



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA  
CALIFORNIA SUR

ÁREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS DEL MAR  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA  
MARINA

## **TESIS**

MONITOREO DEL COMPORTAMIENTO SUPERFICIAL Y DE BUCEO  
DE BALLENA AZUL DESDE UNA BASE EN TIERRA EN EL ISLOTE  
TIJERAS, PARQUE NACIONAL BAHÍA DE LORETO, B.C.S.

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

BIOLOGA MARINA

PRESENTA:

AIRY ADRIANA GONZÁLEZ PERALTA

DIRECTOR:

M.C. GERALDINE BUSQUETS VASS

LA PAZ, B.C.S., DICIEMBRE DE 2014

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer a todos aquellos que hicieron posible la realización de este trabajo. Inicialmente a Diane Gendron por darme la oportunidad de realizar este proyecto y a Geraldine Busquets Vass por su apoyo y paciencia para dirigir mi tesis.

Agradezco a Society for Marine Mammalogy y a Cetacean Society International por que ellos fueron quienes financiaron en gran parte el proyecto y sin éste, el proyecto no hubiese sido posible.

Marie Pier Boulanger, Hugo Racine y Ruth Rivas, “the Island team”, gracias por los momentos, la ayuda y la compañía en los campamentos, fue una experiencia inolvidable.

Agradezco a Mario Pardo por que si bien el no pudo formar parte del comité revisor, es él quien me ha enseñado e introducido a la estadística bayesiana; a Vladimir Pérez de Silva por que me ayudo en mis inicios en programación con R. A Sergio Flores y a Liliana Olalde por su apoyo en todo los aspectos, mis respetos y sin duda mis maestros preferidos de la universidad.

A mi familia (principalmente a mi mami, a quién amo con todo mi corazón) y amigos que ahora son parte de la misma, sin su apoyo creo que hubiese enloquecido. Gracias a Kenia Ibarra, Nicolás Calvillo, Luis Bernardo Hovelman, Alberto Jarovinsky, Iván Siordia, Yortch y Janna Boza (jajaja el mejor equipo de las generaciones 2009-II y 2010-I) no imagino como hubiera sido la universidad sin ustedes, siempre van a estar en mi corazoncito.

## Resumen

El monitoreo del comportamiento de cetáceos es una herramienta que ha sido utilizada para evaluar el efecto que las actividades antropogénicas tienen sobre el comportamiento de estos. El Parque Nacional Bahía de Loreto es una importante zona de crianza para la ballena azul, en la cual se ha observado un crecimiento del turismo de avistamiento recreativo de cetáceos, lo cual resulta en la necesidad de realizar estudios sobre como esta actividad podría modificar el comportamiento. Este estudio evalúa dos métodos para obtención de datos de comportamiento (observación base en tierra y base en embarcación) con la finalidad de elegir el método que permita coleccionar datos de mejor calidad para un proyecto a largo plazo. Se coleccionaron datos de comportamiento de ballena azul (Tiempo en superficie, tiempo de buceo, duración de ciclo, soplos por emersión) adquiridos en seguimientos paralelos entre métodos ( $N=5$  seguimientos), para comparar entre estos, resultando que ambos son diferentes en la obtención de datos de comportamiento. Se observó que los datos adquiridos mediante el método base en tierra son similares a los obtenidos en estudios en donde se utilizan métodos más precisos como marcadores satelitales. Se compararon datos de seguimientos no paralelos de la temporada 2013 utilizando ambos métodos ( $N_{\text{embarcación}}=65$  horas y  $N_{\text{tierra}}=31.98$  horas), además se dividieron los datos adquiridos con el método base en tierra en dos tratamientos: con ( $N=26$ ) y sin embarcación ( $N=18$ ); para comparar entre métodos y tratamientos para inferir si existe algún efecto de la embarcación (de investigación o de turismo); se observó un posible efecto de las embarcaciones, lo cual concuerda con estudios previos para otro rorcual; es de notar que es necesaria la adquisición de igual cantidad de muestras entre tratamientos, pues podría haber un sesgo en los estadísticos. Finalmente se determinó que el método más factible es el método base en tierra, pues dentro de sus ventajas se encuentra que elimina los sesgos en los tiempos de buceo y superficie que podría haber como parte de un efecto de la embarcación en el comportamiento de estos animales y permite la observación en condiciones variables.

**Palabras clave:** Ballena azul, *Balaenoptera musculus*, comportamiento, Bahía de Loreto.

## Contenido

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes .....	4
3. Justificación.....	9
4. Objetivos .....	11
*Objetivo general .....	11
* Objetivos particulares.....	11
5. Hipótesis.....	12
6. Área de estudio .....	13
7. Metodología.....	17
7.1. Logística del campamento.....	17
7.2. Logística de la base de observación .....	18
7.2.1. Medición de la altura de la base .....	19
7.2.2. Búsqueda del animal focal y seguimiento.....	20
7.3. Cálculo de variables .....	21
7.4. Comparación de los métodos SFBT y SFE.....	22
7.5. Comparación de los seguimientos con embarcación vs sin embarcación de los datos obtenidos mediante el SFBT.....	23
7.6. Aproximación del alcance de visibilidad del teodolito con dos métodos. ....	24
8. Resultados .....	25
8.1. Comparación de los métodos base en tierra y base en embarcación.....	26
8.2. Comparación de los seguimientos con embarcación vs sin embarcación de los datos obtenidos mediante el método SFBT.....	37
8.3. Aproximación del alcance de visibilidad con el teodolito.....	45
9. Discusión.....	47
10. Conclusión.....	51
11. Recomendaciones.....	52
12. Literatura citada.....	53
13. Anexos .....	61

## 1. Introducción

El monitoreo del comportamiento de los animales es una herramienta clave que proporciona información esencial sobre su biología y que ha sido ampliamente utilizada para evaluar cómo las actividades antropogénicas modifican el comportamiento de los mismos (Barr & Slooten 1999; Bejder & Dawson 1999; Heckel et al. 2001; Lundquist et al. 2002; Williams & Ashe 2006). La información obtenida de estos estudios resulta importante para el manejo de especies y la regulación de actividades turísticas (Mattson et al. 2005; Weinrich & Corbelli 2009).

Estudios sobre el comportamiento de cetáceos reportan que las actividades turísticas como el avistamiento recreativo de estos, tiene impactos en aspectos ecológicos (e.g. distribución y abundancia; Salden 1988) y en el comportamiento a corto plazo (e.g. aumento de velocidad de nado y tiempo de buceo; cambios en la dirección de nado, frecuencias respiratorias y vocalización; disminución en el tiempo de forrajeo y descanso (Arcangeli & Crosti 2009; Corkeron 1995; Pacheco et al. 2011; Williams et al. 2002). Uno de los posibles factores que modifica estos comportamientos es el sonido que producen los motores de las embarcaciones cercanas al animal (Oleson et al. 2010; Tyack 2010).

El avistamiento recreativo de cetáceos es una de las actividades turísticas con mayor demanda y más redituable, ya que genera una gran entrada de divisas (Diario Oficial de la Federación 2011). Esta actividad se lleva a cabo estacionalmente con ballena azul (*Balaenoptera musculus*) en el área natural protegida Parque Nacional Bahía de Loreto (PNBL) ubicado en el Golfo de California en las costas del municipio de Loreto, estado de Baja California Sur (Diario Oficial de la Federación 1996).

El Golfo de California es una de las áreas de agregación de la ballena azul durante la temporada invernal para una porción de las ballenas del Pacífico Noreste (Gendron 2002). De acuerdo con Gendron (2002) el área del PNBL representa una importante área de crianza para la especie y provee de protección contra los vientos del Norte que predominan durante la temporada invernal, además de ser una importante zona de reproducción y alimentación (Gendron 1990).

Debido a las posibles implicaciones de las actividades turísticas y a la importancia de esta área natural protegida para la especie, recientemente se publicó

el PACE (Programa de Acción para la Conservación de las Especies) de ballena azul, el cual propone iniciar un estudio sobre el comportamiento de la especie y su interacción con las embarcaciones que realizan actividades de avistamiento de ballenas antes de que la industria turística se incremente, particularmente en Loreto y La Paz, Baja California Sur (CONANP-SEMARNAT 2009).

En respuesta a la propuesta realizada por el PACE de ballena azul, en 2009 se inicio un nuevo estudio enfocado al uso del hábitat de la ballena azul en el PNBL mediante el monitoreo por seguimiento focal en embarcación (SFE; Gendron 2010). Este método de seguimiento resultó muy útil en el estudio de las interacciones con embarcaciones recreativas; además se asume que esta metodología no afecta el comportamiento de la ballena azul ya que se toman medidas en cuanto al manejo de la embarcación de investigación (Gendron 2010). No obstante, es necesario realizar estudios para verificar si hay o no efecto, ya que existe la probabilidad de que el monitoreo desde embarcación tenga algún efecto sobre el comportamiento de los animales con la simple presencia de la embarcación y la forma en que se realiza el seguimiento (e.g. velocidad de la embarcación durante el seguimiento, distancia de la embarcación al individuo; Corkeron 1995), o como resultado del mismo sonido producido por el motor de la embarcación (Oleson et al. 2010; Tyack 2010).

Una forma de evaluar la aplicabilidad del SFE es utilizar de forma paralela la técnica de seguimiento focal desde una base en tierra (SFBT), debido a que es el único método que no tiene efectos en el comportamiento, ya que no es un método invasivo (Würsig et al. 1991; Heckel et al. 2001; Williams & Ashe 2006). Este método se basa en el uso de un teodolito conectado a una computadora, el cual permite la observación del comportamiento y la obtención de la ruta, así como el tiempo exacto en que se registran los comportamientos a través del uso del reloj digital de la computadora (que provee la hora, los minutos y los segundos); por lo tanto permite obtener datos de movimiento, comportamiento, distribución y uso de hábitat en tiempo cuasi exacto, además de cuantificar la desviación de la trayectoria del organismo (Würsig et al. 1991; Williams et al. 2002). Sus ventajas son que al llevarse a cabo el muestreo desde tierra, se elimina cualquier efecto que la embarcación de investigación pudiese producir en el comportamiento del organismo monitoreado,

generando datos de comportamiento más certeros, además de que una buena altura de la base provee una perspectiva panorámica que es de utilidad para determinar la dirección de nado y número de embarcaciones (Harzen 2002; Bejder & Samuels 2003).

Debido a la interrogante generada en el estudio realizado por Gendron (2010) sobre el efecto de la embarcación de investigación en el comportamiento de la ballena azul, se planteo evaluar la efectividad de esta metodología y en dado caso de que tuviera un efecto sobre el comportamiento del animal, implementar nuevas metodologías que permitan obtener datos más exactos.

En éste estudio se evaluó la implementación de la técnica de SFBT para el monitoreo de comportamiento de ballena azul en el PNBL, para posteriormente comparar este método con el monitoreo desde una embarcación. Este proyecto se llevó a cabo en la temporada 2013 en el PNBL. Si bien este método no es nuevo es la primera vez que se utiliza en México para el estudio de la ballena azul del Pacífico Noreste.

## 2. Antecedentes

Durante mucho tiempo los métodos de monitoreo visuales han sido una herramienta para el estudio del comportamiento de los cetáceos (Wursig & Wursig 1979; Payne 1986; Acevedo-Gutiérrez 1991). En los estudios que miden cambios en el comportamiento, el método de muestreo mayormente empleado es el seguimiento focal, en el cual se registran datos de comportamiento de un solo individuo durante un tiempo específico (Williams et al. 2006; Harzen 2002; Würsig et al. 1991; Barr & Slooten 1999; Heckel et al. 2001; Payne 1986; Bejder & Dawson 1999; Wursig & Wursig 1979; Bejder et al. 2006; Lundquist et al. 2002; Schaffar et al. 2009; Williams et al. 2002). Para realizar este tipo de estudios es muy importante generar un etograma de los comportamientos que se pueden observar de la especie monitoreada debido a que cada especie realiza comportamientos específicos (Martin & Bateson 1993).

Éste tipo de monitoreo, puede ser realizado desde una embarcación (SFE) o desde una base fija en tierra (SFBT), genera datos sin sesgo, los cuales pueden ser utilizados para evaluar cómo las actividades antropogénicas afectan el comportamiento de los individuos (Martin & Bateson 1993; Bejder & Samuels 2003). Si bien el SFE provee control sobre el diseño experimental, ya que se puede elegir repetidas veces un animal para seguir y confirmar en tiempo real la identidad del individuo (Bejder & Samuels 2003), puede existir un efecto de la embarcación misma en el comportamiento del animal, por lo cual deben tomarse medidas para reducir o eliminar este efecto, por ejemplo, el uso de una embarcación a vela, tal como lo hizo Corkeron (1995); sin embargo muchas veces no se posee una embarcación de éste tipo ó las condiciones ambientales hacen imposible la navegación.

La técnica de SFBT se lleva a cabo mediante el uso de un teodolito, el cual genera información que permite inferir patrones de movimiento, comportamiento, distribución y uso de hábitat de los cetáceos, así como el impacto de las actividades humanas (Wursig & Wursig 1979; Würsig et al. 1991; Williams et al. 2006). Si bien este método tiene ventajas importantes al ser un método no invasivo, su desventaja es el rango de visibilidad, ya que sólo es posible monitorear a los individuos mientras



se encuentren dentro del rango de visión del instrumento (Harzen 2002; Bejder & Samuels 2003).

El SFBT fue desarrollado en los años 70's por Roger Payne (Gailey & Ortega-Ortiz 2002), y se ha convertido en uno de los métodos más efectivos y utilizados para el monitoreo del comportamiento de cetáceos (Anexo I) desde sus primeros usos en investigaciones de odontocetos y mysticetos (Wursig & Wursig 1979; Payne 1986). Debido al creciente uso de la técnica se han realizado trabajos con la finalidad de mejorar la precisión con que se miden las distancias mediante los ángulos obtenidos con el instrumento; Lerczak & Hobbs (1998) proponen una formula para obtener las distancias usando la técnica de triangulación y tomando en cuenta la forma del planeta Tierra.

Desde que los diseños de los teodolitos han avanzado, y ahora son capaces de conectarse a una computadora para la extracción de datos, se han diseñado varios programas para facilitar la toma de datos: entre ellos se encuentran THEOPROG® diseñado por David Bain de la Universidad de Washington (Williams et al. 2006), y Pythagoras®, diseñado por Glenn Gailey de la Universidad de Texas A&M, el cual ofrece una interfaz amigable y sencilla de utilizar, además de realizar los cálculos para la posición del individuo en tiempo real (Gailey & Ortega-Ortiz 2002).

La mayor parte de las investigaciones en la cual se aplica el SFBT son trabajos realizados con odontocetos y algunos con mysticetos (Anexo I). En cuanto a los estudios de comportamiento realizados con la ballena azul, estos utilizan en su mayoría el SFE para el análisis de patrones respiratorios, así como el uso de marcadores satelitales o marcas que registran el tiempo y profundidad para el estudio de patrones de movimiento y de buceo, respectivamente (Croll et al. 1998; Lagerquist et al. 2000; Croll et al. 2001; Croll et al. 2005; Goldbogen et al. 2011; De Vos et al. 2013; Bailey et al. 2009). Estas marcas producen datos de comportamiento de alta resolución ya que son adheridas al cuerpo de los animales y registran en tiempo real las actividades de las mismas (Bailey et al. 2009).

Es importante mencionar que los estudios de patrones respiratorios y de buceo son imprescindibles para la corrección de estimados de abundancia, ya que

proveen de una probabilidad de detección de la proporción de ballenas visibles en la superficie, así como un estimado de la proporción de tiempo que una ballena permanece sumergida y por lo tanto indetectable para el conteo (Leatherwood et al. 1982; De Vos et al. 2013).

En algunos estudios se ha encontrado que los patrones de comportamiento son variables, dependiendo de la actividad, temporalidad, hora del día y condiciones ambientales (Dorsey et al. 1989; Lagerquist et al. 2000); debido a esto, resulta importante el conocimiento de esta variabilidad para tener un mejor entendimiento de la ecología de la especie y población estudiada, así como para poder evaluar los posibles efectos antropogénicos en los comportamientos e implementar un buen manejo de la especie y/o población (Dorsey et al. 1989).

Es de conocimiento que para varias especies de ballenas la información de estos patrones de comportamiento es escasa en proporción a los años que se llevan estudiando a éstas (Leatherwood et al. 1982), y la población de ballena azul del Pacífico Noreste no es la excepción.

Los primeros reportes acerca de los tiempos de buceo de la especie provinieron de datos anecdóticos obtenidos durante las temporadas de caza en el Océano Atlántico Sur (Laurie 1933). Laurie (1933) reportó un tiempo de buceo que va de los 10 minutos a más para las ballenas azules que eran perseguidas durante la caza, y menciona que una ballena azul arponeada permanecía hasta 25 minutos sumergida.

Otros estudios acerca de los patrones de buceo y comportamiento superficial de la ballena azul del Pacífico Noreste son los que se enlistan en la Tabla I. Entre estos estudios se observa una variación de los tiempos de buceo y en superficie, probablemente como resultado de muchos factores entre los que destacan la precisión de las diferentes metodologías utilizadas para la obtención de los datos y las limitaciones del observador en el caso de las metodologías visuales, tal como la visibilidad, la hora del día en que se realiza el monitoreo (Lagerquist et al. 2000; Dorsey et al. 1989), así como la temporalidad, la actividad realizada por los organismos (e.g. forrajeo, alimentación, viajando) durante el monitoreo (Croll et al. 1998; Croll et al. 2001; Goldbogen et al. 2011; Dorsey et al. 1989), y la batimetría del

área estudiada, ya que de acuerdo con Lagerquist et al. (2000), los tiempos de buceo también varían de acuerdo a la profundidad.

**Tabla I. Investigaciones realizadas con la ballena azul del Pacífico Noreste.**

Tiempo de buceo (minutos)	Tiempo en superficie (minutos)	Soplos por emersión	Área	Número de datos	Fuente y método
4.3 ± 2.9			Canal de Santa Barbara, EUA	200 buceos	Croll et al. (1998) *Marcas que registran tiempo, profundidad y buceo
5.8 ± 1.5			Costa central de California, EUA	4 individuos	Lagerquist et al. (2000) *Marcas satelitales
3.3 ± 1.4	1.08 ± 0.26	4 ± 0.6		9 individuos	*observación visual embarcación
4.9 ± 2.53			Bahía de La Paz, MEX; Bahía de Loreto, MEX; Monterey Bay, EUA; Islas el Cana, EUA	7 individuos	Croll et al. (2001) *Marcas que registran tiempo, profundidad y buceo  <i>No alimentación</i>
7.8 ± 1.89					<i>Alimentación</i>
8.8 ± 0.8			Monterey Bay, Estados Unidos	2 individuos	(Croll et al. 2005) *Marcas satelitales  Individuo 1
8.3 ± 1.4					Individuo 2
7.9	1.5			7 buceos de forrajeo	Goldbogen et al. (2011) *Marcas satelitales  -Ballena 03/04/201
5.7	1.5			6 buceos de forrajeo	-Ballena 8/09/2005

El presente estudio se desarrolla como parte de un proyecto piloto para la implementación de la técnica de SFBT, el cual pretende aportar información nueva y más precisa de las ballenas azules del Pacífico Noreste que visitan el Golfo de California, por lo cual se realiza una comparación con la técnica de SFE, la cual se

utiliza normalmente para el estudio de esta subpoblación durante la temporada invernal, con la finalidad de aplicar la metodología más efectiva para un estudio de comportamiento a largo plazo.

### **3. Justificación**

Las ballenas son importantes ecológicamente ya que aportan nutrientes y energía a otros eslabones de las cadenas de los ecosistemas marinos (Smetacek 2008). Económica y socialmente, originan nuevos empleos y captan ingresos monetarios, así como de divisas mediante la actividad del avistamiento de ballenas (Hoyt 1995; Hoyt & Iñíguez 2008).

Aunque no existen datos publicados ha sido notorio el incremento del turismo de la región, incluyendo la observación de ballena azul, así como de otros rorcuales (CONANP-SEMARNAT 2009). Como consecuencia del incremento de éste tipo de turismo, el número de embarcaciones menores y mayores ha ido en aumento durante los últimos años, por lo cual en 2010 se reformó la Norma Oficial Mexicana-131-SEMARNAT-2010, en la que se establecen los lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas de acuerdo a la especie (Diario Oficial de la Federación 2011). Sin embargo, el crecimiento de esta actividad turística en México ha traído algunos problemas de manejo, tal como el escaso control de las embarcaciones de los prestadores de este servicio, lo cual resulta en la falta de apego al reglamento para realizar esta actividad adecuadamente (Moncada et al. 2001; Rodríguez-Vázquez 2000). Esto ha llevado a analizar los aspectos socioeconómicos, legales y educativos de esta actividad, así como la existencia de algún tipo de efecto negativo para las poblaciones de ballenas (Guerrero-Ruiz et al. 2006).

De acuerdo con varias investigaciones, el avistamiento de cetáceos puede modificar el comportamiento a corto plazo provocando cambios en tiempos de buceo y superficie, así tasas respiratorias (Pacheco et al. 2011; Corkeron 1995; Rowntree et al. 2001); y tal vez a largo plazo, afectando la abundancia y distribución de éstas (Salden 1988). Debido a que el Golfo de California es una importante zona de reproducción, crianza y alimentación para varias especies de rorcuales y además congrega una porción de la población de ballenas azules del Pacífico Noreste (Gendron 2002), es importante implementar nuevos métodos que conlleven a la obtención de datos más concretos y certeros que permitan inferir acerca de estos

efectos y sus consecuencias a corto y a largo plazo para misticetos, en específico de la ballena azul (Christiansen et al. 2010; Stamation et al. 2010); de tal manera que aporten conocimiento para la correcta regulación del avistamiento de ballenas, y que fomenten la conservación de estos animales y el adecuado equilibrio ecosistémico.

El método actualmente implementado para la obtención de datos de comportamiento de los individuos de ballena azul que visitan el Golfo de California es el método de SFE, sin embargo es de conocimiento que éste puede tener efectos sobre el comportamiento de algunas especies de cetáceos (Corkeron 1995); por lo cual resulta imprescindible evaluar este método mediante la comparación con otro método no invasivo, con la finalidad de elegir aquel que provea de datos más veraces, o de lo contrario utilizar la diferencia entre estos como una medida de corrección para un proyecto a largo plazo de monitoreo de comportamiento de ballena azul.

## **4. Objetivos**

### **\*Objetivo general**

Evaluar la aplicabilidad de la técnica de SFBT para una mejor calidad de muestreo de datos de comportamiento superficial de ballena azul en el PNBL.

### **\* Objetivos particulares**

- Comparar la efectividad de la técnica SFBT con la técnica SFE, para el estudio de la subpoblación de ballena azul del Pacífico Noreste que visita el PNBL.
- Comparar los comportamientos de ballenas azules obtenidos mediante la técnica SFBT: con embarcación (turística y/o de investigación) vs sin embarcación.

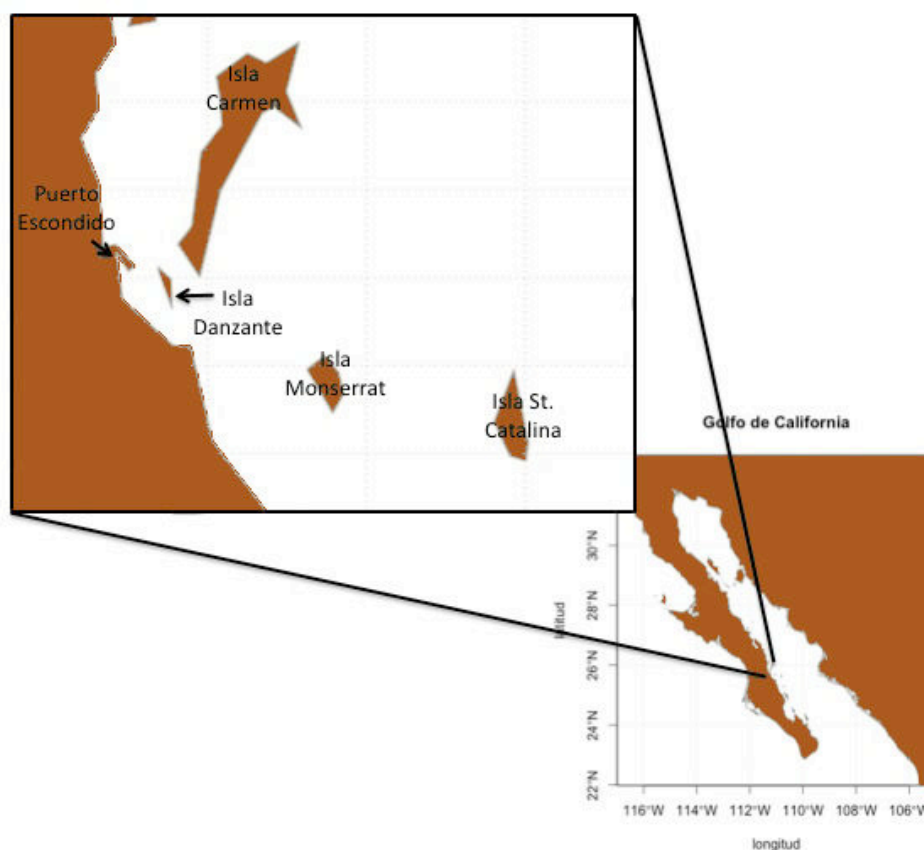
## **5. Hipótesis**

Dado que el beneficio principal del método SFBT es la exclusión de efectos en el comportamiento del individuo monitoreado, los datos generados con este método serán diferentes en comparación con los obtenidos con el método SFE. Por lo anterior resulta más eficiente este método para la obtención de datos de comportamiento de calidad.

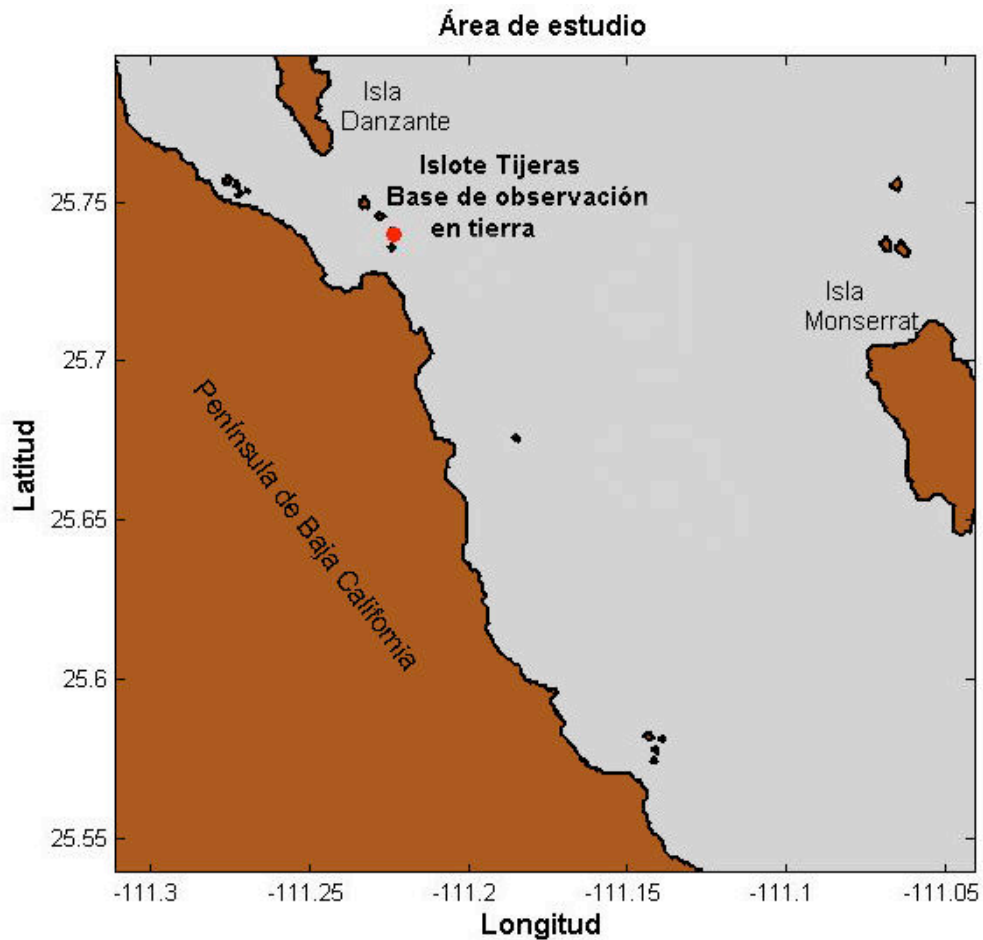


## 6. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Parque Nacional Bahía Loreto (Figura 1) localizado en la porción sureste del Golfo de California (Diario Oficial de la Federación 1996). En este parque se localizan cinco isla: Coronado, Carmen, Danzante, Montserrat y Santa Catalina, y algunos islotes; la bahía así como las islas corresponden al Municipio de Loreto, el cual a su vez pertenece al estado mexicano de Baja California Sur (Diario Oficial de la Federación 1996).



**Figura 1. Parque Nacional Bahía Loreto**



**Figura 2. Área de estudio: Parque Nacional Marino Bahía Loreto.**

La toma de datos se realizó desde el Islote Las tijeras ( $25^{\circ}44'37''$  N,  $111^{\circ}13'36.1''$  O; Figura 2), por lo cual el área de estudio se encontró delimitada por el campo de visión del instrumento de observación. Esta área abarco desde Punta Eleonor II de la Isla Danzante, hacia Punta Baja y Punta Perico de la Isla del Carmen; del noreste al este, de Punta perico en la Isla del Carmen hasta Islotes Las Galeras; del este al sureste, de los Islotes Las Galeras hasta Punta Sur de la Isla Montserrat; y de Punta sur en la Isla Montserrat hasta el Islote pardo (CONANP 1996).

En esta región se presentan una gran variedad de ambientes costeros marinos con fondos rocosos, arenosos, playas, cañadas, cañones submarinos y terrazas

marinas. Estas características en conjunto con su ubicación geográfica ha favorecido el establecimiento de hábitats con una gran diversidad biológica, ya que aquí confluyen poblaciones de especies marinas de aguas tropicales y templadas (Diario Oficial de la Federación 1996).

Los suelos son de tipo volcánico y debido al componente orográfico, la región posee condiciones de sequedad elevada y muy cálida. La ausencia de particularidades altitudinales tipifica el clima en las islas de acuerdo con Köppen modificado por García (1986), como BW(h') (x') (e), es decir, muy árido, con un promedio anual de 23.1°C (Diario Oficial de la Federación 1996; Carabias Lillo et al. 2000). La precipitación media anual es de 190 mm con promedio mensual de 16 mm; por otra parte, en invierno es posible que se presenten algunas lluvias esporádicas de baja intensidad y corta duración (Diario Oficial de la Federación 1996). En el invierno, los vientos del noroeste y del norte son los predominantes, con intensidades de moderado a fuerte (Carabias Lillo et al. 2000).

El PNBL presenta profundidades entre los 50 y 300 m, sin embargo, algunas áreas como el norte de la isla Carmen, donde se sitúa la fosa del Carmen, se presentan profundidades de hasta 2,500 m (Gaitan-Morán & Arizpe 2007). Existe un patrón de flujo de agua marina hacia el sur en invierno y hacia el norte en verano. De acuerdo con Carabias Lillo et al. (2000) la marea es mixta y generalmente diurna. La pleamar máxima registrada es de 0.746 metros y la bajamar de 0.900 metros. Los niveles de marea en Puerto Escondido son diferente a los de Loreto, siendo la pleamar máxima registrada de 1.239 y la bajamar mínima de 0.37 metros de acuerdo a Carabias Lillo et al. (2000). Respecto a la temperatura del agua, existe una marcada diferencia entre el invierno y el verano, alcanzando valores de 17.6°C y 30°C respectivamente (Medina-López 2006).

Se han registrado dos tipos de masas de aguas superficiales: una masa de agua cálida y salina (>34.9 Unidades Prácticas de Salinidad o UPS) denominada agua del Golfo y la masa de agua del Pacífico Tropical Oriental con salinidad de 24.6-34.8 UPS que proviene del sudeste, influenciando esta zona desde finales de primavera hasta finales de otoño (Álvarez Borrego & Schwartzlose 1979); por otra parte de acuerdo con Medina López (2006), la salinidad general fluctúa entre 34.5 y

35.5 UPS. Además, durante el invierno se presentan eventos de surgencia provocados por vientos del noroeste (Álvarez Borrego 1983); éste evento conlleva al afloramiento de nutrientes hacia la zona eufótica, presentándose un promedio de fosfatos de 2  $\mu\text{mol}$ , altas concentraciones de amonio con valores relativamente constantes de 11  $\mu\text{g-at l}^{-1}$ , mientras que los nitritos varían entre 0.88  $\mu\text{g-at l}^{-1}$  y 0.22  $\mu\text{g-at l}^{-1}$ , así también, las concentraciones de oxígeno oscilan entre 7.4 mg/L y 8.5 mg/L, observándose un incremento ligero hacia las partes costeras (Carabias Lillo et al. 2000).

La concentración de clorofila *a*, de acuerdo con Medina López (2006), presenta fluctuaciones a través del tiempo, observándose las mayores concentraciones durante el invierno y primavera (hasta 0.76  $\text{mg m}^{-3}$ ). Los valores de pH son ligeramente alcalinos con un valor promedio de 8.13 (Carabias Lillo et al. 2000).

Debido a sus características el PNBL alberga 30 especies de mamíferos marinos, es decir, el 75% de las especies que se presentan en las costas de México, por lo cual se considera como un área muy productiva que presenta la mayor cantidad de mamíferos marinos a nivel nacional; las 30 especies encontradas en el parque se encuentran bajo algún tipo de protección especial en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Diario Oficial de la Federación 2010).

## **7. Metodología**

Este trabajo de tesis constó de dos componentes, el primero fueron los muestreos en campo realizados durante la temporada de ballena azul 2013, que abarcó los meses de febrero y marzo. Para ello se montó un campamento en uno de los islotes del PNBL. El segundo componente del trabajo consistió en el análisis de los datos de comportamiento colectados durante los muestreos en campo.

### **7.1. Logística del campamento**

Debido a que no es posible observar ballena azul cerca de la costa continental y a que el islote de observación se encuentra retirado de la costa y del campamento del Laboratorio de Ecología de Cetáceos y Quelonios, fue imprescindible la realización de un campamento en el islote Tijeras, con la finalidad de ampliar el rango del tiempo de observación diario y aprovechar el mayor tiempo posible. El equipo de acampar incluyó los materiales listados en el Anexo II.

Tomando en cuenta que los vientos que se presentan durante la temporada invernal provienen del norte (Castillo Vargasmachuca et al. 2009), se colocó el campamento al sur del islote Tijeras (enfrente de la Ensenada Blanca) con el fin de proteger el campamento.

El equipo de investigación se conformó por cuatro integrantes (un encargado del proyecto y tres asistentes). Dado que sólo se requerían tres integrantes para la observación, se decidió hacer rotaciones de los asistentes cada tres días, de manera que pudieran ir al campamento del Laboratorio para asearse y participar en otros proyectos, además de hacer menos pesado el trabajo en el islote para los voluntarios.

Cada fin de semana la embarcación del laboratorio de Ecología de Cetáceos y Quelonios se encargó de recoger al equipo en la isla con la finalidad de abastecer de comida el campamento y devolver al equipo al día siguiente (dependiendo del estado del clima y si el mar era navegable).

## 7.2. Logística de la base de observación

Una vez instalado el campamento se procedió a instalar la base de observación con los materiales listados en el Anexo III. Primero se procedió al armado de la base del toldo donde se colocaría la carpa. Se aseguró la base del toldo colocando 1 estaca a un metro de cada esquina, y amarrando la parte superior de cada esquina de la base a la estaca mediante una cuerda gruesa de nylon, de manera que ésta quedara tensa. Una vez asegurada la base se amarró la carpa al toldo mediante las ligas y los orificios de la carpa.

Después se ubicó el lugar en el que se posicionaría el teodolito durante toda la temporada y se marcaron los puntos de la base del teodolito con pintura en aerosol, procurando marcar el centro con ayuda de la plomada del teodolito. Seguido de ello se retiró el equipo para localizar el norte geográfico con ayuda de la brújula con compás y el valor de declinación magnética previamente calculado en la página de la NOAA<sup>1</sup>; se colocó la brújula al centro de la posición del teodolito, una vez marcado el norte magnético se corrigió al norte geográfico restando el valor de declinación magnética en sentido opuesto a las manecillas del reloj. Se trazó una línea recta en dirección al norte geográfico, y se colocó una estaca coloreada con pintura en aerosol alejada de la posición del teodolito, que sirvió como referencia durante toda la temporada para registrar un referencia Azimut de cero y hacer más fácil la colocación diaria del equipo.

La base de observación se armó diariamente y consistió en: colocar la carpa, las sillas y la mesa, conectar la radio a la antena, conectar la batería de litio al panel solar para guardar energía, abrir el programa Pythagoras®, conectar el teodolito a la computadora mediante un cable serial RS-232C. Una vez realizado lo anterior se realizó la calibración diaria del ángulo horizontal del teodolito hacia el norte

---

<sup>1</sup> Estimador del Valor de declinación magnética de la NOAA. Disponible en: <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination>

geográfico con ayuda de la estaca de referencia anteriormente colocada, de manera que la referencia Azimut correspondiese al ángulo 0°.

Finalmente se tomó la medida del ángulo de declinación del horizonte (*i.e.* ángulo del horizonte en donde termina la superficie del mar), y se tomaron medidas diarias de la altura al ojo del observador (*i.e.* altura del suelo a la marca central del ocular del telescopio) para poder determinar la altura de la base posteriormente.

### **7.2.1. Medición de la altura de la base**

Debido a que la precisión de la posición del animal monitoreado depende de la precisión con la cual se estima la altura de la base de observación (Bailey & Lusseau 2004), es indispensable conocerla en caso de futuras investigaciones en las cuales se utilice esta medida. Para ello se procedió a calcular la altura del cerro mediante la ley de los senos para la resolución de triángulos, la cual establece que en un triángulo la razón entre el seno de un ángulo y el lado opuesto a ese ángulo es igual a la razón del seno de otro ángulo y su lado opuesto (Stewart et al. 2011):

$$\frac{\sin \alpha}{a} = \frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \gamma}{c}, \text{ entonces: } H = \frac{\sin \alpha * \sin \beta}{\sin(\beta - \alpha)} d$$

donde:

\*H= altura de la base de observación (H=altura de la montaña+altura del toldo).

\*Sin β= primer ángulo de elevación.

\*Sinα: ángulo de elevación tomado hacia atrás del primer ángulo de elevación.

\*d= distancia entre el primer y el segundo ángulo de elevación.

Se colocó el teodolito nivelado en la base del cerro lo más cerca posible de la línea de costa y apuntando hacia una de las esquinas superiores de la base del toldo de altura conocida para tomar medida del primer ángulo de elevación; se tomo otro ángulo de elevación en una posición hacia atrás de la primera toma, procurando medir la distancia entre la primera posición y la segunda . Se anotó la fecha y hora para restar o sumar la altura de la marea sobre el nivel medio del mar, la cual se obtuvo en la predicción de mareas del CICESE (<http://redmar.cicese.mx/nmar/predmar/>).

Finalmente la altura de la base se calculó de la siguiente forma:

Hbase = H – altura del todo ± altura de marea.

### **7.2.2. *Búsqueda del animal focal y seguimiento***

Para poder determinar los comportamientos de cada ballena azul se utilizó el etograma propuesto por Gendron (2010) para ser utilizado con el método desde tierra (Anexo IV). Se realizaron rondas de 30 minutos en tres diferentes posiciones: operador de computadora, observador (mediante el uso de binoculares) y descanso, de manera que todos pudieran participar en la búsqueda de ballena azul.

El observador en ronda observó la zona en busca de una ballena y avisó cada vez que la ballena emergía para respirar, anunciando la posición de acuerdo al compás de los binoculares, de tal manera que el operador del teodolito pudiese localizarla.

Una vez localizado el animal focal por el observador, el responsable del proyecto fungió como único operador del teodolito y el tercer voluntario como operador de la computadora en ronda, mientras que el observador en ronda se encargó de auxiliar al operador del teodolito en la localización del animal focal mediante los binoculares durante todo el seguimiento. A la par que el operador del teodolito localizaba la ballena, el operador de la computadora registraba el número de individuo del día (Bm1, Bm2, etc.). Una vez localizado el individuo por el operador del teodolito, éste le indicaba al operador de la computadora el comportamiento y emitía la señal para grabar la posición, cada vez que la ballena respiraba o procedía a realizar una inmersión.

En caso de haber embarcaciones interactuando se tomaban las posiciones de éstas durante los buceos largos de preferencia, y en caso de ser posible cuando los tiempos entre respiraciones de las ballenas eran largos. Además se procedió a identificar si la embarcación que interactuaba correspondía a una embarcación turística de avistamiento de ballena, embarcación de investigación, embarcación oportunista de pescadores, o embarcaciones que transitaban por la zona, tal como veleros o yates, ya que muchas embarcaciones de éste tipo se dirigen hacia la marina de Puerto Escondido, Loreto. Con la finalidad de aproximar la distancia de alcance de visibilidad, cuando se identificaba a la embarcación de investigación se le preguntó el número de avistamiento registrado en la embarcación de investigación



para después graficar usando el programa R, las posiciones del GPS tomadas en la embarcación y medir la distancia entre la posición de la base y la embarcación.

Finalmente, se dejaba de monitorear a la ballena cuando se perdía de vista; sólo entonces, se volvía a repetir el procedimiento para la búsqueda de un nuevo animal focal.

Los días en los cuales había más de dos ballenas en el área se decidió llevar un control en la bitácora que incluyera la fecha, hora, clave de registro del individuo, ángulo vertical y horizontal inicial y final de la emersión, dirección de nado, patrón de inmersión (*i.e.* si levanta la cola al bucear o no), para facilitar la toma de datos y evitar confundirse de individuo. Cabe mencionar que lo más importante fue anotar el ángulo vertical y la hora, ya que el ángulo vertical nos ayudaba a inferir sobre que individuo se estaba monitoreando, y la hora nos ayudaba a inferir un patrón de buceo para predecir a que tiempo emergería de nuevo el individuo.

Tanto como para los días en que se aplicaba el seguimiento focal, como para los días de mayor abundancia el horario de trabajo fue de 7 a.m hasta 6 p.m. antes de la puesta de sol, o hasta que las condiciones climatológicas lo permitieran.

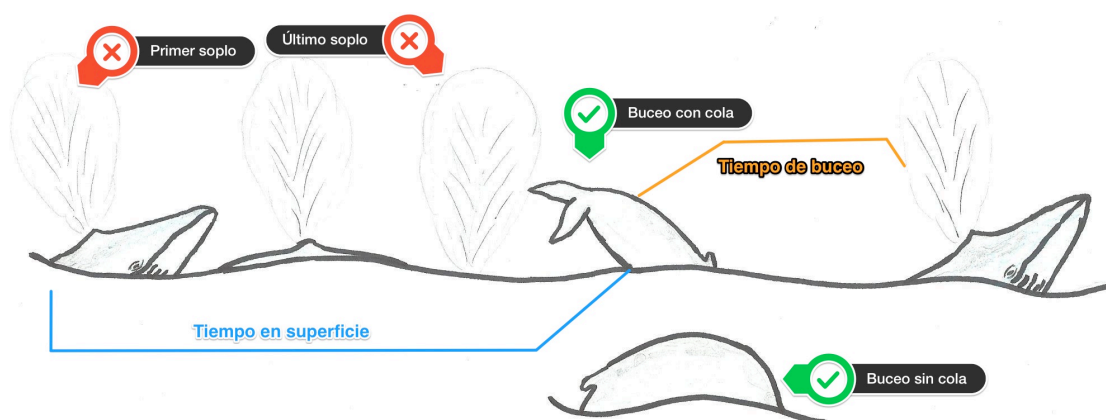
### **7.3. Cálculo de variables**

Los datos generados con ayuda del programa Pythagoras® corresponden a una secuencia de tiempos (HH:MM:SS) con sus respectivos datos (*i.e.* fecha, individuo, evento (buceo ó soplo), ángulo vertical, ángulo horizontal) guardados en Microsoft Access®. Se utilizó este mismo formato para la modificación de la base de datos del método en embarcación proporcionada por el Laboratorio de Ecología de Cetáceos y Quelonios del CICIMAR-IPN<sup>2</sup>; estas bases de datos se guardaron en archivos “.csv” para el posterior cálculo de las variables de ambos métodos en R de ambos métodos (R Core Team 2014).

---

<sup>2</sup> CICIMAR-IPN (Centro Interdisciplinario de Ciencias Marina-Instituto Politécnico Nacional). Av. Instituto Politécnico Nacional s/n Col. Playa Palo de Santa Rita, Apdo. Postal. 592, C.P.23096, La Paz, B.C.S., México.

El tiempo en superficie se definió como el intervalo de tiempo entre el primer soplo avistado y el tiempo registrado del evento de inmersión o buceo; mientras que el tiempo de buceo fue el intervalo de tiempo entre el evento de buceo registrado y el tiempo registrado del primer soplo avistado (Anexo IV; Figura 3). En cuanto el tiempo total del ciclo, éste equivalió a la suma del tiempo en superficie más el tiempo del buceo previo a dicho tiempo en superficie. Finalmente se procedió a calcular el número de soplos durante cada tiempo en superficie. El script utilizado para los cálculos de estas variables se pueden observar en el Anexo VI.



**Figura 3. Esquema de comportamientos observados.**

#### **7.4. Comparación de los métodos SFBT y SFE**

Se desarrollo un modelo (Anexo VII) para comparar las variables de comportamiento, el cual primero se aplicó a los datos que fueron colectados de los monitoreos paralelos (MP), con lo cual nos referimos a aquellos monitoreos en los cuales se utilizaron tanto la técnica SFBT como la técnica SFE para monitorear a un mismo individuo de ballena azul. Posteriormente el mismo modelo se aplicó para comparar las variables de los resultados totales adquiridos de la temporada 2013 por cada método individual (M2013).

Utilizando el modelo anteriormente mencionado, R®, WinBUGS® y la paquetería “R2WinBUGS”, se procedió a inferir mediante estadística bayesiana las

distribuciones de probabilidad posterior de la media y desviación estándar de cada variable para ambos métodos de colecta de datos (*i.e.* SFBT y SFE); posteriormente se obtuvo la distribución de probabilidad posterior de la diferencia de medias y desviaciones estándar de ambos métodos para cada variable con los datos de MP para analizar si ambos métodos proporcionaron datos similares, y después con los datos totales de M2013 con la finalidad de inferir algún posible efecto de las embarcaciones (de investigación y turismo) y ver como estas afectan el cálculo de las variables para la especie, tomando en cuenta que sólo una porción de nuestros datos fueron adquiridos durante la presencia de algún tipo de embarcación (turísticas o de investigación), y que sus datos por la misma naturaleza del método siempre fueron adquiridos durante la presencia de una embarcación; para esto se tomó en cuenta lo siguiente:

(1) Debido a que no existen investigaciones previas para esta subpoblación en la misma zona de estudio, y que los reportes existentes son de estudios realizados en zonas con diferentes variables ambientales, temporales y de comportamiento, se decidió utilizar una distribución previa no informativa (Anexo VII).

(2) Las variables abarcan números reales, cuya distribución es asimétrica positiva o negativa, por lo cual se definió una distribución de verosimilitud logarítmica-normal (Johnson et al. 2005).

#### **7.5. Comparación de los seguimientos con embarcación vs sin embarcación de los datos obtenidos mediante el SFBT.**

Por otra parte se generó otro modelo (Anexo VIII) el cual se aplicó únicamente a los datos de M2013 con el método SFBT con la finalidad de comparar aquellos datos en los cuales se observaron algún tipo de embarcación contra los datos en los que no se observó ninguna embarcación, para poder inferir si hay efecto de las embarcaciones en el patrón de comportamiento de la ballena azul que visita el Golfo de California. Para este modelo también se tomó en cuenta los dos puntos mencionados para el modelo anterior y de igual forma se calculó la distribución de probabilidad posterior de la media y desviación estándar para cada variable y la

diferencia entre cada parámetro de ambos tipos de muestreo (i.e. con embarcación y sin embarcación).

### **7.6. Aproximación del alcance de visibilidad del teodolito con dos métodos.**

Utilizando la formula modificada propuesta por Gailey & Ortega-Ortiz (2000) se procedió a calcular la distancia de la estación al horizonte con la finalidad de aproximar la distancia de alcance de visibilidad del instrumento tomando en cuenta la altura de la base:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{\sqrt{2hR_E + h^2}}{R_E}\right)$$

$$H = \alpha \cdot R_E$$

Donde:

\*Alfa es el ángulo del horizontal (90°) al horizonte y el ángulo arc. central del horizonte a la base de observación.

\* $h$  es la altura de la base o altitud.

\* $R_E$  es el radio de la tierra ( $6.371 \times 10^6$  m)

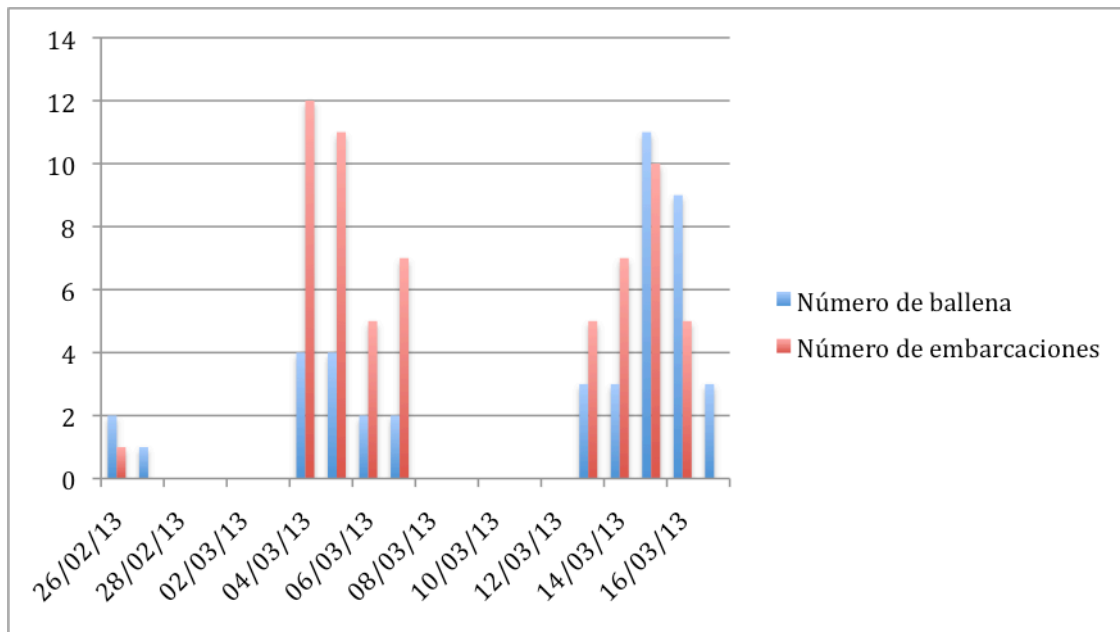
Por otra parte se procedió a registrar el número de avistamiento en embarcación de investigación cada vez que ésta era identificada en un monitoreo paralelo, con la finalidad de aproximar la distancia a la cual puede distinguirse la embarcación de investigación de las embarcaciones turísticas de avistamiento de ballena; para ello se utilizaron las coordenadas de posición tomadas con el GPS en la embarcación de investigación y la posición GPS de la base en tierra, se calculó la distancia entre los puntos de la embarcación y la base utilizando el software de uso libre R y la paquetería 'Imap' para dicho software (Anexo IX).

## 8. Resultados

Los días de monitoreo en esta temporada se encontraron limitados por las condiciones ambientales adversas que son comunes durante el invierno (*i.e.* fuertes vientos del norte, vientos del sur y neblina); por lo que sólo fue posible realizar monitoreos durante 11 días. Dos de los 11 días de monitoreo se realizaron en condiciones en las cuales la embarcación de investigación no pudo salir a realizar seguimientos debido al viento.

Los seguimientos logrados fueron en su mayoría avistamientos focales, excepto aquellos pertenecientes a los días 15 y 16 de marzo en los cuales debido a la gran cantidad de ballenas (Figura 4) en el área fue imposible realizar seguimientos focales, por lo cual se implementó otra logística de muestreo para los días de mayor abundancia. Se obtuvo un total de 59 seguimientos de los cuales sólo 44 con un total de 31.98 horas fueron viables para el cálculo de variables y análisis de datos; cuatro de estos seguimientos fueron realizados en monitoreo paralelo a la embarcación de investigación (Anexo V).

Aún cuando en esta investigación no se abordan de forma detallada los efectos que las embarcaciones de turismo puedan tener sobre el comportamiento de la ballena azul, importa mencionar para investigaciones futuras que la adquisición de datos de comportamiento “natural” (*i.e.* sin la presencia de embarcación alguna), es posible en su mayoría al principio y al final de la temporada, ya que en el transcurso de ésta, la cantidad de embarcaciones de turismo de avistamiento de ballenas fue variable, habiendo una mayor cantidad de embarcaciones paralela al aumento de ballenas (Figura 4). De los 44 seguimientos viables, el 59.09% presentó interacción con embarcación de turismo, de investigación o ambas.



**Figura 4. Número de ballenas y embarcaciones monitoreadas por día.**

En cuanto a los datos de comportamiento obtenidos con el método SFE, éstos fueron un total de 14 seguimientos para la temporada 2013 con un total de 65 horas.

### **8.1. Comparación de los métodos base en tierra y base en embarcación**

El promedio y la desviación estándar de la duración de los ciclos obtenidos con el método SFBT resultaron mayores que los obtenidos con los datos de SFE, tanto para los MP como para los M2013 (Tabla II); los promedios de duración de ciclo para el método SFBT fueron 8.85 y 8.92 minutos para los MP y M2013 respectivamente (Tabla II y Figura 5); mientras que para el método SFE estos son 7.93 para el MP y 8.81 minutos para el M2013 (Tabla I y Figura 5).

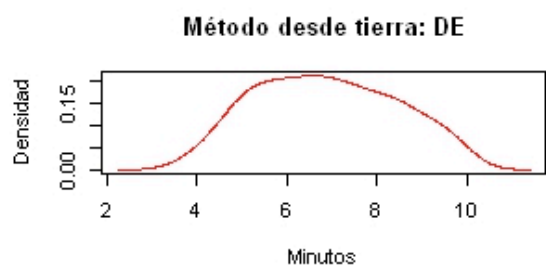
**Tabla II. Resultados de las distribuciones de probabilidad posterior de la  
comparación entre métodos.**

Datos utilizados	Variable	X (min)	DE (min)	Mediana (min)	Intervalo de credibilidad al 95% (min)
<b>MP</b>	<b>Tiempo en superficie:</b>				
	<i>Tierra</i>				
	-Promedio	1.14	0.06	1.14	1.02 – 1.28
	-Desviación estándar	1.21	0.10	1.22	1.03 – 1.39
	<i>Embarcación</i>				
	- Promedio	2.08	0.04	2.08	1.98 – 2.17
	-Desviación estándar	1.18	0.01	1.18	1.15 – 1.22
	<i>Diferencia</i>				
	-Promedio	1.82	0.11	1.82	1.60 – 2.04
	-Desviación estándar	0.97	0.08	0.97	0.84 – 1.14
<b>M2013</b>	<b>Tiempo en superficie:</b>				
	<i>Tierra</i>				
	-Promedio	1.13	0.02	1.13	1.09 – 1.20
	-Desviación estándar	1.14	0.02	1.13	1.10 – 1.20
	<i>Embarcación</i>				
	- Promedio	1.96	0.03	1.96	1.89 – 2.03
	-Desviación estándar	1.26	0.01	1.26	1.23 – 1.29
	<i>Diferencia</i>				
	-Promedio	1.72	0.05	1.73	1.61 – 1.81
	-Desviación estándar	1.10	0.02	1.10	1.04 – 1.15
<b>MP</b>	<b>Tiempo de buceo:</b>				
	<i>Tierra</i>				
	-Promedio	6.80	1.07	6.81	4.68 – 8.96
	-Desviación estándar	8.98	1.79	9.10	5.60 – 11.83
	<i>Embarcación</i>				
	- Promedio	3.89	0.42	3.89	3.03 – 4.75
	-Desviación estándar	7.63	0.95	7.83	5.59 – 8.94
	<i>Diferencia</i>				
	-Promedio	0.58	2.33	0.57	0.39 – 0.89
	-Desviación estándar	0.88	0.12	0.83	0.55 – 1.44
<b>M2013</b>	<b>Tiempo de buceo:</b>				
	<i>Tierra</i>				
	-Promedio	7.22	0.44	7.18	6.39 – 8.11
	-Desviación estándar	6.25	0.85	6.18	4.81 – 8.03
	<i>Embarcación</i>				
	- Promedio	4.13	0.26	4.13	3.59 – 4.67
	-Desviación estándar	6.73	0.24	6.79	6.11 – 6.99
	<i>Diferencia</i>				
	-Promedio	0.57	0.05	0.57	0.48 – 0.67
	-Desviación estándar	1.09	0.15	1.09	0.82 1.42
<b>MP</b>	<b>Tiempo de ciclo:</b>				
	<i>Tierra</i>				
	-Promedio	8.85	1.20	8.85	6.51 – 11.31
	-Desviación estándar	6.87	1.54	6.80	4.17 – 9.79
	<i>Embarcación</i>				
	- Promedio	7.93	0.72	7.88	6.57 – 9.35

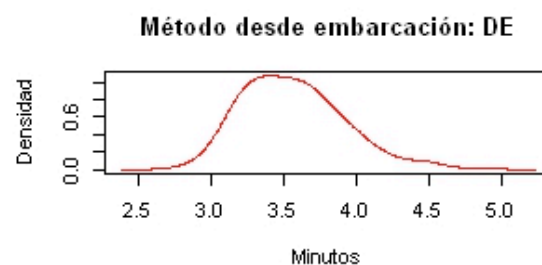
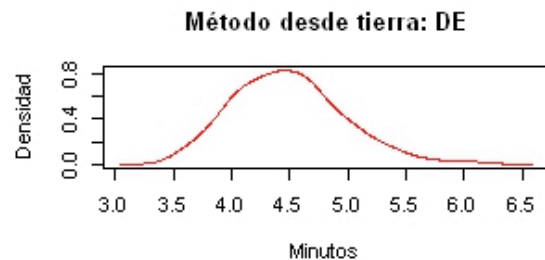
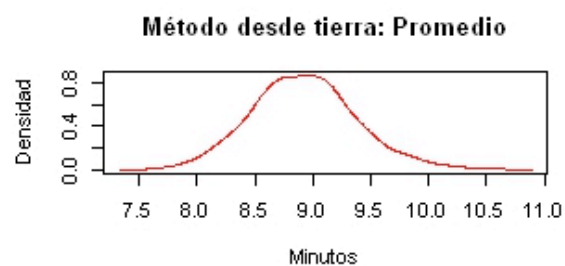
	-Desviación estándar	4.07	0.68	4.01	2.92 – 5.61
	<i>Diferencia</i>				
	-Promedio	0.91	0.15	0.89	0.65 – 1.29
	-Desviación estándar	0.62	0.18	0.59	0.35 – 1.07
<b>M2013</b>	<b>Tiempo de ciclo:</b>				
	<i>Tierra</i>				
	-Promedio	8.92	0.44	8.91	8.10 – 9.88
	-Desviación estándar	4.48	0.47	4.44	3.66 – 5.53
	<i>Embarcación</i>				
	- Promedio	8.81	0.42	8.80	8.03 – 9.71
	-Desviación estándar	3.56	0.35	3.53	3.00 – 4.45
	<i>Diferencia</i>				
	-Promedio	0.99	0.06	0.98	0.85 – 1.13
	-Desviación estándar	0.80	0.11	0.79	0.60 – 1.04
<b>MP</b>	<b>Soplos por emersión:</b>				
	<i>Tierra</i>				
	-Promedio	4.00	0.52	4.01	3.03 – 5.09
	-Desviación estándar	4.03	0.59	4.09	2.85 – 4.94
	<i>Embarcación</i>				
	- Promedio	8.94	0.18	8.95	8.52 – 9.28
	-Desviación estándar	1.58	0.06	1.58	1.49 – 1.71
	<i>Diferencia</i>				
	-Promedio	2.27	0.31	2.23	1.75 – 2.99
	-Desviación estándar	0.40	0.06	0.38	0.31 – 0.56
<b>M2013</b>	<b>Soplos por emersión:</b>				
	<i>Tierra</i>				
	-Promedio	4.22	0.18	4.23	3.87 – 4.57
	-Desviación estándar	3.10	0.10	3.12	2.84 – 3.22
	<i>Embarcación</i>				
	- Promedio	8.67	0.16	8.67	8.35 – 8.98
	-Desviación estándar	2.03	0.06	2.03	1.90 – 2.17
	<i>Diferencia</i>				
	-Promedio	2.05	0.09	2.05	1.88 – 2.26
	-Desviación estándar	0.65	0.03	0.65	0.60 – 0.72



a)

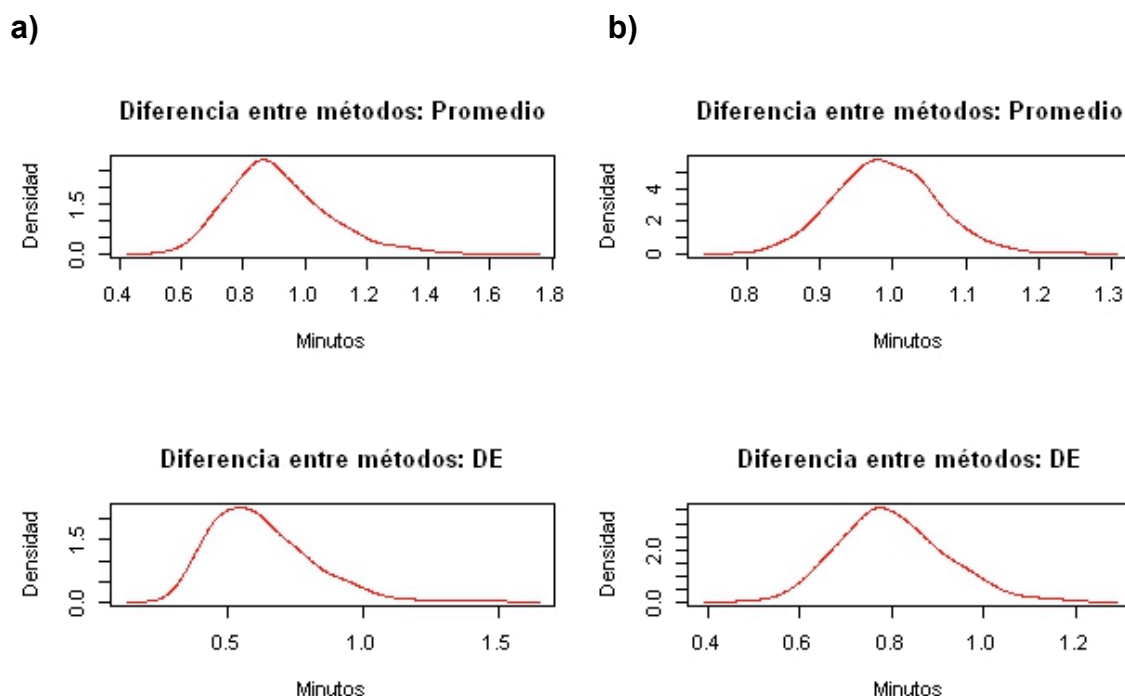


b)



**Figura 5. Distribuciones de probabilidad posterior de los promedios y desviaciones estándar de la duración de ciclo: MP (a) y M2013 (b).**

El análisis para comparar esta variable entre los métodos, muestra que la distribución de los datos obtenidos es diferente para ambos métodos, tanto para los datos de MP como para los de M2013 (Tabla II y **Figura 6**), ya que existe un 95% de probabilidad de que la diferencia en la duración de esta variable fluctúe entre 1.60 y 2.04 minutos para los datos de MP, mientras que para los datos de M2013 ésta fluctúa entre 1.61 y 1.81 minutos (Tabla II y **Figura 6**).

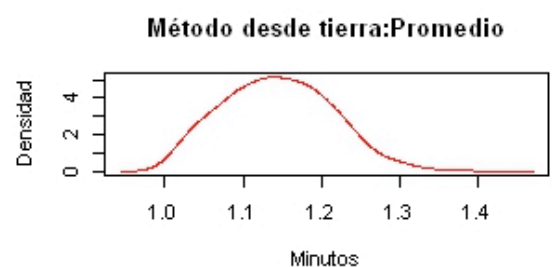


**Figura 6. Distribuciones de probabilidad posterior de los promedios (figuras superiores) y desviaciones estándar (figuras inferiores) de la comparación de duración de ciclo entre métodos: MP (a) y M2013 (b).**

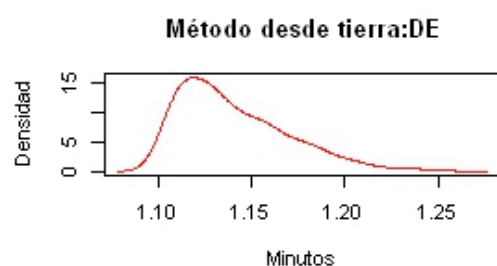
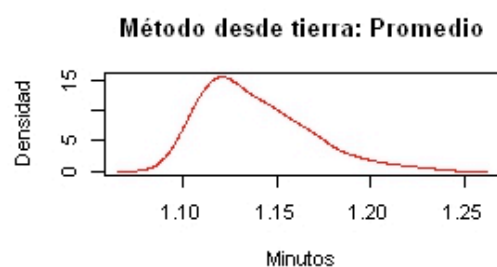
El promedio del tiempo en superficie fue mayor con el método SFE que con el SFBT. Éste fue de 1.14 minutos para los datos del SFBT, y 2.08 minutos para los datos obtenidos del SFE con los datos de MP (Tabla II y Figura 7); mientras que para los datos de M2013 éste es 1.13 minutos para los datos obtenidos con el SFBT y 1.96 minutos para los datos del SFE (Tabla II y Figura 7). Sin embargo puede apreciarse que la dispersión de los datos de tiempo en superficie es menor en el

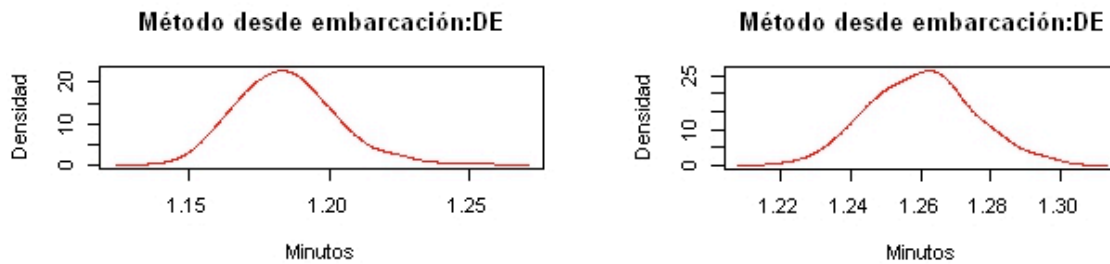
método SFE para los datos MP, mientras que en los datos de M2013 la dispersión es mayor con el método SFE, lo cual puede observarse en la Tabla II .

a)



b)

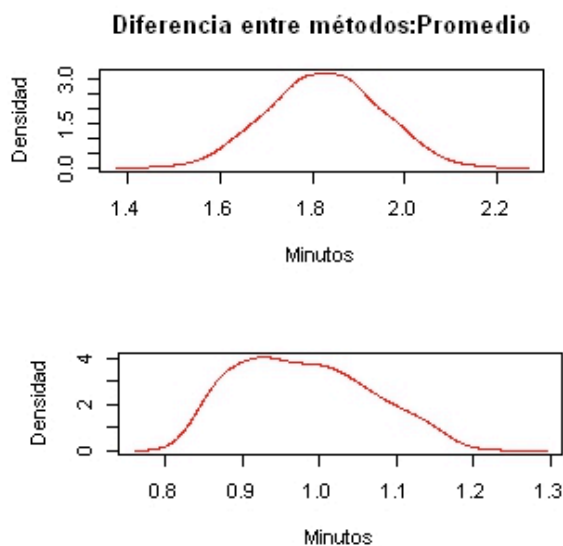




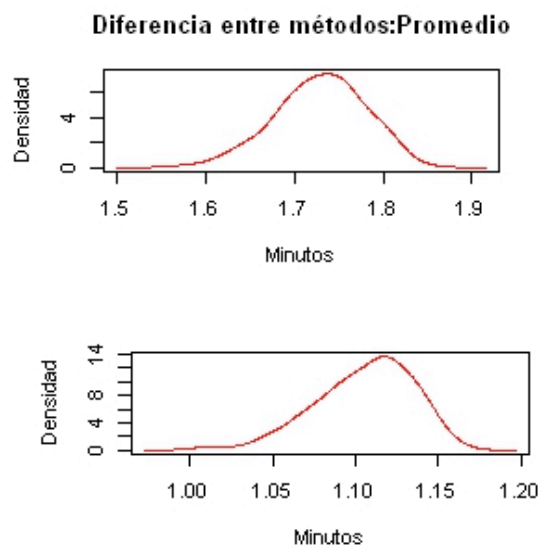
**Figura 7. Distribuciones de probabilidad posterior de los promedios y desviaciones estándar del tiempo en superficie: MP (a) y M2013 (b).**

La distribución de probabilidad posterior de la diferencia entre los métodos con esta variable muestra que las distribuciones de los datos obtenidos no son similares, pues existe una probabilidad del 95% de que los datos de tiempo en superficie difieran entre métodos con un valor de 1.60 a 2.04 minutos para los datos de MP (Tabla II y Figura 8), mientras que para M2013 este intervalo va de 1.61 a 1.81 minutos (Tabla II y Figura 8).

a)



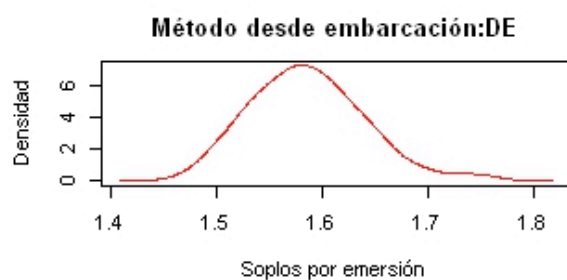
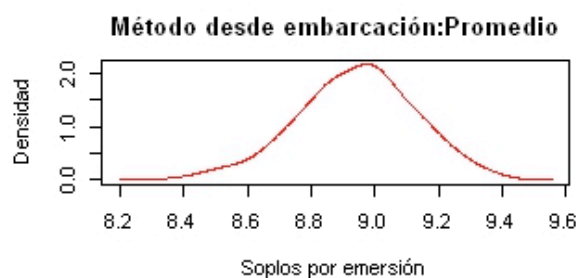
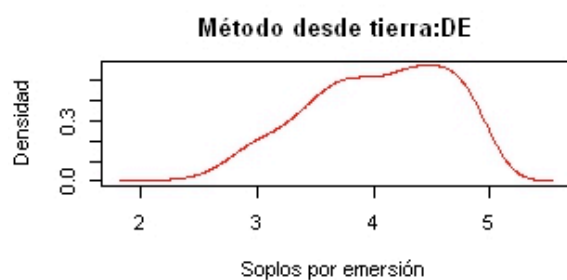
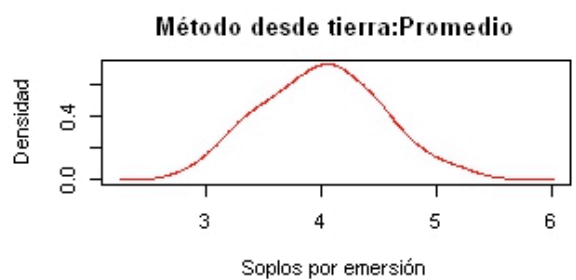
b)



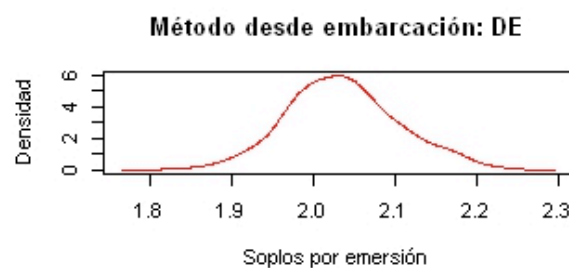
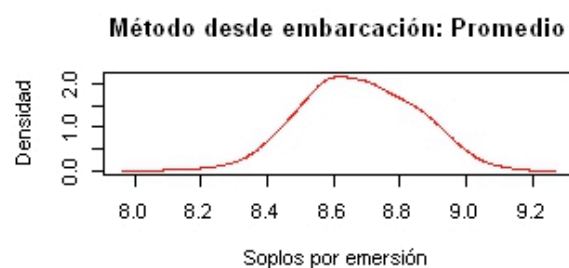
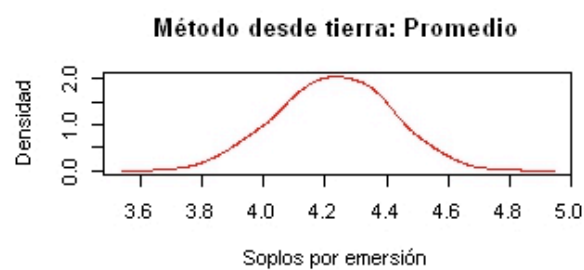
**Figura 8. Distribuciones de probabilidad posterior de los promedios (figuras superiores) y desviaciones estándar (figuras inferiores) de la comparación de tiempo en superficie entre métodos: seguimientos paralelos (a) y seguimientos de la temporada 2013 (b).**

El promedio de número de soplos por emersión presentó el mismo patrón que el tiempo en superficie, siendo mayor el número de soplos por emersión en los datos del SFE tanto para los datos de MP como para los datos de M2013 (Tabla II y Figura 9); sin embargo, los datos de SFE presentan una menor dispersión (Tabla II).

a)

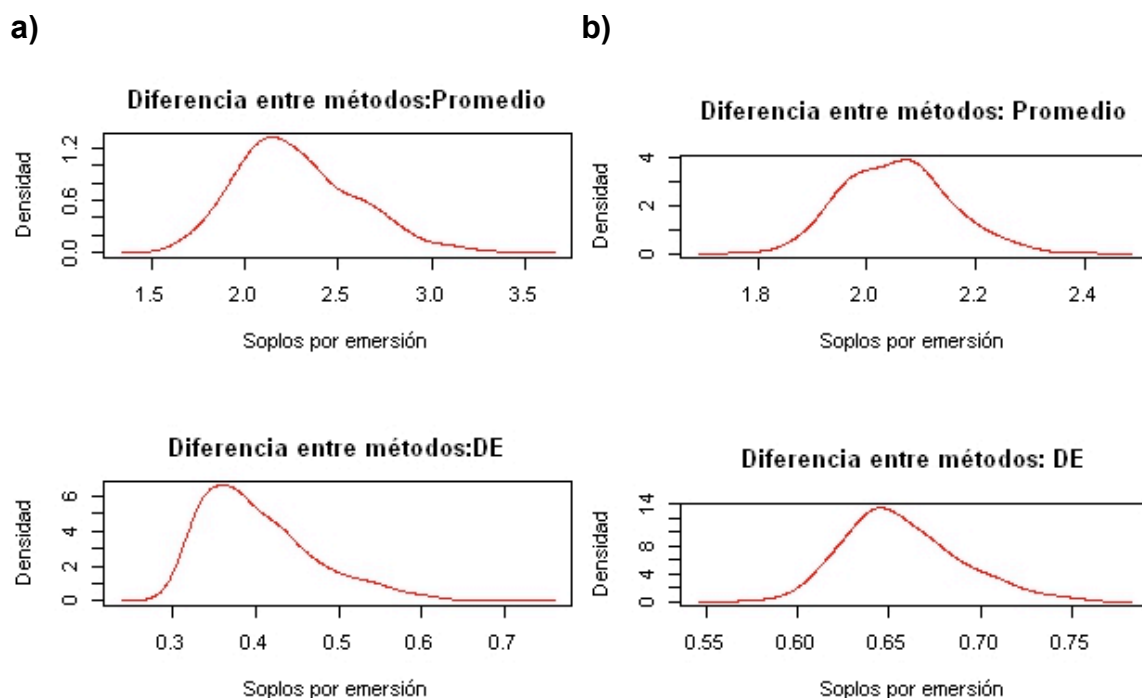


b)



**Figura 9. Distribuciones de probabilidad posterior de los promedios y desviaciones estándar de soplos por emersión: MP (a) y M2013 (b).**

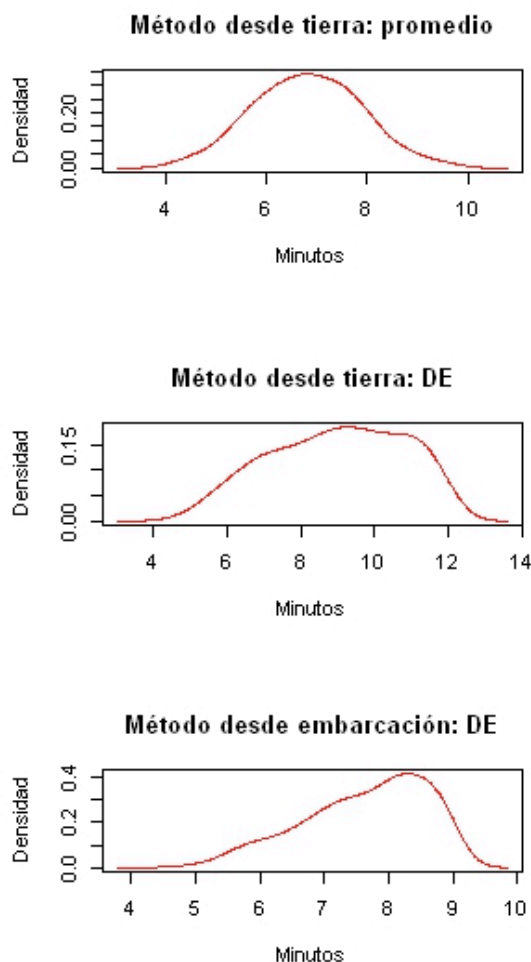
De acuerdo con los resultados de la diferencia entre métodos, existe un 95% de probabilidad de que el número de soplos por emersión difiera entre métodos con un valor de 1.75 a 2.99 soplos para los datos de MP, mientras que para los datos de M2013 este intervalo de credibilidad va de 1.88 a 2.26 soplos (Tabla II y Figura 10); por lo cual las distribuciones de los datos de esta variable para cada con cada método se consideran diferentes.



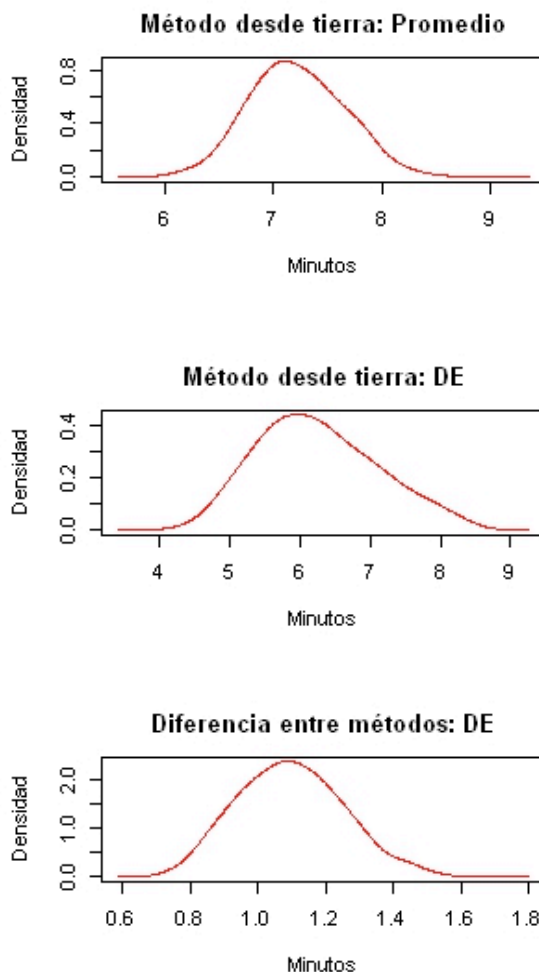
**Figura 10. Distribuciones de probabilidad posterior de los promedios (figuras superiores) y desviaciones estándar (figuras inferiores) de la comparación de número de soplos por emersión entre métodos: MP(a) y M2013 (b).**

En cuanto a los tiempos de buceo, el promedio fue mayor con los datos obtenidos con el SFBT que con los datos de SFE, siendo los promedios del método desde tierra 7.22 y 8.85 minutos para los datos de MP y de M2013 respectivamente (Tabla II y Figura 11); mientras que para el SFE estos resultaron ser 4.13 y 7.93 minutos (Tabla II y Figura 11). La dispersión de los datos de tiempos de buceo obtenidos mediante el método SFBT, es menor en los MP mientras que en los M2013 ésta es mayor.

a)



b)

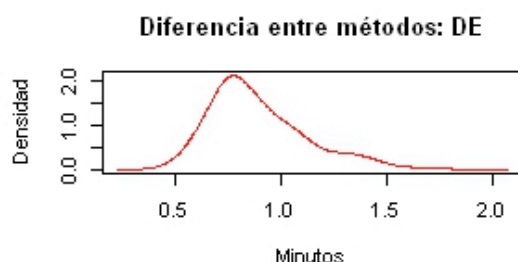


**Figura 11. Distribuciones de probabilidad posterior de los promedios y desviaciones estándar de tiempo de buceo: MP (a) y M2013 (b).**

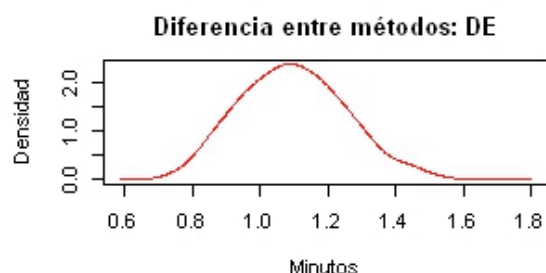
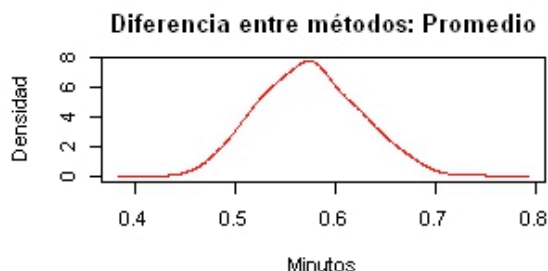
Finalmente la comparación de ésta última variable entre los métodos también indica que las distribuciones de los datos obtenidos por ambos métodos son diferentes, ya que existe un 95% de probabilidad de que la diferencia de tiempo sea de 0.39 a 0.89 minutos para los datos de MP, mientras que para los de M2013 el intervalo va de 0.48 a 0.67 minutos (Tabla II y Figura 12).



a)



b)



**Figura 12. Distribuciones de probabilidad posterior de los promedios (figuras superiores) y desviaciones estándar (figuras inferiores) de la comparación de tiempo de buceo entre métodos: MP (a) y M2013 (b).**

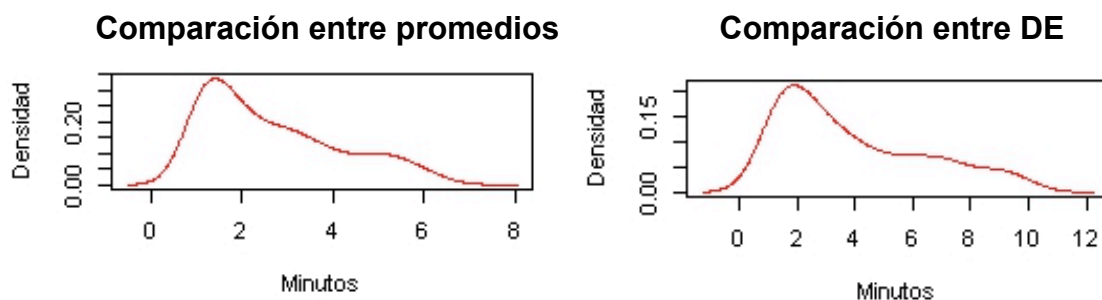
## 8.2. Comparación de los seguimientos con embarcación vs sin embarcación de los datos obtenidos mediante el método SFBT.

Para la variable de tiempo en superficie se observa que las distribuciones de probabilidad posterior de los datos de ambos tipos de seguimiento (con y sin embarcación) son diferentes, ya que existe un 95% de probabilidad de que los datos difieran entre 0.93 a 5.93 minutos (Tabla III y Figura 13), siendo mayor el tiempo en superficie para los seguimientos en los cuales no había embarcaciones que para aquellos en los que había algún tipo de embarcación (Tabla III).

**Tabla III. Resultados de las distribuciones de probabilidad posterior de la comparación entre datos con embarcación y sin embarcación adquiridos con el método base en tierra.**

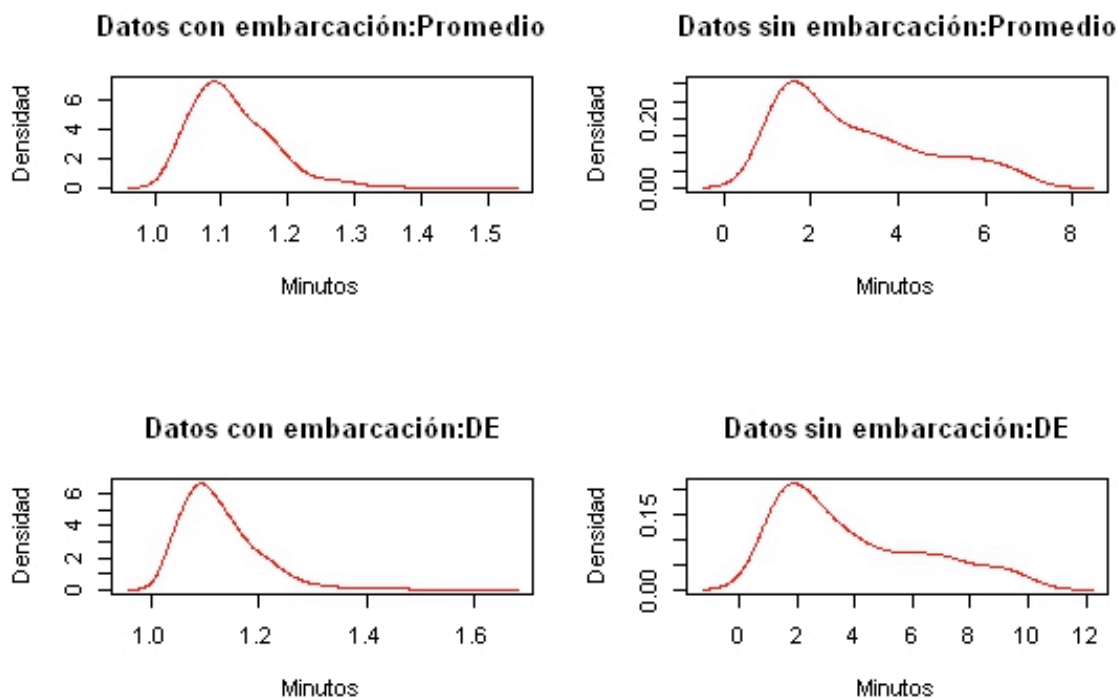
Variables	Seguimiento	X (min)	DE (min)	Mediana (min)	Intervalo de credibilidad al 95% (min)
<b>Tiempo en superficie</b>	<b>Con embarcación</b>				
	-Promedio	1.11	0.06	1.10	1.02 – 1.27
	-Desviación estándar	1.12	0.07	1.11	1.03 – 1.29
	<b>Sin embarcación</b>				
	-Promedio	2.97	1.65	2.45	1.04 – 6.62
	-Desviación estándar	3.90	2.51	3.11	1.03 – 9.43
	<b>Diferencia</b>				
	-Promedio	2.67	1.48	2.22	0.93 – 5.93
	-Desviación estándar	3.48	2.26	2.73	0.93 – 8.53
<b>Soplos por emersión</b>	<b>Con embarcación</b>				
	-Promedio	4.21	0.28	4.18	3.66 – 4.82
	-Desviación estándar	3.63	0.47	3.56	2.90 – 4.72
	<b>Sin embarcación</b>				
	-Promedio	4.85	0.42	4.82	4.10 – 5.73
	-Desviación estándar	3.66	0.62	3.55	2.75 – 5.22
	<b>Diferencia</b>				
	-Promedio	1.15	0.12	1.15	0.91 – 1.43
	-Desviación estándar	1.02	0.21	0.99	0.66 – 1.52
<b>Tiempo de buceo</b>	<b>Con embarcación</b>				
	-Promedio	6.60	0.47	6.58	5.69 – 7.58
	-Desviación estándar	5.81	1.06	5.63	4.29 – 8.57
	<b>Sin embarcación</b>				
	-Promedio	5.11	3.79	3.84	1.05 – 14.28
	-Desviación estándar	4.54	3.20	3.50	1.04 – 12.03
	<b>Diferencia</b>				
	-Promedio	0.77	0.57	0.58	0.16 – 2.16
	-Desviación estándar	0.80	0.59	0.61	0.16 – 2.31
<b>Tiempo de ciclo</b>	<b>Con embarcación</b>				
	-Promedio	8.18	0.52	8.16	7.15 – 9.20
	-Desviación estándar	4.42	0.60	4.33	3.47 – 5.93
	<b>Sin embarcación</b>				
	-Promedio	10.55	0.84	10.52	9.03 – 12.28
	-Desviación estándar	4.59	0.85	4.42	3.34 – 6.66
	<b>Diferencia</b>				
	-Promedio	1.29	0.12	1.29	1.06 – 1.56

	-Desviación estándar	1.05	0.24	1.00	0.68 – 1.63
--	----------------------	------	------	------	-------------



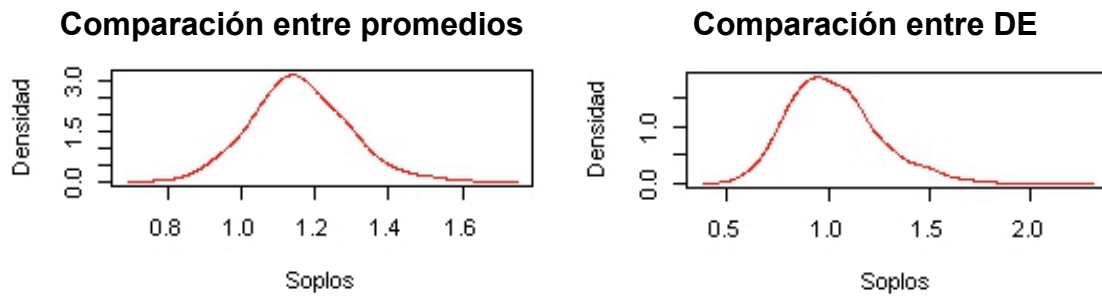
**Figura 13. Distribuciones de probabilidad posterior del promedio y desviación estándar de la comparación de tiempo en superficie entre seguimientos con embarcación y sin embarcación.**

El promedio de tiempo en superficie para los seguimiento con embarcación fue de 1.11 minutos, mientras que para aquellos seguimientos sin embarcación este fue de 2.97 minutos (Tabla III y Figura 14). La dispersión de los datos también es mayor en los seguimientos sin embarcación como puede observar se la Tabla III y Figura 14.

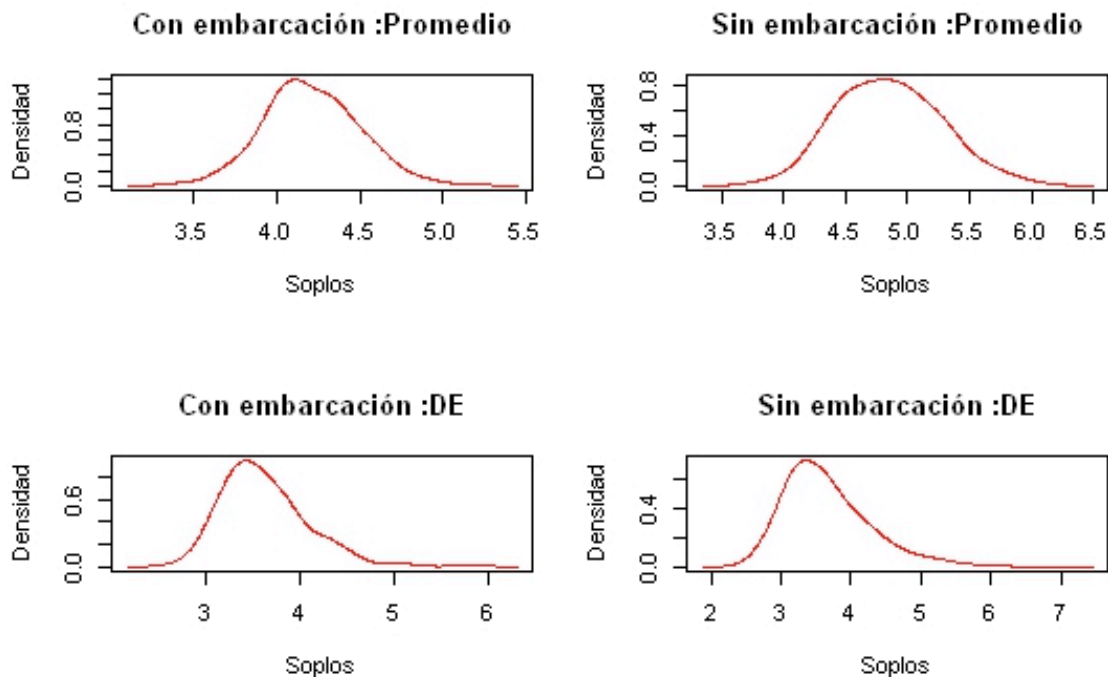


**Figura 14. Distribuciones de probabilidad posterior de los promedios y desviaciones estándar de tiempo en superficie de los seguimientos con y sin embarcación.**

Los soplos por emersión siguen el mismo patrón que el tiempo en superficie. Ambos tipos de seguimiento muestran distribuciones de probabilidad posterior diferentes, el intervalo de credibilidad al 95% indica que una diferencia que va de 0.91 a 1.43 soplos (Tabla III y Figura 15); así como un promedio y una desviación estándar mayor para los seguimientos sin embarcación, siendo el promedio de 4.85 soplos por emersión para los seguimientos sin embarcaciones, mientras que para los seguimientos con embarcaciones éste es 4.21 soplos por emersión (Tabla III y Figura 16).

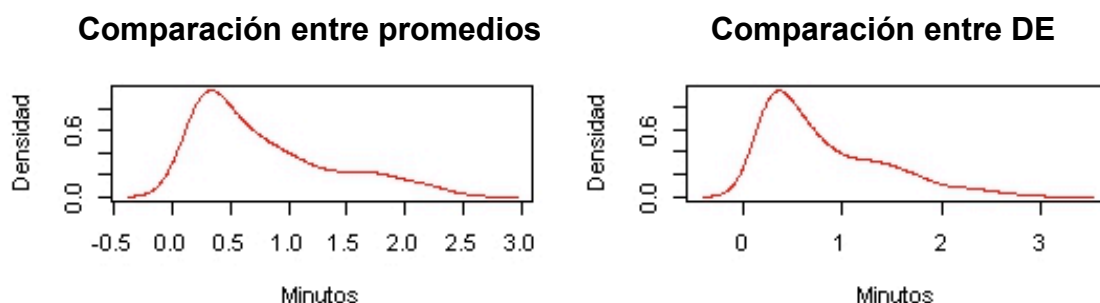


**Figura 15. Distribuciones de probabilidad posterior del promedio y desviación estándar de la comparación de soplos por emersión entre seguimientos con embarcación y sin embarcación.**

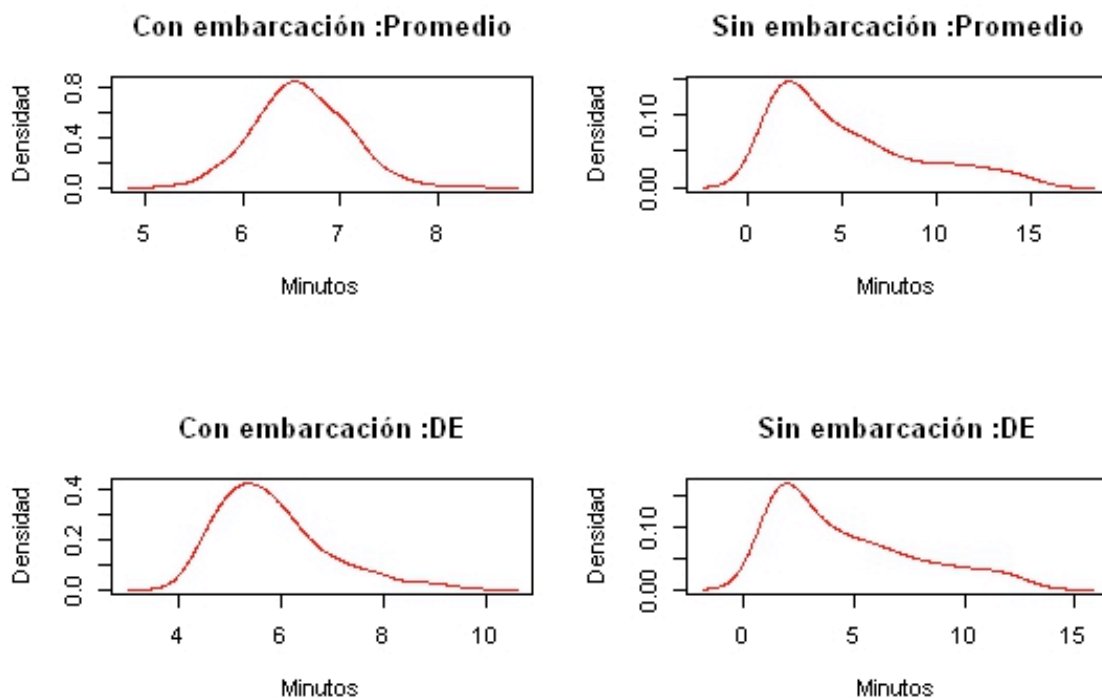


**Figura 16. Distribuciones de probabilidad posterior de los promedios y desviaciones estándar de soplos por emersión de los seguimientos con y sin embarcación.**

Las distribuciones de probabilidad posterior de los tiempos de buceo también son diferentes, pues el intervalo de credibilidad al 95% indica que los datos difieren entre 0.16 a 2.16 minutos (Tabla III y Figura 17). Se observa que el promedio y las desviación estándar del tiempo de buceo es mayor en presencia de embarcaciones, siendo el promedio de 6.60 minutos, mientras que para los seguimientos sin embarcaciones el promedio es 5.11 minutos (Tabla III y Figura 18).

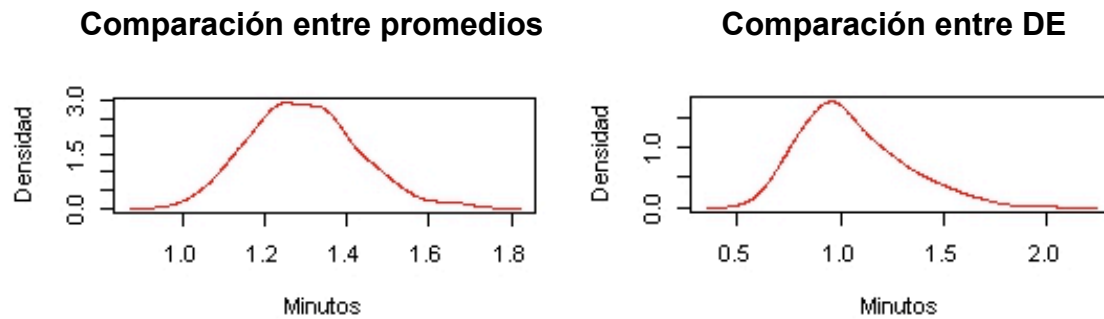


**Figura 17. Distribuciones de probabilidad posterior del promedio y desviación estándar de la comparación de tiempos de buceo entre seguimientos con embarcación y sin embarcación.**

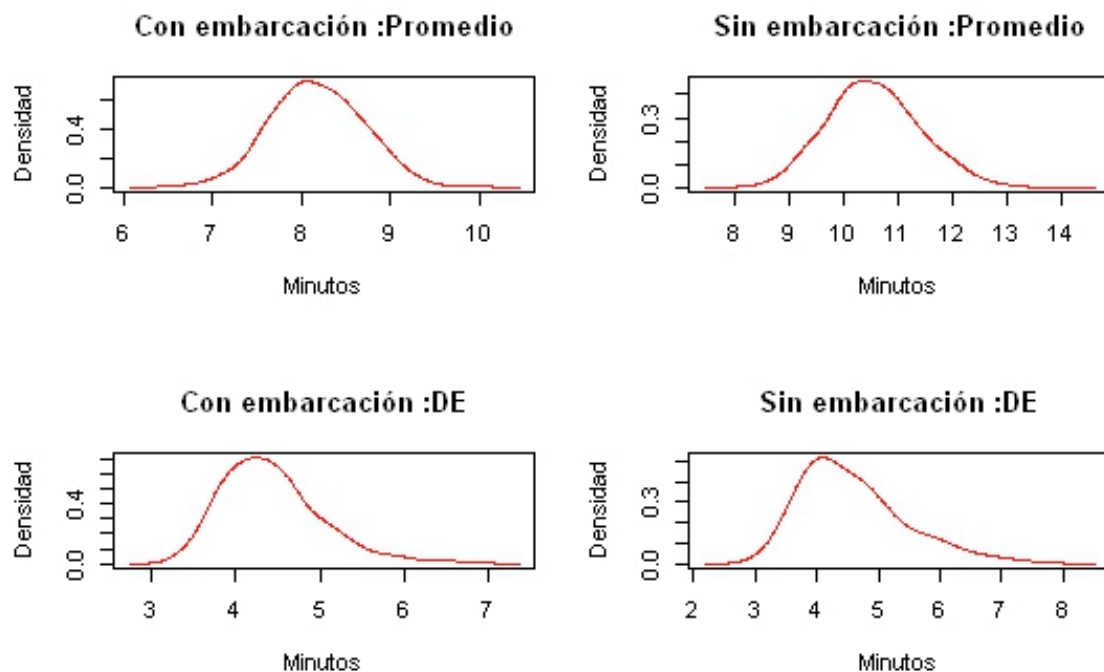


**Figura 18. Distribuciones de probabilidad posterior de los promedios y desviaciones estándar de tiempos de buceo de los seguimientos con y sin embarcación.**

Finalmente para la duración de ciclo también se observaron distribuciones de probabilidad posteriores diferentes, de acuerdo con el intervalo de 95% de credibilidad los datos varían entre 1.06 a 1.56 minutos (Tabla III y Figura 19). Los seguimientos sin embarcaciones mostraron ciclos de mayor duración y con mayor dispersión, con un promedio de 10.55 minutos, mientras que para los seguimientos con embarcaciones este es de 8.18 minutos tal como se observa en la Tabla III y la Figura 20.



**Figura 19. Distribuciones de probabilidad posterior del promedio y desviación estándar de la comparación de tiempos de duración de ciclo entre seguimientos con embarcación y sin embarcación.**

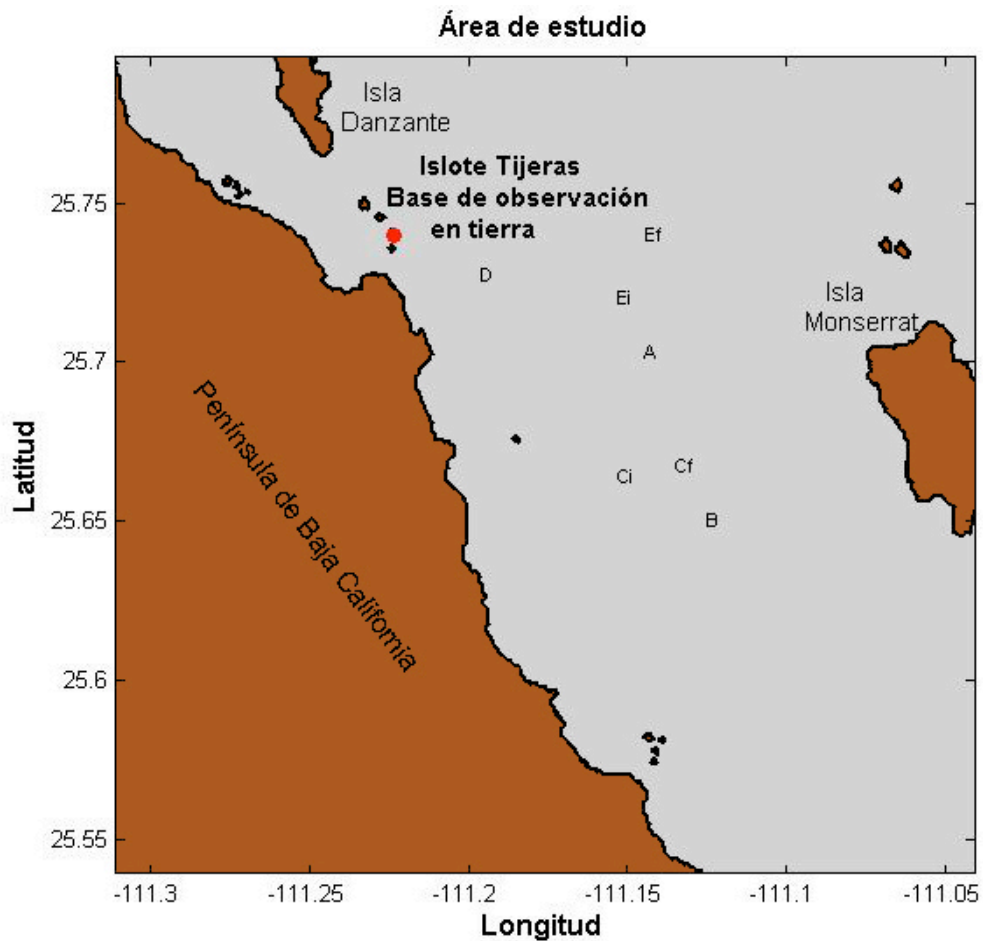


**Figura 20. Distribuciones de probabilidad posterior de los promedios y desviaciones estándar de tiempos de duración de ciclo de los seguimientos con y sin embarcación.**



### 8.3. Aproximación del alcance de visibilidad con el teodolito

El alcance de visibilidad del instrumento resultó de 30.42 km para una altura de 72.64 m. Sin embargo la distancia máxima a la cual era posible distinguir la embarcación de investigación de aquellas de turismo fue de 14.041 km., distancia que corresponde al seguimiento B (Tabla IV y Figura 21).



**Figura 21. Seguimientos realizados paralelos a la embarcación de investigación.**

**Tabla IV. Distancia en kilómetros entre la embarcación de investigación y la base en tierra.**

<b>Trayecto</b>	<b>Distancia (kilómetros)</b>
LB a A	8.88
LB a B	14.041
LB a Ci (e.i. Ci es el inicio del seguimiento)	10.99
LB a Cf (e.i. Cf es el final del seguimiento)	12.01
LB al D	3.11
LB a Ei (e.i. Ei es el inicio del seguimiento)	7.41
LB a Ef (e.i. Ef es el final del seguimiento)	7.97

## 9. Discusión

Los resultados muestran que ambos métodos son diferentes en la obtención de datos de comportamiento, ya que en la comparación de las distribuciones posteriores de las variables ninguna posee una distribución similar (Tabla II, **Figura 6**, Figura 8, Figura 10, Figura 12); los promedios de tiempos de buceo obtenidos mediante el SFBT son más parecidos a los datos de tiempos de buceo reportados por Lagerquist et al. (2000), Croll et al. (2005) y Goldbogen et al. (2011), quienes usando radio transmisores satelitales determinaron que este lapso de tiempo va de los 5.7 a los 8.8 minutos (Tabla V). Por otra parte el promedio de tiempo de buceo obtenido mediante el SFE es más parecido al promedio reportado por Lagerquist et al. (2000) utilizando SFE y al reportado por Croll et al. (2001) utilizando radio transmisor VHF durante el comportamiento de no alimentación. En cuanto a los tiempos en superficie y número de soplos, los promedios obtenidos con el SFBT son más cercanos a lo reportado por Lagerquist et al. (2000) y Goldbogen et al. (2011), tal como se observa en la Tabla V. Mientras que los promedios de tiempo en superficie y soplos obtenidos con el SFE son mayores a lo reportado en investigaciones previas, las cuales se pueden observar en la Tabla V.

Estas diferencias pueden deberse a muchos factores asociados a las observaciones visuales, tal como el inadecuado manejo del equipo para grabar los comportamientos, las emersiones perdidas por el observador debido a la dificultad para predecir en donde el animal va a salir, ya que es de conocimiento que la ballena azul es uno de los rorcuales que nada a gran velocidad por lo que puede cubrir grandes distancias en poco tiempo (Ford & Reeves 2008; De Vos et al. 2013). Otros factores que causan variación en los resultados de los métodos visuales son el requerimiento de buenas condiciones meteorológicas que permitan buena visibilidad, el hecho de que los datos de superficie sean tomados en una pequeña porción de tiempo, el área geográfica, la presencia de múltiples embarcaciones en el área (De Vos et al. 2013; Lagerquist et al. 2000; Aragonés et al. 1997; Leatherwood et al. 1982; Joyce 1990); este último factor fue determinante al menos para el SFBT en algunas ocasiones,

pues se llegó a contabilizar un máximo de 5 embarcaciones cercanas al individuo que impedían en ocasiones el correcto posicionamiento del animal (Anexo V).

Si bien los datos obtenidos por los dos métodos son diferentes, se observa en la comparación de datos de M2013 que los promedios de buceo obtenidos con el SFBT son mayores que los obtenidos con el SFE, así mismo los promedios de tiempo en superficie y número de soplos son menores con el SFBT (Tabla V). Tomando en cuenta que sólo una porción de los datos de M2013 del SFBT fueron tomados en presencia de una embarcación (de turismo, de investigación, o ambas; Anexo V), mientras que por la misma logística del SFE se considera que todos los seguimientos obtenidos mediante éste fueron en presencia de embarcación, esta variación puede ser explicada como un efecto sobre el comportamiento de la ballena azul; esto coincide con la comparación realizada entre los datos obtenidos con el SFBT (con embarcación vs sin embarcación), en la cual se obtiene el mismo patrón de resultados: mayor tiempo de buceo y menor tiempo en superficie y cantidad de soplos en presencia de embarcación (Tabla V). Esto concuerda con lo reportado previamente por Jahoda et al. (2003) para rorcual común (*Balaenoptera physalus*), quien menciona dos tipos de táctica de evasión durante un muestreo de biopsias: Evasión vertical, en la cual se observa un aumento de buceo y decrecimiento de tiempo en superficie; y evasión horizontal, en la cual existe un aumento de velocidad y cambio en la linealidad de trayecto. Cabe mencionar que la evasión horizontal también es reportada por Ford & Reeves (2008) para ballena azul y rorcual común. A pesar de haber diferencias en las distribuciones de las variables en la comparación con embarcación vs sin embarcación, los promedios de las variables entre los métodos difieren sólo por décimas, esta diferencia entre las distribuciones puede estar sesgada por una mayor cantidad de datos de un tipo de seguimiento (con embarcación o sin embarcación) que de otro, por lo cual es importante en futuros estudios coleccionar un número de muestra similar para descartar este factor.

**Tabla V. Tabla comparatoria entre datos reportados y de este estudio.**

Tiempo de buceo (minutos)	Tiempo en superficie (minutos)	Soplos por emersión	Actividad	Fuente y método
6.80 ± 9.88 3.89 ± 7.63	1.14 ± 1.21 2.08 ± 1.18	4.00 ± 4.03 8.94 ± 1.58	Alimentación Alimentación	<u>Este estudio: datos paralelos</u> *Base en tierra *Base en embarcación
7.22 ± 6.25 4.13 ± 6.73	1.13 ± 1.14 1.96 ± 1.26	4.22 ± 3.10 8.67 ± 2.03		<u>Este estudio: datos 2013</u> *Base en tierra *Base en embarcación
6.60 ± 5.12 5.11 ± 4.54	1.11 ± 1.12 2.97 ± 3.90	4.21 ± 3.63 4.85 ± 3.66		<u>Este estudio: datos base en tierra</u> *Con embarcación *Sin embarcación
4.3 ± 2.9			Alimentación	Croll et al. (1998) *Radio transmisor VHF
5.8 ± 1.5 3.3 ± 1.4	1.08 ± 0.26	4 ± 0.6	Alimentación	Lagerquist et al. (2000) *Radio transmisor satelital *observación visual embarcación
4.9 ± 2.53 7.8 ± 1.89			No alimentación Alimentación	Croll et al. (2001) *Radio transmisor VHF
8.8 ± 0.8 8.3 ± 1.4			Alimentacion	Croll et al. (2005) *Individuo 1 *Individuo 2
7.9 5.7	1.5 1.5		Alimentacion	Goldbogen et al. (2011) *Radio transmisor satelital -Ballena 03/04/2014 -Ballena 8/09/2005

Entre la desventajas se menciona que el SFBT tiene un rango de visibilidad limitado, es de notar que aún cuando el instrumento posee un alcance de visibilidad de 30.42 km, la distancia máxima a la cual se puede diferenciar entre tipo de embarcaciones es 14.041 km, esto restringió los SFBT a un menor tiempo de seguimiento, pues a diferencia del SFE con el cual se puede seguir al individuo, nuestro polígono de visibilidad es limitado (Bejder & Samuels 2003). Por otra parte, entre las ventajas importantes se encuentra la capacidad de evitar una menor

confusión respecto del individuo que se monitorea en un seguimiento focal, ya que debido a las características del instrumento es posible utilizarlo como un cuadrante y así facilitar la localización del individuo monitoreado durante los días de mayor abundancia; otra ventaja muy importante es la capacidad de realizar monitoreos en condiciones variables, pues hubieron dos días en que la embarcación de investigación no logró salir del puerto debido al viento, sin embargo con el SFBT se pudo lograr adquirir algunos seguimientos, siendo los primeros en observar ballenas azules en la temporada; aunado a lo anterior la perspectiva de observación en la cual se puede observar toda el área de estudio desde arriba de la base es una ventaja importante que ayuda a no perder o confundir el animal focal en comparación con la perspectiva desde una embarcación.

En cuanto al costo elevado de iniciar este tipo de proyecto si no se cuenta con ningún material (Aragones et al. 1997), éste se compensa con la obtención de datos en los cuales no hay un efecto de la embarcación de investigación. Por todo lo anteriormente discutido se encuentra más factible el uso de SFBT, pues los datos obtenidos con este método son más similares a investigaciones reportadas con métodos más precisos como marcas satelitales (Mate et al. 2007), además es el único método realmente no invasivo que se conoce y por tanto no sesgaría los datos durante una investigación sobre el efecto de las embarcaciones en el comportamiento de ballena azul (Gailey & Ortega-Ortiz 2000), además de que es necesaria la adquisición de datos más exactos para obtener la probabilidad de detección de los organismos estudiados con la finalidad de ser utilizada como una corrección en otros estudios (Dorsey et al. 1989; De Vos et al. 2013). Finalmente cabe señalar que los datos comparados en este estudio son muy pocos, pues resultan de sólo una temporada de monitoreo, por lo cual se sugiere incrementar el número de muestra para la obtención de estadísticos más robustos.

## **10. Conclusión**

El método base en tierra podría ser el más eficiente para la obtención de datos de comportamiento en comparación con el método base en embarcación, ya que se sugiere que éste último podría conllevar a la obtención de datos con sesgos debido al efecto en el comportamiento por parte de la embarcación de investigación en los individuos monitoreados, sin embargo es necesaria la obtención de más datos para un tamaño de muestra que permita un estadístico más robusto. Por otro parte, aún cuando el costo del método base en tierra es elevado en un principio si no se cuenta con ningún material para iniciar el proyecto, resulta más barato en las temporadas subsecuentes y las desventajas resultan de menor importancia en comparación con la calidad de los datos que se pueden obtener. La principal desventaja de este método es que para poder realizar monitoreos de comportamiento de ballenas por amplios periodos es necesario que éstas permanezcan dentro del área de observación; por lo cual este método únicamente se puede realizar en áreas en las cuales las ballenas permanezcan cerca de la base en tierra.

## 11. Recomendaciones

Para la implementación del método desde tierra es recomendable colocar banderas que permitan distinguir embarcaciones turísticas de la embarcación de investigación en caso de realizar alguna investigación del efecto de las embarcaciones turísticas en el comportamiento de los individuos.

Dado las características de la isla y el sustrato rocoso y a desnivel, se sugiere determinar la altura de la base mediante diferencia de presiones usando un altímetro (Roldán-Viloria 2013).

En cuanto a la observación continua a través de la mira del teodolito resulta muy cansada por lo cual se recomienda capacitar a otro operador de teodolito, además de realizar pruebas previas para obtener una medida de error del observador.

Además se sugiere proporcionar más de un binocular para poder mejorar en la búsqueda de algún animal focal, de manera en que se observe una zona con mayor dedicación por cada observador.

Por otro lado si se pretende seguir monitoreando desde embarcación, se sugiere el uso del programa Phytagoras ® para grabar datos manualmente, ya que el formato en que guarda la información es más ordenado que el que se utiliza actualmente mediante la mini computadora HP®; además manteniendo el formato del programa Phytagoras® se puede hacer uso de los scripts proporcionados en este estudio para el cálculo automático de las variables.

Finamente, dado lo encontrado en este estudio acerca de evasión horizontal, se sugiere tomar en cuenta patrones de desviación de trayectoria y velocidad, tal cual se ha implementado en otros estudios con grandes misticetos (Jahoda et al. 2003).



## 12. Literatura citada

Acevedo-Gutiérrez, A., 1991. Interaction between boats and bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the entrance to Ensenada de La Paz, México. *Aquatic Mammals*, 17(3), pp.120–124.

Álvarez-Borrego, S., 1983. Gulf of California. In B. H. Ketchum, ed. *Estuaries and enclosed seas, ecosystems of the world*. Michigan: Elsevier Scientific Pub. Co, pp. 427–449.

Álvarez-Borrego, S. & Schwartzlose, R.A., 1979. Masas de Agua del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 6(1-2), pp.43–61.

Aragones, L., Jefferson, T. & Marsh, H., 1997. Marine mammal survey techniques applicable in developing countries. *Asian Marine Biology*, 14, pp.15–39.

Arcangeli, A. & Crosti, R., 2009. The short-term impact of dolphin-watching on the behaviour of bottlenose dolphins ( *Tursiops truncatus* ) in western Australia . *Journal of Marine Animals and Their Ecology*, 2(1), pp.3–9.

Bailey, H. et al., 2009. Behavioural estimation of blue whale movements in the Northeast Pacific from state-space model analysis of satellite tracks. *Endangered Species Research*, 10, pp.93–106. Available at: <http://www.int-res.com/abstracts/esr/v10/p93-106/> [Accessed March 23, 2012].

Bailey, H. & Lusseau, D., 2004. Increasing the precision of theodolite tracking: modified technique to calculate the altitude of land-based observation sites. *Marine Mammal Science*, 20(October), pp.880–885.

Barr, K. & Slooten, E., 1999. *Effects of tourism on dusky dolphins at Kaikoura*, Wellington, New Zealand.

Bejder, L. et al., 2006. Interpreting short-term behavioural responses to disturbance within a longitudinal perspective. *Animal Behaviour*, 72(5), pp.1149–1158. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003347206003034> [Accessed May 30, 2013].

Bejder, L. & Dawson, S.M., 1999. Responses by Hector's dolphins to boats and swimmers in Porpoise Bay, New Zealand. *Marine Mammal Science*, 15(3), pp.738–750.

Bejder, L. & Samuels, A., 2003. Evaluating the effects of nature-based tourism on cetaceans. In N. Gales, M. Hindell, & R. Kirkwood, eds. *Marine Mammals: Fisheries, Tourism and Management Issues*. CSIRO Publishing, pp. 229–256.

Carabias Lillo, J. et al., 2000. *Programa de manejo: Parque Nacional Bahía de Loreto* Primera ed., México, D.F.: SEMARNAT-CONANP.

Castillo Vargasmachuca, S., Ulloa Herrera, R. & Alvarado Romero, D., 2009. *Regionalización en base a indicadores ambientales en cuatro áreas marinas de México*, Tepic, México.

Christiansen, F., Rasmussen, M. & Lusseau, D., 2010. Whalewatching boats disrupt the foraging activities of Minke whales in Faxaflói bay , Iceland. *Journa of Cetacean Research and Management*, SC/63/WW2, pp.1–13.

CONANP, 1996. *Planificación para la conservación del Parque Nacional Bahía de Loreto , Baja California Sur , México*, SEMARNAT.

CONANP-SEMARNAT, 2009. Programa para la conservación de especies: Ballena azul (*Balaenoptera musculus*). , pp.1–71.

Corkeron, P.J., 1995. Humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Hervey Bay, Queensland: behaviour and responses to whale-watching vessels. *Can. J. Zool.*, 73, pp.1290–1299.

Croll, D.A. et al., 1998. An integrated approach to the foraging ecology of marine birds and mammals. *Deep Sea Research Part II*, 45, pp.1353–1371.

Croll, D.A. et al., 2005. From wind to whales: trophic links in a coastal upwelling system. *Marine Ecology Progress Series*, 289, pp.117–130.

Croll, D.A. et al., 2001. The diving behavior of blue and fin whales: is dive duration shorter than expected based on oxygen stores? *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 129(4), pp.797–809.

Diario Oficial de la Federación, 1996. Decreto por el que se declara el área natural protegida con el carácter de parque marino nacional, la zona conocida como

“Bahía de Loreto”, ubicada frente a las costas del municipio de Loreto, estado de Baja California Sur.

Diario Oficial de la Federación, 2010. *NOM-059-SEMARNAT-2010, protección ambiental a especies nativas de México de Flora y Fauna Silvestres, Categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*, México.

Diario Oficial de la Federación, 2011. NOM-131-SEMARNAT-2010- Que establece los lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas, relativas a su protección y la conservación de su hábitat.

Dorsey, E.M., Richardson, W.J. & Würsig, B., 1989. Factors affecting surfacing , respiration , and dive behaviour of bowhead whales , *Balaena mysticetus* , summering in the Beaufort Sea. *Canadian Journal of Zoology*, 67, pp.1801–1815.

Ford, J.K.B. & Reeves, R.R., 2008. Fight or flight: antipredator strategies of baleen whales. *Mammal Review*, 38(1), pp.50–86. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2907.2008.00118.x>.

Gailey, G. & Ortega-Ortiz, J., 2000. *Theodolite cetacean Tracking*, Galveston, Texas: Marine mammal research program if the Texas A&M University at Galveston.

Gailey, G. & Ortega-Ortiz, J.G., 2002. Computer systems for photo-identification and theodolite tracking of cetacean. *Journal of Cetacean Research and Management*, 4(2), pp.213–218.

Gailey, G., Sychenco, O. & Würsig, B., 2004. *Western Gray whale behavior and movement pattern: Shore-based observations off Sakhalin Island, July-September 2003.*, Yuzhno-Sakhalinsk, Russian Federation.

Gaitan-Morán, J. & Arizpe, O., 2007. Los recursos naturales y el ambiente. In P. Ganster, O. Arizpe, & A. Ivanova, eds. *Loreto: el futuro de la primera capital de las californias*. San Diego, California: San Diego University y Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Gendron, D., 2002. *Ecología poblacional de la ballena azul, Balaenoptera musculus, de la Península de Baja California*. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

Gendron, D., 2010. El método de muestreo de animal focal adaptado a ballenas azules: un estudio piloto X. R. S. el E. de los M. Marinos, ed. , p.77.

Gendron, D., 1990. *Relación entre la abundancia de eufaúsidos y de ballenas azules (Balaenoptera musculus) en el Golfo de California*. Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.

Goldbogen, J.A. et al., 2011. Mechanics, hydrodynamics and energetics of blue whale lunge feeding: efficiency dependence on krill density. *The Journal of experimental biology*, 214, pp.131–46. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21147977> [Accessed August 12, 2014].

Guerrero Ruiz, M., Urbán Ramírez, J. & Rojas Bracho, L., 2006. *Las ballenas del Golfo de California* Primera ed., México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).

Harzen, S.E., 2002. Use of an electronic theodolite in the study of movements of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the Sado Estuary , Portugal. *Aquatic Mammals*, 28(3), pp.251–260.

Heckel, G. et al., 2001. The influence of whalewatching on the behaviour of migrating gray whales (*Eschrichtius robustus*) in Todos Santos Bay and surrounding waters , Baja California , Mexico. *Journal of Cetacean Research and Management*, 3(3), pp.227–237.

Hoyt, E., 1995. *The worldwide value and extent of whale watching*, Bath, UK.

Hoyt, E. & Iñíguez, M., 2008. *The State of Whale Watching in Latin America*, London: WDCS, Chippenham, UK; IFAW, Yarmouth Port, USA; and Global Ocean, London.

Jahoda, M. et al., 2003. Mediterranean fin whale's (*Balaenoptera physalus*) response to small vessels and biopsy sampling assessed through passive tracking and timing of respiration. *Marine Mammal Science*, 19(January), pp.96–110.

Johnson, N.L., Kemp, A.W. & Kotz, S., 2005. *Univariate discrete distributions* Third edit., New Jersey, USA: Wiley Publishing, Inc. Available at: <http://books.google.com.mx/books?id=JchiadWLnyc&printsec=frontcover&dq=Continuous+univariate+distributions&hl=es->

419&sa=X&ei=7kEmVL\_IKtDgoATy64GQCQ&ved=0CBwQ6AEwAA#v=onepage&q=Continuous univariate distributions&f=false.

Joyce, G.G., 1990. Radio tracking a minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*) in Icelandic waters for examination of dive-time patterns. *Report of International Whaling Commission*, 40, pp.357–361.

Kriete, B., 2002. *Bionergetic changes from 1986 to 2001 in the Southern resident killer whale population, Orcinus orca*, Friday Harbor, WA.

Lagerquist, B., Stafford, K.M. & Mate, B.R., 2000. Satellite-monitored blue whales (*Balaenoptera musculus*) off the central California coast. *Marine Mammal Science*, 16(April), pp.375–391.

Laurie, A., 1933. Some aspects of respiration in blue and fin whales. *Discovery Reports*, 7, pp.363–406.

Leatherwood, S. et al., 1982. Respiration patterns and “sightability” of whales. *Report of the International Whaling Commission*, 32, pp.601–603.

Lerczak, J.A. & Hobbs, R.C., 1998. Calculating sighting distances from angular readings during shipboard, aerial, and shore-based marine mammal surveys. *Marine Mammal Science*, 14(3), pp.590–599.

Lundquist, D. et al., 2002. Changes in the movement patterns of southern right whales in response to simulated swim-with-whale tourism at Península Valdés , Argentina. *Journal of Cetacean Research and Management*, SC/60/WW3, pp.1–12.

Martin, P. & Bateson, P., 1993. *Measuring behaviour: An introductory guide* Second edi., Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0005796794901791>.

Mate, B., Mesecar, R. & Lagerquist, B., 2007. The evolution of satellite-monitored radio tags for large whales: One laboratory’s experience. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 54(3-4), pp.224–247. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0967064507000069> [Accessed May 30, 2013].

Mattson, M.C., Thomas, J.A. & Aubin, D. St., 2005. Effects of boat activity on the behavior of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in waters surrounding Hilton Head Island, South Carolina. *Aquatic Mammals*, 31(1), pp.133–140.

Medina-López, A.G., 2006. *Cultivo experimental de almeja catarina Argopecten ventricosus (Sowerby II, 1842) en dos áreas naturales protegidas del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Moncada, C., Cerillo-Espinosa, P. & Romo-Sirvent, F., 2001. Monitoreo de la flota turística sobre la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* en Bahía de Banderas Nayarit-Jalisco y la norma oficial.

Oleson, E.M. et al., 2010. *Blue Whale Behavioral Response Study & Field Testing of the New Bioacoustic Probe*,

Pacheco, A.S., Silva, S. & Alcorta, B., 2011. Is it possible to go whale watching off the coast of Peru ? *Latin American Journal of Aquatic Research*, 39(1), pp.189–196.

Payne, R., 1986. Long term behavioral studies of the southern right whale (*Eubalaena australis*). *Report of International Whaling Commission*, 10(special issue), pp.161–167.

R Core Team, 2014. R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.*, 170(5). Available at: <http://www.r-project.org/>.

Rodríguez-Vázquez, M., 2000. *Potencial turístico e impacto de la observación de ballena jorobada (Megaptera novaeangliae) en Bahía de Banderas, México*. Universidad de Guadalajara.

Roldán-Viloria, J., 2013. *Energías renovables: lo que hay que saber* J. C. Toledano, ed., España: Ediciones Paraninfo, S.A.

Rowntree, V.J., Payne, R.S. & Schell, D.M., 2001. Changing patterns of habitat use by southern right whales ( *Eubalaena australis* ) on their nursery ground at Península Valdés , Argentina , and in their long-range movements. *Journal of Cetacean Research and Management*, 2(Special issue), pp.133–143.

Ruiz-Rodríguez, T., 2004. *Actividad en superficie y dinámica del consumo de aire de la ballena jorobada (Megaptera novaengliae) en el Pacífico mexicano*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Salden, D.R., 1988. Humpback whale encounter rates offshore of Maui, Hawaii. *Journal of Wildlife Management*, 52(2), pp.301–304.

Schaffar, A. et al., 2009. Avoidance of whale watching boats by humpback whales in their main breeding ground in New Caledonia . *International Whaling Commission*, SC/61/WW6, p.9.

Smetacek, V., 2008. *Are declining antartic krill stocks a result of global warming or of the decimation of the whales?* C. M. Duarte, ed., Fundación BBVA.

Stamation, K.A. et al., 2010. Behavioral responses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to whale-watching vessels on the southeastern coast of Australia. *Marine Mammal Science*, 26(1), pp.98–122. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1748-7692.2009.00320.x> [Accessed June 17, 2013].

Stewart, J., Redline, L. & Watson, S., 2011. *Algebra and Trigonometry* 3rd ed., Cengage Learning.

Tyack, P.L., 2010. 3S2 – Behavioral Response Studies of Cetaceans to Naval Signals in Norwegian Waters. *Sin publicar*, Award Numb.

Tyack, P.L., 1981. Interactions between singing hawaiian humpback whales and conspecifics nearby. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 8, pp.105–116.

De Vos, A. et al., 2013. Surfacing characteristics and diving behaviour of blue whales in Sri Lankan waters. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 449, pp.149–153.

Weinrich, M. & Corbelli, C., 2009. Does whale watching in Southern New England impact humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) calf production or calf survival? *Biological Conservation*, 142(12), pp.2931–2940. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006320709003206>.

Williams, R. et al., 2002. Behavioural responses of male killer whales to a “leapfrogging” vessel. *Journal of Cetacean Research and Management*, 4(3), pp.305–310.

Williams, R. & Ashe, E., 2006. *Northern resident kiler whale responses to vessel varied with number of boats*,

Williams, R., Trites, A.W. & Bain, D.E., 2006. Behavioural responses of killer whales (*Orcinus orca*) to whale-watching boats: opportunistic observations and experimental approaches. *Journal of Zoology*, 256(2), pp.255–270. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1017/S0952836902000298> [Accessed March 14, 2012].

Würsig, B., Cipriano, F. & Würsig, M., 1991. Dolphin movement patterns: information from radio and theodolite tracking studies. In K. Pryor & K. S. Norris, eds. *Dolphin Societies-discoveries and puzzles*. Los Angeles, CA: University of California Press, pp. 79–112. Available at: <http://books.google.com.mx/books?id=yPIKzPGFUvwC&pg=PA81&dq=Dolphin+movement+patterns:+information+from+radio+and+theodolite+tracking+studies.&hl=es&sa=X&ei=tM-0UYLLCYrGygGbILDwDg&ved=0CGsQ6AEwCQ#v=onepage&q&f=false>.

Wursig, B. & Wursig, M., 1979. Behavior and ecology of the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in the South Atlantic. *Fishery Bulletin*, 78(2), pp.399–412.



## 13. Anexos

### Anexo I. Estudios que utilizan el método de seguimiento focal mediante teodolito y la función del método en estos.

Estudio realizado	Función del método en el estudio	Referencia
Comportamiento y ecología del delfín nariz de botella ( <i>Tursiops truncatus</i> ), en el Atlántico sur.	*Descripción de movimientos mediante el posicionamiento de los datos generados. *Determinación de la velocidad de nado, y de comportamientos en superficie y sociales	(Wursig & Wursig 1979)
Interacciones entre ballenas jorobadas ( <i>Megaptera novaengliae</i> ) cantoras hawaianas y conespecíficos cercanos	*Evaluación del comportamiento de canto de dos individuos de jorobada, mediante el posicionamiento de los puntos de avistamiento y determinación de la distancia entre individuos y grabaciones de audio.	(Tyack 1981)
Estudio del comportamiento a largo plazo de la ballena franca austral ( <i>Eubalaena australis</i> )	*Determinación de comportamientos en superficie, preferencias de profundidades en el área de estudio mediante el posicionamiento de los individuos, uso de área,	(Payne 1986)
Efectos del turismo en el delfín oscuro ( <i>Lagenorhynchus obscurus</i> ) en Kaikoura, Nueva Zelanda.	*Evaluación de los comportamientos resultantes de la interacción entre el delfín y la embarcación turística.	(Barr & Slooten 1999)
Respuestas del delfín de Héctor ( <i>Cephalorhynchus hectori</i> ) a los botes y nadadores en Bahía Marsopa, Nueva Zelanda.	*Evaluación de los efectos de encuentros delfín-embarcación mediante el posicionamiento de los delfines y la embarcación, así como la orientación de estos	(Bejder & Dawson 1999)

	hacia la embarcación	
Influencia del avistamiento de ballenas en el comportamiento de ballenas grises ( <i>Eschrichtius robustus</i> ) migrantes en la bahía de todos santos y aguas aledañas, en Baja California, México.	*Evaluación de la influencia de las embarcaciones de avistamiento de ballena en el comportamiento durante la migración de las ballenas grises, mediante el posicionamiento, para determinar y comparar dirección y velocidad de nado, en presencia y ausencia de las embarcaciones.	(Heckel et al. 2001)
Uso de un teodolito electrónico en el estudio de los movimientos del delfín nariz de botella ( <i>Tursiops truncatus</i> ) en el estuario de Sado, Portugal.	*Determinación de patrones de movimiento, uso de área y velocidades de nado mediante el posicionamiento de los delfines.	(Harzen 2002)
Cambios en los patrones de movimiento de las ballenas francas en respuesta a un turismo simulado de nado con ballenas en la Península de Valdés, Argentina.	*Se analizaron patrones de movimiento de pares de cría/madre, juveniles, o adultos antes, durante y después de la aproximación de turistas.  *Se analizó la tasa de reorientación y la aceleración mediante la medición de puntos tomados con el teodolito, y tomando en cuenta los ángulos del rumbo de los individuos.	(Lundquist et al. 2002)
Cambios bioenergéticos de 1986 a 2001 en la población de orcas ( <i>Orcinus orca</i> ) del sur, Isla San Juan, Washington, E.U.A.	*Evalúo los cambios en la demanda bioenergética en base a la medición de velocidad y distancias de nado, así como determinación de tasas respiratorias.	(Kriete 2002)
Patrones de movimiento y comportamiento de la	*Se analizaron los patrones de movimiento mediante la	(Gailey et al. 2004)

ballena gris del oeste: observaciones desde tierra en la isla de Sakhalin, julio-septiembre de 2003.	evaluación de velocidad de nado, aceleración, linealidad, tasa de reorientación.  *Se determinaron patrones de comportamiento en base a datos de intervalo de tiempo entre soplos, número de soplos por emersión, tiempo en superficie, tiempo de buceo, tasa de soplos en superficie, tasa de soplos en un ciclo superficie-buceo.	
Respuestas comportamentales de orcas ( <i>Orcinus orca</i> ) a embarcaciones de avistamiento de ballenas: observaciones oportunistas y enfoques experimentales.	*Analizaron los efectos de las embarcaciones tanto turísticas como oportunistas que seguían o no el reglamento de avistamiento de ballenas, mediante el análisis del tiempo medio de buceo, promedio de velocidad de nado, índice de rectitud e índice de desviación inferidos a partir de los datos obtenidos mediante posicionamiento con el teodolito.	(Williams et al. 2006)
Actividad en superficie y dinámica del consumo de aire de la ballena jorobada ( <i>Megaptera novaengliae</i> ) en el Pacífico Mexicano	*Determinaron la duración de la apnea y el consumo de aire durante la época invernal, utilizando tasas ventilatorias	Ruíz-Rodríguez (2004)

## Anexo II. Lista de materiales para campamento.

Material	Cantidad
Casa de campaña, capacidad de 2-3 personas	2
Sanitario de baño/sanitario portátil	1
Bolsa de dormir	3
Colchoneta tamaño matrimonial	2
Estufa portátil	1

Tanque de gas de 10 Kg	1
Bidón de 20 L para agua bebible	2
Hielera grande	2
Par de zapatos para agua	3
Caja de madera para almacenamiento de comida seca	1
Juego de utensilios de cocina	1
Caja de bolsas Ziploc® grandes	1
Linterna recargable de larga duración	1
Botiquín de primeros auxilios	1
Caja de bolsas para basura	1
Bote de 1 L de Gel antibacterial	1

### **Anexo III. Lista de materiales para montar la base de observación.**

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>
Carpa para el sol de 3x3 metros con ojales cada 75 cm	1
Base para toldo desarmable de 2.20 metros de alto x 3 m de ancho y 3 m de largo	1
Ligas para amarrar el toldo a la base	12
Estacas de hierro	5
Sillas plegables	2
Rollo de cuerda de nylon gruesa	1
Mesa pequeña plegable	1
Acumulador eléctrico	1
Radio marina VHF Uniden® con antena	1
Hielera mediana	1
Libreta bitácora	1
Juego de Plumas, lápices, sacapuntas, borradores, Cinta adhesiva Kreep y tijeras	2
Teodolito electrónico TOPCON DT-102	1
Cinta métrica	1
Brújula con compás	1
Notebook Macbook Air 11" equipada con Parallels® desktop, Windows XP® y el programa Pythagoras®	1
Panel solar SolarGorilla®	1

Batería de litio PowerGorilla®	1
Apple MagSafe airline adaptor®	1
Generador a gasolina 900W	1
Litro de aceite dos tiempos	1
Gasolina	20 L
Binoculares Fujinon 7x50 con compás	1
Cable serial RS-232C con conector USB	1
Cámara digital de al menos 5 MP	1
Cargador de baterías AA	
Pilas AA recargables	12
Disco duro extraíble de 500 GB	1
Pintura en aerosol roja	1
Marro	1

#### **Anexo IV. Etograma utilizado para la obtención de comportamientos mediante el método base en tierra**

<b>Comportamiento</b>	<b>Descripción</b>
Soplo	Cuando la ballena emerge para exhalar
Buceo con cola	Cuando la ballena se sumerge y expone la cola completa (del pedúnculo caudal hasta lóbulos caudales )
Buceo sin cola	Cuando la ballena se sumerge pero solo expone el pedúnculo caudal
Alimentación en superficie	Cuando una ballena rota sobre su eje horizontal, exponiendo una de las aletas pectorales sobre la superficie

#### **Anexo V. Avistamientos obtenidos mediante el método de base en tierra utilizados para el análisis de datos**

<b>Fecha</b>	<b>Número de seguimiento</b>	<b>Tiempo total de seguimiento (minutos)</b>	<b>Número de ciclos</b>	<b>Con o sin embarcación</b>	<b>Número de embarcaciones</b>
26/02/13	1	22.63	2	No	0
26/02/13	2	55.73	5	Oportunista	1
27/02/13	3	23.16	2	No	0

04/03/13	4	14.71	3	Turismo	3
04/03/13	5	16.15	3	Turismo	5
04/03/13	6	5.85	1	Turismo	1
04/03/13	7	122.81	12	Turismo	3
05/03/13	8	16.65	2	*Turismo *Oportunista	1 3
05/03/13	9	47.88	6	Oportunista	3
05/03/13	10	42.76	5	Turismo	2
05/03/13	11	10.26	2	Oportunista	2
06/03/13	12	12.83	2	Turismo	3
06/03/13	13	40.88	3	Turismo	2
07/03/13	14	36.65	3	*Turismo *Oportunista	3 1
07/03/13	15	48.03	5	Turismo	3
13/03/13	16	73.63	5	*Investigación *Oportunista	1 1
13/03/13	17	34.41	6	Turismo	2
13/03/13	18	29.66	3	Turismo	1
14/03/13	19	48.56	4	Turismo	1
14/03/13	20	43.85	2	*Investigación *Turismo	1 3
14/03/13	21	40.28	3	*Turismo *Oportunista	1 1
15/03/13	22	36.53	5	No	0
15/03/13	23	72.66	4	No	0
15/03/13	24	141.06	9	*Investigación *Oportunista	1 1
15/03/13	25	95.25	7	No	0
15/03/13	26	12.55	2	Turismo	3
15/03/13	27	6.41	1	No	0
15/03/13	28	113.36	7	Turismo	3
15/03/13	29	29.63	2	No	0
15/03/13	30	29.56	1	Oportunista	1
15/03/13	31	12.81	2	Turismo	1
15/03/13	32	22.70	2	No	0
16/03/13	33	34.48	1	No	0
16/03/13	34	45.28	3	No	0
16/03/13	35	9.13	1	No	0
16/03/13	36	46.93	4	No	0
16/03/13	37	13.85	1	No	0
16/03/13	38	62.66	3	No	0
16/03/13	39	105.61	8	*Turismo *Oportunista	2 2
16/03/13	40	33.60	3	No	0
16/03/13	41	63.53	5	Investigación	1

17/03/13	42	64.25	7	No	0
17/03/13	43	67.55	2	No	0
17/03/13	44	12.33	2	No	0

## Anexo VI. Script utilizado para el cálculo de las variables en el software R.

```
# Limpiar R:
rm(list = ls(all = TRUE)) #borra todo;
graphics.off() #cierra todos los gráficos;
gc() #Borra la memoria (operaciones residuales, caché, etc)

data<-read.csv("archivo",header=T)#abre el archivo que contiene los datos de Phyttagoras®

follows <- unique(data$seguimiento)#Devuelve un vector sin elementos duplicados de los
seguimientos

data$flag.ini.blow <- rep(NA,nrow(data))#crea un vector bandera para seguimientos que inician con
soplo

#cambia el último evento de un seguimiento de buceo a soplo, para poder realizar una suma
cumulativa.
for (i in 1:length(follows)) {
  i1 <- which(data$seguimiento == i)
  data$evento[i1[length(i1)]] <- "Blow"

  if (data$evento[i1[1]] == "Blow") { #si un seguimiento comienza con soplo, cambia el evento a
buceo para que el programa al realizar la suma cumulativa sepa que ahí comienza un nuevo ciclo.

    data$evento[i1[1]] <- "Dive"
    data$flag.ini.blow[i1[1]] <- 1#crea una marca bandera en los eventos que se cambiaron de soplo
a buceo para después devolverlos a su evento inicial
  }
}

data$cid.cycle <- rep(NA,nrow(data)) #crea un vector para asignarles una marca bandera (1 para
buceos o 0 para soplos)

#asigna 1 para buceos y 0 para soplos para que al realizar la suma cumulativa obtengamos los
ciclos (tiempo de buceo + tiempo en superficie)...
data$cid.cycle[data$evento == "Dive"] <- 1
data$cid.cycle[data$evento == "Blow"] <- 0

data$cid.cycle <- cumsum(data$cid.cycle) #suma cumulativa

#####
#### Calculando la diferencia de tiempo entre eventos #####
#####

#se cambian los datos en datos de tiempo
data$tiempo_c<-ISOdatetime(data$a,data$mes,data$dia,data$hora,data$minutos,data$segundos)

#crea un vector donde se colocaran las diferencias de tiempo entre eventos
data$dif <- rep(NA,nrow(data))
```



```

for (j in 1:length(follows)) { #Para cada seguimiento j de 1 hasta el total de seguimientos
  i1 <- which(data$seguimiento == j) #en donde estos son los renglones pertenecientes al
seguimiento j

  data.prov <- data[i1,] #estos son los datos del seguimiento j
  dif.prov <- data$dif[i1] #este es el vector provisional de las diferencias de tiempo entre eventos de
j

  for (h in seq(1,nrow(data.prov)-1,1)) { #para cada renglón h en la secuencia de los datos del
seguimiento j, de uno en uno

    #la diferencia de tiempo (dif.prov) entre cada renglón
    dif.prov[h+1] <- difftime(data.prov$tiempo_c[h+1], data.prov$tiempo_c[h],units="min")
  }
  data$dif[i1] <- dif.prov #crea el vector de las diferencias de tiempo en la matriz de datos
}

data$evento[data$flag.ini.blow == 1] <- "Blow" #regresa el evento real en el cambio realizado para
la suma acumulativa, de lo contrario afectará el conteo de soplos

#cambia el último evento que previamente se había cambiado a soplo, lo devuelve a buceo
for (i in 1:length(follows)) {
  i1 <- which(data$seguimiento == i)
  data$evento[i1[length(i1)]] <- "Dive"
}

#which(data$dif <= 0)

#####
#### Calculando el total de tiempo en superficie #####
#####

#devuelve un vector sin elementos duplicados de los números de ciclos
unique.cycles <- unique(data$id.cycle)

#crea un vector de NA's para los tiempo de superficie a calcular
surface.tot.length <- rep(NA,length(unique.cycles))

for (a in 1:length(unique.cycles)) {#para cada ciclo a, de 1 al total de ciclos
  i2<-which(data$id.cycle==a) #donde i2 son los renglones del ciclo a
  i3 <-which(data$id.cycle==a+1)#y i3 son los renglones del siguiente ciclo (a+1)
  data$dif[is.na(data$dif)] <- 0 # cambia aquellos NA resultado de la diferencia entre el inicio de un
ciclo y el termino de otro a cero

  if (data$evento[i2[1]]=="Dive") { #tiempo en superficie si el primer evento del ciclo es un buceo
    surface.tot.length[a] <- ((sum(data$dif[data$id.cycle == a], na.rm=T)) - (data$dif[i2[1]] +
data$dif[i2[2]]) + (data$dif[i3[1]]))
  } else if (data$evento[i2[1]] == "Blow") {#de lo contrario este es el tiempo en superficie
    surface.tot.length[a] <- ( (sum(data$dif [data$id.cycle == a], na.rm=T)) + (data$dif[i3[1]])
  }
}
}

```

#Debido a que algunos ciclos fueron descartados de los datos crudos durante la limpieza para los análisis, se tienen NAs en la base de datos, entonces hay que tomarlos en cuenta y recalcular, ya que también se genera un error con los tiempos del último ciclo de cada seguimiento...

```
for (j in 1:length(follows)) { #para cada seguimiento j
  i1 <- which(data$seguimiento == j)
  cycles.i1<-unique(data$id.cycle[i1])
  last.cycle.i1<-cycles.i1[length(cycles.i1)]#este es el último ciclo del seguimiento j
  last.cycle.i1.which<-which(data$id.cycle == last.cycle.i1) #

  if (data$evento[last.cycle.i1.which[1]]=="Dive") {#si el primer evento del ultimo ciclo del
seguimiento j es un buceo, entonces el tiempo en superficie es
    surface.tot.length[last.cycle.i1]<-(sum(data$dif[data$id.cycle == last.cycle.i1], na.rm=T)) -
(data$dif[last.cycle.i1.which[1]] + data$dif[last.cycle.i1.which[2]])
  } else if (data$evento[last.cycle.i1.which[1]]=="Blow") {#si el primer evento del último ciclo es un
buceo, entonces:
    surface.tot.length[last.cycle.i1]<-sum(data$dif[data$id.cycle == last.cycle.i1], na.rm=T)
  }

  which.cero<-which(surface.tot.length <= 0) #cuales ciclos son = a 0
  surface.tot.length[which.cero] <- NA #cambia cero por NAs
}

surface.tot.length #tiempos en superficie

#####
####      Calculando los tiempos de buceo      #####
#####

dive.tot.length <- rep(NA,length(unique.cycles)) #crea un vector de NAs para los tiempos de buceo

for (d in 1:length(unique.cycles)) {
  i2<-which(data$id.cycle==d)#

  if (data$evento[i2[1]]=="Dive") { #si el primer evento del ciclo es un buceo el tiempo de buceo es:
    dive.tot.length [d] <-data$dif[i2[2]]
  } else if (data$evento[i2[1]] == "Blow") {#si es un soplo, entonces no hay tiempo de buceo y pon
escribe NA
    dive.tot.length[d] <- NA
  }

  which.dive.cero<-which(dive.tot.length == 0) #tiempos de buceo = cero
  dive.tot.length[which.dive.cero] <- NA #tiempos de buceo =cero son NA
}

dive.tot.length

#####
##### Calculando la duración de un ciclo      #####
#####

cycle.tot.length <- rep(NA,length(unique.cycles))

#para cada ciclo su duración es el tiempo en superficie más el tiempo de buceo previo
for (e in 1:length(unique.cycles)) {
```

```

cycle.tot.length [e]<-sum(surface.tot.length [e] + dive.tot.length [e], na.rm=T)
if (cycle.tot.length [e] == 0) {#si el ciclo es igual a cero entonces es NA
  cycle.tot.length [e] <- NA
}
}

cycle.tot.length

#which(cycle.tot.length <= 0)

#####
#####Creando una hoja de datos nueva con las variables #####
#####

cycle.follow <- rep(NA,length(unique.cycles))

#asigna el número de seguimiento al que corresponde cada ciclo calculado
for (e in 1:length(unique.cycles)) {
  cycle.rows<-which(data$id.cycle==e)

  cycle.follow [e]<-unique(data$seguimiento[cycle.rows])
}

cycle.follow

#crea la nueva hoja de datos con el número de seguimiento, tiempo en superficie, de buceo y
duración de ciclo...
cycle.data.frame<-data.frame("follows"=cycle.follow, "cycles"=unique.cycles,
"surf.time"=surface.tot.length, "dive.time"= dive.tot.length, "cycle.time"=cycle.tot.length)

#####
#### Calculando los soplos por emersión #####
#####

data$flag.surf.blows <- rep(NA,nrow(data))

for (b in 1:length(data$evento)) {
  data$flag.surf.blows[ data$evento == "Blow"]<-1#marca los soplos con 1
  data$flag.surf.blows[ data$evento == "Dive"]<-0#marca los buceos con 0
}

for (b in 1:length(data$tiempo_c)) {#for every time of the event (tiempo_c)
  data$flag.surf.blows[is.na(data$tiempo_c) == T]<- NA #coloca un NA para aquellos ciclos donde
no hay tiempo en superficie
}

blow.tot <- rep(NA,length(unique.cycles)) #

for (c in 1:length(unique.cycles)) {
  i4<-which(data$id.cycle==c)

```

```

blow.tot [c]<-sum(data$flag.surf.blows[i4])#el total de soplos es la suma de 1s en un ciclo

blow.tot[blow.tot == 0] <- NA #si el total es cero coloca un NA
}

blow.tot

#which(is.na(blow.tot) == T)
#which(is.na(cycle.data.frame$surf.time) == T)

cycle.data.frame$total.blows<-blow.tot #añade el total de soplos para cada tiempo en superficie en
la hoja de datos creada recientemente

#####
##### Guarda la hoja de datos nueva en archivo .csv #####
#####
write.csv(x=cycle.data.frame,file="variables_thesis.csv")

```

## **Anexo VII. Modelo utilizado para el cálculo la diferencia entre métodos de monitoreo para cada variable.**

```

# Previas no informativas:
sd.land <- exp(sdland)
sd.boat <- exp(sdboat)

muland ~ dunif(min.muland, max.muland)
muboaat ~ dunif(min.muboaat, max.muboaat)

sdland ~ dunif(min.varland, max.varland)
sdboat ~ dunif(min.varboat, max.varboat)

logvar.land<-log(1+pow(sdland/muland,2))
logvar.boat<-log(1+pow(sdboat/muboaat,2))

precland<-1/logvar.land
precboat<-1/logvar.boat

#Verosimilitud
for(i in 1:n.land.data)
{
land_data[i]~ dlnorm(muland, precland)
}

for(i in 1:n.boat.data)
{
boat_data[i]~ dlnorm(muboaat, precboat)
}

# Comparación de medias
diff <- muboaat - muland
diff.sd <- sdboat - sdland

```

```

#Conversión de unidades logaritmicas
mean.land<- exp(muland)
mean.boat<- exp(muboa)

dif<- exp(diff)
dif.sd <- exp(diff.sd)

```

## **Anexo VIII. Modelo utilizado para la comparación entre seguimientos con o sin embarcación obtenidos mediante el método base en tierra.**

```

# Previas no informativas:
sd.yes <- exp(sdyes)
sd.not <- exp(sdnot)

muyes ~ dunif(min.muyes, max.muyes)
munot ~ dunif(min.munot, max.munot)

sdyes ~ dunif(min.sdyes, max.sdyes)
sdnot ~ dunif(min.sdnot, max.sdnot)

logvar.yes<-log(1+pow(sdyes/muyes,2))
logvar.not<-log(1+pow(sdnot/munot,2))

precyes<-1/logvar.yes
precnot<-1/logvar.not

#Verosimilitud
for(i in 1:n.yes.data)
{
  yes_data[i]~ dlnorm(muyes, precyes)
}

for(i in 1:n.not.data)
{
  not_data[i]~ dlnorm(munot, precnot)
}

#Comparación de medias

diff <- munot - muyes
diff.sd <- sdnot - sdyes

#Conversión de unidades logaritmicas
mean.yes<- exp(muyes)
mean.not<- exp(munot)
dif<- exp(diff)
dif.sd <- exp(diff.sd)

```

**Anexo IX. Script utilizado para el cálculo de distancia entre dos puntos en el software R.**

```
library("lmap")  
#Para calcular la distancia geodésica entre dos puntos usando las fórmula inversa de  
Vincenty.  
A<-gdist(-111.2235,25.74,-111.145,25.703,"km")  
A  
B<-gdist(-111.2235,25.74,-111.125,25.650,"km")  
B  
Ci<-gdist(-111.2235,25.74,-111.153,25.664,"km")  
Ci  
Cf<-gdist(-111.2235,25.74,-111.135,25.667,"km")  
Cf  
D<-gdist(-111.2235,25.74,-111.196,25.727,"km")  
D  
Ei<-gdist(-111.2235,25.74,-111.153,25.720,"km")  
Ei  
Ef<-gdist(-111.2235,25.74,-111.144,25.740,"km")  
Ef
```