parámetros de las trayectorias realizada por Calenge *et al.*, (2009), fueron usados los siguientes parámetros para cuantificar el movimiento (Tabla 1).

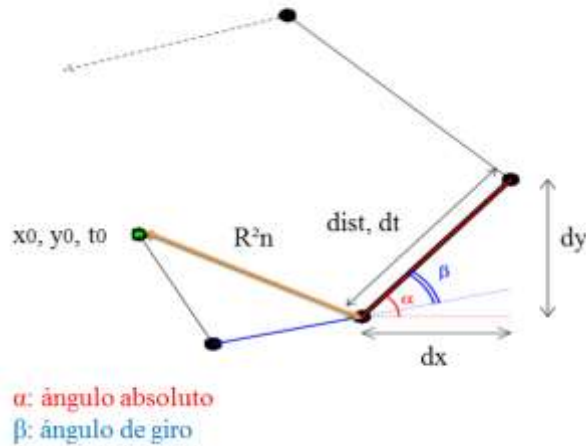


Figura. 3. Representación de los parámetros de las trayectorias (Calenge *et al.*, 2009)

Tabla 1. Caracterización de los parámetros de las trayectorias.

Parámetro	Descripción
dx, dy, dt	Son medidas de una relocalización i , indican el incremento en la dirección x e y en el tiempo entre reubicaciones i e $i+1$. Estos parámetros son utilizados en el contexto de modelos de ecuaciones diferenciales estocásticas.
Distancia ($dist$)	La distancia entre sucesivas reubicaciones, es usado a menudo en el análisis de movimiento animal.
Ángulo absoluto	Mide la dirección x y el paso construido por las reubicaciones i y $i+1$ se utiliza a veces junto con el parámetro dist en modelos de movimientos.
Ángulo relativo o ángulo de giro	Mide el cambio de dirección entre el paso construido por reubicaciones $i-1$ e i y el paso construido por reubicaciones i e $i+1$. A menudo se utiliza junto con el parámetro dist para adaptarse en modelos de movimientos.

Desplazamiento neto cuadrado (R^2n)	Cuantifica las secuencias de movimiento en términos de longitud de movimientos y probabilidad de distribución de ángulos de giros. En modelos de movimiento se asume que estos cambian aleatoriamente o independiente.
-----------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

R^2n deriva una fórmula que permite destacar las consecuencias de diferentes comportamientos de búsqueda, y se calcula a partir de la probabilidad diferente de distribuciones de ángulos de giro y longitudes de movimiento, asumiendo así un tipo de movimiento conocido como *camino correlacionado aleatorio* (Kareiva y Shigesada, 1983). Esta descripción cuantitativa del movimiento (Turchin, 1998) será usada en la descripción de las trayectorias de grupos de delfines.

Fórmula 1:

$$R_n^2 = n(l_2) + 2(l)^2 \frac{c}{1-c} \left(n - \frac{1-c^n}{1-c} \right)$$

Donde:

R^2n =es el desplazamiento neto al cuadrado (en metros) para un número consecutivo de reubicaciones.

n = es el número de reubicaciones en la trayectoria de movimiento.

l = es la distancia media (en metros).

l_2 = es la distancia media de movimiento al cuadrado (en m^2).

c = es la media de los cosenos de los ángulos de movimiento (en grados).

4.4 Análisis de datos

Se usaron en el análisis, trayectorias de movimiento que presentaran al menos 20 reubicaciones y cada una de ellas fue considerada una unidad independiente (Bailey y Thompson, 2006).

Las trayectorias usadas son tipo “regulares”, es decir, los intervalos de tiempo entre reubicaciones son estandarizados a intervalos fijos de tiempo (30, 36, 40 segundos) de forma independiente para cada trayectoria. Este procedimiento es recomendable para definir los movimientos entre intervalos de tiempo cuando el movimiento es continuo (Kareiva y Shigesada, 1983) permitiendo analizar y comparar fácilmente parámetros descriptivos de las trayectorias (Calenge, 2015).

En la regularización de las trayectorias también se generan posiciones faltantes, por lo tanto se examinó si la distribución de estos valores faltantes en las trayectoria son aleatorias, utilizando el método recomendado por Graves y Waller (2006), ya que estos valores son también frecuentes en el monitoreo de telemetría o cualquier señal u obstáculo que no permita la toma de datos.

Fue probada la aleatoriedad entre las longitudes de movimientos y ángulos de giro mediante el cálculo de la función de autocorrelación (ACF). Esto sirve para identificar las escalas en las que se produce esta autocorrelación. Una autocorrelación positiva de un parámetro indicaría que los valores tomados cerca entre ellos tienden a ser más similares, en cambio una autocorrelación negativa de los valores tienden a ser menos similares, esto es lo esperado en disposición aleatoria.

Segmentación

Un método utilizado para identificar cambios de comportamientos animales es la segmentación de las trayectorias en función de la distribución de la distancia (Thiebault y Tremblay, 2013). Basado en esta aproximación, se utilizó el método de Gueguen (2001) para explorar si la segmentación a priori identifica correctamente el cambio del comportamiento observado en las trayectorias. Para

esto, se construyó 10 modelos con una longitud desde 0 a 200 m con diferentes medias que representan a los diferentes comportamientos y una desviación estándar de 1 metro (Tabla. 2).

Tabla. 2. Modelo para segmentación de trayectoria

Modelos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Media (metros)	0	22	44	67	89	111	133	156	178	200

Desde la segmentación de trayectorias, se puede visualizar los periodos donde los grupos de delfines se mueven rápidamente avanzando una mayor distancia, y otros periodos donde los animales se mueven lentamente y avanzan una menor distancia. Un ejemplo de segmentación es el track 39 en donde se visualizan 3 comportamientos diferentes que corresponden a los modelos 4, 2 y 3 (Fig.4).

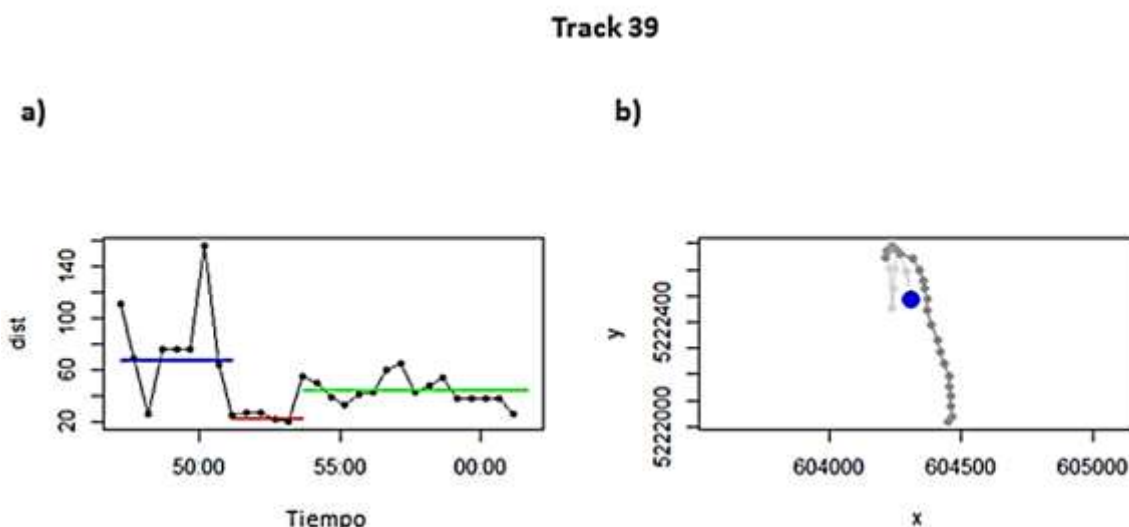


Figura 4. Un ejemplo de segmentación de trayectoria. **a)** corresponde a la distancia recorrida en el tiempo para cada relocalización dentro de una trayectoria determinada, las líneas horizontales de colores identifican cuando ocurre un comportamiento homogéneo dentro de la trayectoria. Azul es modelo 4; rojo es modelo 2; verde es modelo 3 **b)** es la visualización de las trayectorias en los ejes

x e y (coordenadas UTM) y la segmentación es diferenciada visualmente por los tonos de color gris en las líneas y puntos de relocalización, el círculo de color azul indica inicio de la trayectoria.

4.4.1 Determinar las características de las trayectorias de movimiento de grupos de delfines chilenos.

Las características del movimiento en las trayectorias fueron definidas según sus parámetros métricos. Los parámetros usados fueron: lineales dx, dy (dirección de coordenadas x e y), distancia (metros); desplazamiento neto al cuadrado (metros cuadrados) y los parámetros angulares; ángulo absoluto y ángulo de giro (radianes) para cada trayectoria. Estos parámetros serán utilizados para los siguientes análisis.

4.4.2 Evaluar si existe relación entre las características de trayectoria de movimiento y el patrón de comportamiento observado en grupos de delfines chilenos.

Se evaluó la relación entre el comportamiento observado y características del patrón movimiento, para esto se realizó el análisis con un modelo lineal generalizado (GLM) con distribución gaussiana, utilizando como variables respuestas los parámetros R^2n y la variación del ángulo de giro (ambas en modelos independientes), el comportamiento fue la variable independiente como factor fijo con seis niveles.

Para todos los análisis estadísticos y modelamiento fue usado el Software estadístico R. Para el análisis y exploración de las trayectorias de movimientos fue necesario usar el paquete `adehabitatLT` (Calenge, 2015).

V. RESULTADOS

5.1 Resumen de obtención de datos y esfuerzo de muestreo.

Durante los tres primeros meses del 2014, se obtuvo 37 días de observación efectiva con un total de 160 horas de esfuerzo de muestreo. Se detectaron 180 trayectorias de grupos de delfines chilenos. Sin embargo, solo 38 trayectorias fueron usadas en el análisis dado que presentaron más de 20 reubicaciones efectivas. Los intervalos de tiempo fijos regularizados entre sucesivas reubicaciones variaron entre las trayectorias, donde un 84.6% de ellas presento intervalos fijos de 30 s, luego un 10.2% a 36 s y un 5.1% de trayectorias a intervalos de 40 s. La duración promedio de seguimiento de las trayectorias fue 21.7 ± 11.7 min y con longitud de extensión espacial de alta variación con un promedio de 1467.6 ± 1087.8 m. El tamaño promedio de grupo de delfines fue de 5.0 individuos (Tabla. 3). El comportamiento más frecuente dentro de las trayectorias fue Viaje con un 49%, seguido de Merodeo con un 37%, Persecución 6%, Socialización 4%, Descanso 2% y Forrajeo 0% (Figura. 5).

Tabla 3. Datos de seguimiento de trayectorias de movimiento de grupos delfines chilenos durante el verano del año 2014.

Nº de Trayectorias	Esfuerzo de muestreo (h)	Duración promedio de seguimiento (min)	Tamaño promedio grupo	Extensión (m)
38	160	21.7 ± 11.7	5.0	1467.6 ± 1087.8

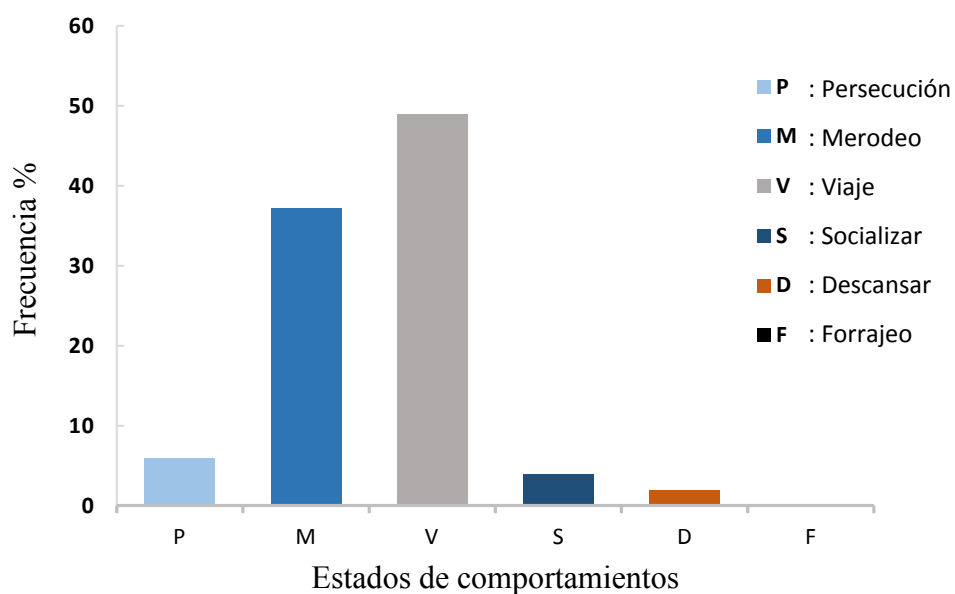


Figura 5. Frecuencia relativa (%) de los diferentes estados de comportamiento presentes dentro de las trayectorias; P (Persecución), M (Merodeo), V (Viaje), S (Socialización), D (Descanso), F (Forrajeo) en grupos de delfines chilenos en Bahía Yaldad.

5.2 Segmentación de las trayectorias.

Los resultados indican que el número segmentos (95) no coincidió con el número de comportamientos totales observados (185), el porcentaje de la segmentación correctamente asignada los comportamientos observados correspondió a un 10.5% y un 89.4% a una segmentación incorrectamente asignada (Tabla. 4).

Tabla. 4. Resumen de la segmentación de las trayectorias.

Nº total de comportamientos registrados	Nº total de segmentos	Correcta (%)	Incorrecta (%)
185	95	10.5	89.4

5.3 Determinación de la caracterización de las trayectorias de grupos de delfines chilenos.

Los resultados de la caracterización de las trayectorias según los parámetros lineales dx, dy, dist, parámetros angulares absoluto y ángulo de giro, y desplazamiento neto al cuadrado (R^2n) son utilizados necesariamente para los siguientes análisis.

5.4 Relación entre las características de las trayectorias y el comportamiento observado.

Al evaluar si las características de las trayectorias se relacionan al comportamiento observado, se usaron los parámetros desplazamiento neto cuadrado y ángulo de giro como variables cualitativas del movimiento. Se obtuvo que los comportamientos de Viaje y Descanso presentan diferencias significativas con respecto a R^2n en comparación con el comportamiento de Persecución. En cambio, Forrajeo, Merodeo, Descanso y Viaje no mostraron valores significativos con respecto al comportamiento de Persecución (Tabla. 5).

Tabla 5. Tipos de comportamientos y el valor del desplazamiento neto cuadrado (R^2n). Valor de significancia $P \leq 0.05$ desde un GLM de una vía denotado como *

Comportamiento	Estimación	\pm SE	t valor	Pr(> t)
P	223958	40198	5.571	3.17e-08 ***
F	-178639	95568	-1.869	0.06185
M	-72355	44666	-1.620	0.10553
D	-151151	70291	-2.150	0.03174 *
S	-120738	67427	-1.791	0.07362
V	138816	45072	3.080	0.00212 **

Códigos significativos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Los comportamientos Merodeo, Descanso, Forrajeo y Socializar presentaron menor desplazamiento neto cuadrado. El comportamiento de Persecución presentó un valor medio en el desplazamiento neto cuadrado, y el comportamiento que tuvo mayor valor de desplazamiento neto cuadrado fue Viaje (Fig. 6).

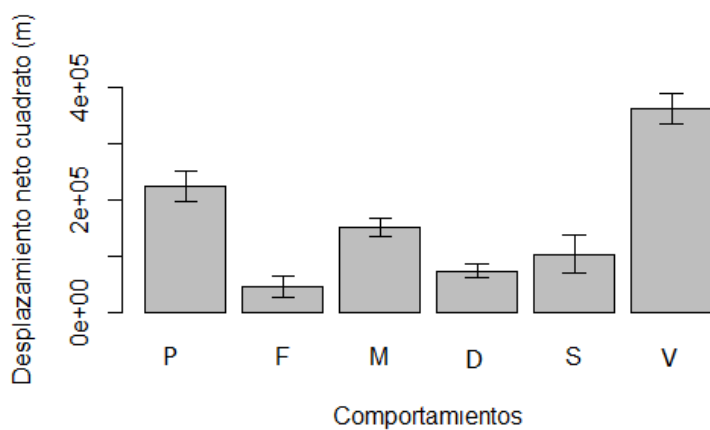


Figura 6. Desplazamiento neto cuadrado para los diferentes tipos de comportamientos; P (Persecución), F (Forrajeo), M (Merodeo), D (Descanso) S (Socialización), V (Viaje).

Con respecto al resultado de la relación entre los comportamientos y el parámetro ángulo giro, solo el comportamiento de Forrajeo presento diferencias significativas en el ángulo de giro con respecto al comportamiento de Persecución. La dirección del ángulo de giro fue negativa para Forrajeo, en cambio los demás comportamientos observados presentaron una dirección de giro cercana a cero.

Tabla 6. Tipos de comportamientos y el ángulo giro. Valor de significancia $P \leq 0.05$ desde un GLM de una vía denotado como *

Comportamiento	Estimación	±SE	t valor	Pr(> t)
P	-0.016707	0.164284	0.102	0.919
F	-0.973991	0.427429	-2.279	0.023 *
M	-0.121797	0.185482	-0.657	0.512
D	-0.078620	0.297200	-0.265	0.791
S	-0.162573	0.255306	-0.637	0.524
T	-0.009183	0.186241	-0.049	0.961

Códigos significativos: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1

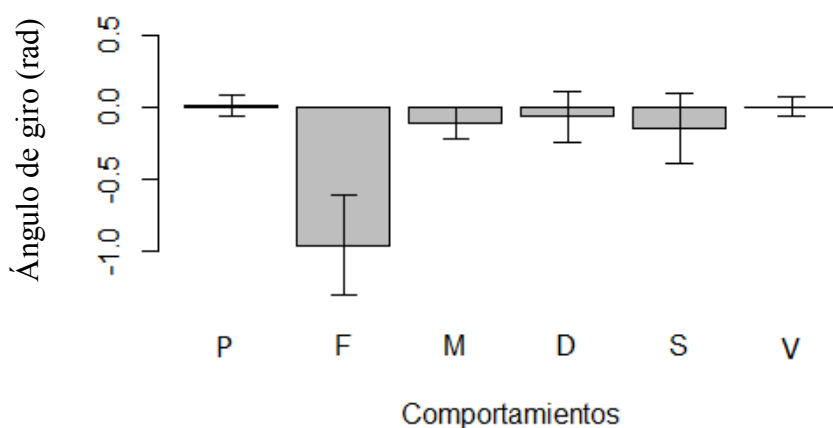


Figura 7. Ángulo giro (en radianes) para los diferentes tipos de comportamientos; P (Persecución), F (Forrajeo), M (Merodeo), S (Socializar), D (Descanso), V (Viaje).

VI. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos se puede destacar que los comportamientos de Viaje, Persecución y Forrajeo han presentado características de movimientos muy representativas del propio comportamiento observado en vida silvestre del delfín chileno. Esto último, indicaría que la diferenciación observada de estos tres comportamientos es confiable.

La presencia de distintos tipos de comportamientos en una misma trayectoria de movimiento, indica que delfines chilenos cambian entre diferentes tipos de comportamiento a fina escala. Estos cambios de conducta también han sido demostrados, pero con la diferencia de que el comportamiento es inferido desde el análisis del movimiento en diferentes animales, tales como insectos, delfines, lobos marinos y aves marinas (Morales y Ellner, 2002; Bailey y Thompson, 2006; Gurarie *et al.*, 2009, Thiebault y Tremblay, 2013). Dentro de las observaciones obtenidas, el comportamiento más frecuente fue Viaje (49 %), lo que sugiere que este lugar podría ser utilizado para explorar otras áreas, ya que esta conducta es similar a los viajes lineales usados por los animales cuando acortan el tiempo transcurrido entre parches y la búsqueda excesiva con el fin de mejorar la eficiencia en la búsqueda de alimento, (Zollner y Lima, 1999).

El segundo comportamiento más frecuente es Merodeo (37%) en donde no existe certeza de la conducta de los delfines, aunque Heinrich (2006) sugiere que podría estar relacionado forrajeo. Sin embargo, forrajeo no fue un comportamiento predominante en las trayectorias, lo cual es distinto de lo observado por Ribeiro *et al.*,(2007) en la temporada de verano del año 2002 en Bahía Yaldad, en donde sostienen que esta área sería usada principalmente por delfines chilenos para Forrajear. Las posibles causas de esta diferencia podrían estar relacionadas i) a una diferencia en la densidad de la miticultura. Aunque no hay un análisis, se aprecia una mayor cobertura de la miticultura en Bahía Yaldad mediante la observación directa durante el periodo de estudio. ii) a pesar de no ser

forrajeo un comportamiento frecuente en esta área, la visita permanente de los grupos de delfines al lugar se podría deber a que la presa se caracteriza por una disponibilidad y distribución no predecible (Sims *et al.*, 2006) iii) un tercer factor podría tratarse de variaciones en las condiciones climáticas y calidad del agua que pueden influenciar la disponibilidad y calidad del alimento (presa) del delfín chileno.

Si bien, este estudio presenta un límite visual de observación del movimiento de los animales, lo cual repercute en la duración y longitud de las trayectorias obtenidas, es ventajoso al momento de obtener la información del comportamiento y movimiento, dado que no hay efectos del observador sobre los delfines, a diferencia de lo descrito por Viddi *et al.*, (2011). Por lo tanto, la duración y longitud de desplazamiento de las trayectorias dependerá de los límites de observación y métodos para obtener los datos de movimientos.

Respecto al método de segmentación de las trayectorias, el cual asociaría los cambios de movimientos en función de la distancia y tiempo para detectar diferentes comportamientos, resulto no ser un buen descriptor de los comportamientos presentes dentro de cada trayectoria. Sólo el 10% de segmentación se asoció correctamente a un tipo de comportamiento observado. Este resultado puede ser atribuido a tres fuentes de variación; i) que la asignación de comportamientos no sea la adecuada, es decir, se hace una sobrestimación de los diferentes comportamientos, ya que tanto en el número y tipos de comportamiento que efectivamente hacen los animales sea menor (Nams, 2014); ii) que las descripciones de comportamientos en la superficie no guardan relación con la actividad que realizan los grupos de delfines debajo del agua. Esto sugiere que el comportamiento y tiempo que los grupos de delfines transcurren bajo del agua podría ser determinante para fijar los patrones de movimientos; iii) a que gran parte de la frecuencia de comportamientos observados corresponde a Viaje y Merodeo, es decir, la baja frecuencia de observación obtenida en los

comportamientos de Persecución, Socialización, Descanso y Forrajeo podría afectar la probabilidad de detección de estos patrones de comportamientos.

Las características métricas de las trayectorias (parámetros lineales y angulares) obtenidas constituyeron un aspecto fundamental para cuantificar el movimiento en grupos de delfines chilenos. Estas características de las trayectorias son medidas a través de descriptores primarios, los cuales han sido usados ampliamente en el estudio del movimiento (Long y Nelson, 2013). A partir de los resultados obtenidos se observa que los patrones de comportamientos de las trayectorias varían entre sí, destacándose las diferencias entre Viaje, Persecución y Descanso. Estas diferencias encontradas con respecto a los valores de desplazamiento neto cuadrado (R^2n), se sugiere que pueden deberse principalmente al desplazamiento realizado entre sucesivos pasos. Viaje presenta mayor R^2n , lo que sugiere que los animales fijan una trayectoria lineal (direccional) con mayor longitud entre sucesivos pasos. Este comportamiento presenta un tipo de trayectoria similar a “Transito” descrito por Viddi *et al.*, (2011) en delfines chilenos. El comportamiento de Persecución es similar a Viaje con trayectoria lineal pero de corto desplazamiento entre sucesivos pasos, es decir menor valor de R^2n . El comportamiento de Descanso presenta un bajo valor de R^2n , lo que indica que los animales se mantienen cerca de su posición inicial. Una aproximación similar realizada por McClintock *et al.*, (2014) para distinguir entre estados de comportamientos en lobos marinos de Alaska fue utilizando un Modelo Multiestado⁵, en donde el comportamiento de “Descanso” presenta menor persistencia direccional y menor longitud de pasos. Respecto al parámetro ángulo de giro fue una característica del movimiento que solo destacó diferencias significativas en el comportamiento de Forrajeo con respecto a Persecución. Esta relación

⁵ Mezcla de modelos de camino aleatorios que corresponden a diferentes estados de movimiento (definición, adaptada de McClintock *et al.*, 2004)

correspondería a un movimiento típico de forrajeo cuando los animales realizan movimientos rápidos y generalmente circulares a fina escala, de acuerdo a los estudios realizados por Bailey y Thomson (2006) en delfines *Tursiops truncatus*, Austin (2004) en foca *Halichoerus grypus*, y Morales y Ellner (2002) en insectos *Tribolium confusum*, donde se demuestra que la variación en el ángulo de giro es un factor indicador del movimiento de forrajeo, el cual se concentraría principalmente dentro de áreas pequeñas en donde se encontraría el alimento. Si bien, los datos de este trabajo fueron analizados mediante un GLM éste resultado en particular debe interpretarse con precaución, ya que, el ángulo de giro es una variable que se caracteriza por una distribución circular la cual presenta un número finitos de niveles, donde no necesariamente están incluidos todo el conjunto de datos. Por lo que sería necesario reevaluar utilizando estadística de tipo circular (Pavoine *et al.*, 2009).

6.1 Recomendaciones

Las recomendaciones necesarias para este tipo de estudio tienen relación con el esfuerzo de observación y la escala espacial. Se recomienda el monitoreo continuo para aumentar el encuentro y obtener mayor confiabilidad frente a cualquier análisis de movimiento animal. Además, es importante aumentar las áreas de observación para que el esfuerzo sea repartido en mayores áreas de preferencia por el delfín chileno, para así estudiar los patrones de movimiento a mayores escalas espaciales y cómo estos responden a la heterogeneidad ambiental.

Se espera que se realicen estudios similares o complementarios sobre el movimiento animal en la especie *Cephalorhyncus eutropia* con el fin de avanzar en la estudio del uso de espacio, tácticas y comportamientos fundamentales de estos animales. De tal manera que este tipo de estudios contribuyan a la protección de vida silvestre de esta especie, por ser considerada especie vulnerable a la degradación o modificación del hábitat.

VII. CONCLUSIONES

El comportamiento de *Cephalorhynchus eutropia* más frecuente en las trayectorias es Viaje, a diferencia de anteriores estudios realizados en Bahía Yaldad.

Los parámetros métricos de las trayectorias fueron estudiados como respuesta al comportamiento observado en la especie. Se concluye que el parámetro desplazamiento neto cuadrado permitió diferenciar tres comportamientos; Viaje, Persecución y Descanso. Mientras que el ángulo de giro sólo discriminó el comportamiento de Forrajeo.

Este trabajo es un acercamiento a los escasos estudios sobre la relación entre características de las trayectorias y el comportamiento asociado a fina escala en pequeños cetáceos costeros como el delfín chileno, lo cual podría ser utilizado para describir patrones de movimiento a escala superior utilizando otras técnicas de muestreo tales como telemetría vía GPS o Satelital. De esta manera, se podría ampliar la observación en áreas de baja exploración, lo cual podría permitir identificar áreas fundamentales para la permanencia y conservación del delfín chileno.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Austin, D., Bowen, W. and McMillan, J. 2004. Intraspecific variation in movement patterns: modeling individual behaviour in a large marine predator. *Oikos* 105, 15-30.
- Calenge, C., Dray, S. and Royer-Carenzia, M. 2009. The concept of animals' trajectories from a data analysis perspective. *Ecol. inform.*, 4, 34-41.
- Calenge, C., and Calenge, M. (2015). Package 'adehabitatLT'.
- Carwardine, M. (2002). Whales dolphins and porpoise. 2ª. Ed. Dorling Kindersley Publishing. New York., 205.
- Dodge, S., Bohrer, G., Weinzierl, R., Davidson, S., Kays, R., Douglas, D., Cruz, S., Han, J., Brandes, D. and Wikelski, M. (2013). The environmental-data automated track annotation (*env-data*) system: linking animal tracks with environmental data. *Mov. Ecol.*, 1,3.
- Fritz, H., Said, S. and Weimerskirch, H. (2003). Scale-dependent hierarchical adjustments of movement patterns in a long-range foraging seabird. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, 270, 1143-1148.
- Gaspar, P., Georges J.Y., Fossette, S., Lenoble, A., Ferraroli, S. and Maho, Y. (2006). Marine animal behaviour: neglecting ocean currents can lead us up the wrong track. *Proc. R. Soc. B.*, 273, 2697-2702.
- Goodall, R. (1994). Chilean dolphins *Cephalorhynchus eutropia* (Gray, 1846). En: S. H. Ridgway and S. R. Harrison (eds), Handbook of marine mammals: 269-287. Academic Press, San Diego.
- Gurarie, E., Andrews, R.D. and Laidre, K.L. (2009). A novel method for identifying Behavioural changes in animal movement data. *Ecol. Lett.*, 12,395-408.
- Graves, T. and Waller, J. (2006). Understanding the Causes of Missed Global Positioning System Telemetry Fixes. *J Wildlife Management.*, 70, 844-851.
- Gueguen, L. Segmentation by maximal predictive partitioning according to composition biases (2001). En: Gascuel, O. and Sagot, M.F. (Eds.), Computational Biology: 32-44, LNCS, 2066.
- Hess, G., S. E. Randolph, P. Arneberg, C. Chemini, C. Furnanello, J. Harwood, M. G. Roberts, and J. Swinton (2002). Spatial aspects of disease dynamics. En: The ecology of wildlife diseases:102-118. Oxford University Press.
- Heinrich, S. (2006). Ecology of Chilean dolphins and Peale's dolphins at Isla Chiloe, southern Chile. Thesis doctoral, University of St Andrews, St. Andrews, 32-33-238 pp.

- Horne, J.S. and Garton, E.O. (2006). Selecting the best home range model: an information theoretic approach. *Ecology.*, 87, 1146–1152.
- Horne, J.S., Garton, E.O., Krone, S.M., Lewis, J.S. (2007). Analyzing animal movements using Brownian bridges. *Ecology.*, 88, 2354–2363.
- Hosseini, P., Dhondt, A., and Dobson, A. (2006). Spatial spread of an emerging infectious disease: conjunctivitis in house finches. *Ecology.*, 87, 3037–3046.
- Hundgens, B.R. and Haddad, N.M. (2003). Predicting which species will benefit from corridors in fragmented landscapes from population growth models. *Am. Nat.*, 161, 808–820.
- Hu, Y., Janowicz, K., Carral, D., Scheider, S., Kuhn, W., Berg-Cross, G., Hitzler, P., Dean, M., Kolas, D. (2013). A geo-ontology design pattern for semantic trajectories. En: T. Tenbrink, *et al.*, (eds) *Spatial information Theory COSIT 13*. Springer International Publishing, 438–456.
- Johnson, A., Wiens J., Milne, B. y Crist, T (1992). Animal movements and population dynamics in heterogeneous landscapes. *Landscape Ecol.*, 7, 63-75.
- Kareiva, PM., Shigesada, N. (1983). Analyzing insect movement as a correlated random walk. *Oecol.*, 56, 234-238.
- Martin, P. and Bateson, P. (2007). *Measuring behavior: An introductory guide*. Third edition, Cambridge University Press.
- Morales, J. and Ellner, S. (2002). Scaling up animal movements in heterogeneous landscapes: The importance of behavior. *Ecology.*, 83, 2240–2247.
- McClintock, B., Johnson, D., Hooten, M., Ver Hoef, J. and Morales, J. (2014). When to be discrete: importance of time formulation in understanding animal movement. *Mov. Ecol.*, 2(1), 21.
- Nams, V. (2014). Combining animal movements and behavioural data to detect behavioural states. *Ecol.Lett.*, 17, 1228-1237.
- Nathan, R., Getz, W.M., Revilla, E., Holyoak, M., Kadmon, R., Saltz, D. and Smouse, P.E. (2008). A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 105, 19052–19059.
- Ovaskainen, O. (2004). Habitat-specific movement parameters estimated using mark-recapture data and a diffusion model. *Ecology.*, 85, 242–257.
- Liu, X., Xu, N and Jiang, A. (2014). Tortuosity entropy: A measure of spatial complexity of behavioral changes in animal movement. *J. Theor. Biol.*, 364, 197–205.

- Long, J. and Nelson, T. (2013): A review of quantitative methods for movement data, *International Journal of Geographical Information Science.*, 2, 292-318.
- Reeves, R., Crespo, E., Dans, S., Jefferson, T., Karczmarski, L., Laidre, K., O'Corry-Crowe, G., Pedraza, S., Rojas-Bracho, L., Secchi, E., Slooten, E., Smith, B., Wang, J. and Zhou, K. 2013. *Cephalorhynchus eutropia*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. Descargado el 2 enero 2015.
- Ribeiro, S., Viddi, F., Cordeiro, J. and Freitas, T. (2007). Fine-scale habitat selection of Chilean dolphins (*Cephalorhynchus eutropia*): interactions with aquaculture activities in southern Chiloé Island, Chile. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 87,119-128.
- Sims, D., Witt, M., Richardson, A., Southall, E., Metcalfe J. Encounter success of free-ranging marine predator movements across a dynamic prey landscape. (2006). *Proc. R. Soc. B.*, 1195-1201.
- Schick, R., Loarie, S., Colchero, F., Best, B., Boustany, A., Conde, D., Halpin, P., Joppa, L., McClellan, C. and James S. Clark. (2008). Understanding movement data and movement processes: current and emerging directions. *Ecol. Lett.*, 11, 1338–1350.
- Stone, G., Hutt, A., Brown, J., Yoshinaga, A., Joy, L., Burleigh, R.(1998). Respiration and movement of Hector's dolphin from suction-cup VHF radio tag telemetry data. *Mar Technol Soc J.*, 32, 89-93.
- Thiebault, A. and Tremblay, Y. (2013). Splitting animal trajectories into fine-scale behaviorally consistent movement units: breaking points relate to external stimuli in a foraging seabird. *Behav Ecol Sociobiol.*, 67, 1013–1026.
- Turchin, P. (1998). Movement and Spatial Dynamics. En: Quantitative Analysis of Movement: measuring and modeling population redistribution in animals and plants: 2-3. University of Connecticut, Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Patterson, T., Thomas, L., Wilcox, C., Ovaskainen, O. and Matthiopoulos, J. (2008). State–space models of individual animal movement. *Trends Ecol. Evol.*, 23, 87–94.
- Pavoine, S., Vallet, J., Dufour, Anne-Be´atrice., Gachet, S., and Herve´ D. (2009). On the challenge of treating various types of variables: application for improving the measurement of functional diversity. *Oikos.*, 118, 391- 402.
- Viddi, F., Harcourt, R., Hucke-Gaete, R. and Field, I. (2011). Fine-scale movement patterns of the sympatric Chilean and Peale's dolphins in the northern Patagonian fjords, Chile. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 436, 245-256.
- Viddi, F., Robert G. Harcourt and Rodrigo Hucke-Gaete. (2015). Identifying key habitats for the conservation of Chilean dolphins in the fjords of southern Chile. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 10, 1002- 2553.

- Weimerskirch H., Pinaud D., Pawlowski F., Bost C. A. (2007) Does prey capture induce area-restricted search? A fine-scale study using GPS in a marine predator, the wandering albatross. *Am. Nat.* 170, 734–743.
- Whitehead, H. (2008). Observing Interaction and Association: Collecting Data. En: Analyzing animal societies: Quantitative methods for vertebrate social analysis: 54. The University of Chicago Press, London.
- Würsig, B. Cipriano, F. and Würsig, M (1991). M. Dolphin Movement Patterns: Information from Radio and Theodolite Tracking Studies. En: Dolphin Societies: Discoveries and puzzles. 81-82 pp.
- Zollner, P and Lima, S (1999). Search strategies for landscape-level interpatch movements. *Ecology.*, 80, 1019-1030.

ANEXOS

ANEXO TABLA

Tabla 1. Tiempo de duración trayectorias. Identificación de las trayectorias (id), el número de reubicaciones (n.reu) y duración de la trayectoria en minutos (duración).

id	n.reu	inicio	final	duración
7	20	11:35:40	11:50:22	14.70
12	24	10:35:50	10:51:10	15.33
26a	33	11:00:14	11:21:10	20.93
27	25	11:54:00	12:10:04	16.07
38	30	11:27:13	11:45:55	18.70
39	23	11:47:10	12:02:02	14.87
46	23	12:08:29	12:26:34	18.08
47	25	12:27:26	12:42:03	14.62
69a	24	13:41:00	13:51:30	10.50
69b	28	13:55:00	14:16:30	21.50
70	20	14:31:46	14:46:53	15.12
71	22	14:51:37	15:06:54	15.28
76	23	17:05:10	17:18:10	13.00
80	31	14:25:05	14:47:00	21.92
89	29	13:04:11	13:24:45	20.57
104	45	11:33:09	11:59:44	26.58
108	22	15:00:03	15:16:37	16.57
111	21	15:55:00	16:11:49	16.82
114	21	12:03:20	12:12:45	9.42
115	24	13:28:33	13:45:31	16.97
120	42	11:20:19	12:00:00	39.68
123	91	10:19:48	10:46:17	26.48
124	92	10:55:38	11:31:12	35.57
125	64	11:31:30	11:52:52	21.37
129	32	11:43:29	12:07:44	24.25
130	31	12:38:29	12:57:59	19.50
132	63	14:06:28	14:43:48	37.33
141	60	10:39:43	11:21:23	41.67
142	20	11:24:51	11:39:35	14.73
146	84	12:43:35	13:41:25	57.83
151	23	10:01:03	11:00:45	59.70

Tabla1: Continuación

id	n.reu	inicio	fin	duración
152	20	12:40:12	12:56:49	16.62
157	36	10:41:50	11:00:19	18.48
159	34	11:32:02	11:52:51	20.82
162	20	12:50:57	13:00:06	9.15
163	23	13:00:58	13:12:27	11.48
168	21	10:38:32	10:55:23	16.85
179	21	12:12:05	12:29:28	17.38

ANEXO FIGURA



Figura 1. a, Muestra el instrumento topográfico Teodolito (Spectra Precision® DET-2).b, instrumento teodolito y telescopio terrestre. c y d observadores en terreno.