

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



**“EFECTO DE LAS EMBARCACIONES TURÍSTICAS EN EL  
COSTO ENERGÉTICO DE TRANSPORTE EN LA BALLENA  
JOROBADA (*MEGAPTERA NOVAEANGLIAE*) EN EL NORTE  
DEL PERÚ”**

Presentada por:

**DAMIAN VILLAGRA PETRE**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

**BIÓLOGO**

Lima - Perú

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“EFECTO DE LAS EMBARCACIONES TURÍSTICAS EN EL  
COSTO ENERGÉTICO DE TRANSPORTE EN LA BALLENA  
JROBADA (*MEGAPTERA NOVAEANGLIAE*) EN EL NORTE  
DEL PERÚ”**

Presentada por:

**DAMIAN VILLAGRA PETRE**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**BIÓLOGO**

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

---

Mg. Sc. Zulema Quinteros Carlos  
**PRESIDENTE**

---

Mg. Sc. Edgar Sánchez Infantas  
**MIEMBRO**

---

Mg. Sc. Pedro Vásquez Ruesta  
**MIEMBRO**

---

Dra. Marta Williams León de Castro  
**ASESORA**

---

Ph.D. Aldo S. Pacheco Velásquez  
**CO-ASESOR**

A los misterios que encierra el mar,  
a los que se atreven a descubrirlos.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. METABOLISMO ENERGÉTICO: ESTIMACIÓN Y COSTO MASA ESPECÍFICO DE TRANSPORTE .....	4
2.2. BALLENA JOROBADA: MIGRACIÓN, METABOLISMO Y ETOLOGÍA.....	6
2.3. AVISTAMIENTO TURÍSTICO DE CETÁCEOS .....	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1. METODOLOGÍA DE ESTUDIO .....	13
3.2. ANÁLISIS DE LOS DATOS .....	15
3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	18
IV. RESULTADOS .....	20
4.1. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA PRESENCIA DE CRÍAS EN LOS GRUPOS FOCALES .....	21
4.2. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA PRESENCIA DE EMBARCACIONES DE AVISTAMIENTO TURÍSTICO DE CETÁCEOS EN LOS GRUPOS FOCALES.	25
4.3. VELOCIDAD ÓPTIMA DE DESPLAZAMIENTO .....	30
4.4. EFECTO DEL NÚMERO DE EMBARCACIONES, DISTANCIA Y TIEMPO DE AVISTAMIENTO. ....	36
V. DISCUSIÓN.....	40
5.1. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA PRESENCIA DE CRÍAS EN LOS GRUPOS FOCALES .....	40
5.2. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA PRESENCIA DE EMBARCACIONES	

DE AVISTAMIENTO TURÍSTICO DE CETÁCEOS EN LOS GRUPOS FOCALES.	43
5.3. EFECTO DEL NÚMERO DE EMBARCACIONES, DISTANCIA Y TIEMPO DE AVISTAMIENTO. ....	48
VI. CONCLUSIONES.....	50
VII. RECOMENDACIONES .....	51
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de grupos de ballenas.....	15
Tabla 2: Valores de media y error estándar (DE) para la frecuencia respiratoria, velocidad de nado y costo masa específico de transporte en grupos de ballenas seguidos en presencia y ausencia de embarcación/es .....	21
Tabla 3: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis (H) para evaluar diferencias entre grupos con y sin crías en las variables frecuencia respiratoria, velocidad de nado y COT de grupos seguidos en ausencia y presencia de embarcación/es .....	22
Tabla 4: Valores de media y error estándar (DE) para la frecuencia respiratoria, velocidad de nado y costo masa específico de transporte en grupos de ballenas seguidos en ausencia de embarcación/es .....	22
Tabla 5: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis (H) para evaluar diferencias entre grupos con y sin crías en las variables frecuencia respiratoria, velocidad de nado y COT de grupos seguidos en ausencia de embarcación/es .....	23
Tabla 6: Valores de media y error estándar (ES) para la frecuencia respiratoria, velocidad de nado y costo masa específico de transporte en grupos de ballenas seguidos en presencia de embarcación/es .....	23
Tabla 7: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis y ANOVA para evaluar diferencias entre grupos con y sin crías en las variables frecuencia respiratoria, velocidad de nado y COT de grupos seguidos en presencia de embarcación/es .....	24
Tabla 8: Modelos Lineales Generalizados para determinar efecto de la interacción de la presencia de embarcaciones y crías en las variables frecuencia respiratoria, velocidad de nado y COT .....	25
Tabla 9: Valores de media y error estándar (ES) para la frecuencia respiratoria en grupos focales de ballenas .....	26

Tabla 10: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis (H) para evaluar diferencias en la frecuencia respiratoria en grupos focales de ballenas.....	26
Tabla 11: Valores de media y error estándar (ES) para la velocidad de nado en grupos focales de ballenas .....	27
Tabla 12: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis (H) para evaluar diferencias en la velocidad de nado en grupos focales de ballenas .....	28
Tabla 13: Valores de media y error estándar (ES) para el Costo Masa específico de Transporte (COT), en grupos focales de ballenas.....	28
Tabla 14: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis (H) para evaluar diferencias en el Costo Masa Específico de Transporte en grupos focales de ballenas .....	29
Tabla 15: Modelos Lineales Generalizados.....	30
Tabla 16: Valores de media y error estándar (ES) para la frecuencia respiratoria en grupos focales de ballenas .....	37
Tabla 17: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis (H) para evaluar diferencias en la frecuencia respiratoria en grupos focales de ballenas.....	37
Tabla 18: Valores de media y error estándar (ES) para la velocidad de nado en grupos focales de ballenas .....	38
Tabla 19: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis (H) para evaluar diferencias en la velocidad de nado en grupos focales de ballenas .....	38
Tabla 20: Valores de media y error estándar (ES) para el Costo Masa específico de Transporte (COT), en grupos focales de ballenas sin crías .....	39
Tabla 21: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis (H) para evaluar diferencias en el Costo Masa Específico de Transporte en grupos focales de ballenas sin crías .....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zona de estudio en Los Órganos, Perú .....	12
Figura 2: Regresión potencial del COT en función de las velocidades de nado registradas en los grupos focales con y sin crías .....	31
Figura 4: Regresión potencial del COT en función de las velocidades de nado registradas en los grupos focales con crías .....	32
Figura 5: Regresión potencial del COT en función de las velocidades de nado registradas en los grupos focales sin crías .....	33
Figura 6: Regresión lineal de la velocidad de nado en función de la frecuencia respiratoria para los grupos focales en presencia y ausencia de crías .....	34
Figura 7: Regresión lineal de la velocidad de nado en función de la frecuencia respiratoria para los grupos focales en ausencia de crías .....	35
Figura 8: Regresión lineal de la velocidad de nado en función de la frecuencia respiratoria para los grupos focales en presencia de crías .....	36

## RESUMEN

Un estudio basado en observación desde tierra se llevó a cabo durante la temporada reproductiva 2016 del stock reproductivo G de ballenas jorobadas, en el norte del Perú, con el fin de determinar el efecto que podrían generar embarcaciones de avistamiento de cetáceos en el costo de transporte, evaluando su frecuencia respiratoria, velocidad de nado y costo masa específico de transporte (COT). Desde el “cerro la Meza” (31 m.s.n.m.; 4°10'35" S, 81°08'03" W) se siguieron grupos focales de ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*), en presencia y ausencia de embarcaciones de avistamiento turístico. Utilizando binoculares y una estación total se registraron las frecuencias respiratorias, velocidad de nado. El costo masa específico de transporte (COT) se estimó en base a la frecuencia respiratoria y la velocidad de nado utilizando parámetros publicados para ballenas jorobadas y minke. No se registraron cambios en la frecuencia respiratoria debido a la presencia de embarcaciones de avistamiento. Por otro lado, la velocidad de nado de los grupos sin crías fue mayor en presencia de embarcaciones de avistamiento. De manera similar, los grupos focales sin crías registraron valores de COT menores en presencia de embarcaciones. Sin embargo, se determinó que los cambios de velocidad registrados permanecen dentro del rango de velocidad óptima de transporte, demostrando una ausencia de ejercicio anaeróbico, manteniéndose la eficiencia de transporte para la especie a lo largo de todo el estudio. Los efectos individuales registrados en las ballenas jorobadas parecen no afectar significativamente el metabolismo energético de la especie.

Palabras claves: metabolismo energético, avistamiento de cetáceos, velocidad óptima de transporte

## ABSTRACT

A land-based survey was carried out during the reproductive season 2016 of the reproductive stock G of humpback whales, in the north of Peru, in order to determine the effect of whale watching boats on respiratory frequency, swim speed and specific mass cost of transport (COT). From the "cerro la Meza" (31m.asl, 4°10'35"S, 81°08'03"W) focal groups of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) were tracked, in the presence and absence of whale watching boats. Using binoculars and a total station, respiratory frequencies and swimming speed were recorded. The specific transport mass cost (TOC) was estimated based on the respiratory rate and swimming speed using published parameters for humpback and minke whales. There were no changes in the respiratory rate due to the presence of sighting vessels. However, the swimming speed of the groups without calves was higher in the presence of boats. Similarly, calf groups recorded lower COT values in presence of boats. Nevertheless, that the recorded speed increase remains within the range of optimal transport speed, demonstrating an absence of anaerobic exercise, maintaining transport efficiency for the species throughout the entire study. It seems that, the individual effects recorded in humpback whales do not seem to be significant in the energy metabolism of the species.

Keywords: humpback whale, energetic metabolism, cost of transport, whale watching

## I. INTRODUCCIÓN

Las actividades turísticas de observación de fauna silvestre representan una fuente importante de ingresos económicos para las comunidades en donde se realizan. Son consideradas como una alternativa sostenible a las actividades extractivas tradicionales. Además, el marco turístico facilita en muchos casos las labores de investigación, promoviendo el conocimiento y protección de diversas especies y ecosistemas, así como para la creación de una conciencia de conservación de la naturaleza a través de la educación del público asistente (García-Cegarra y Pacheco 2017). Sin embargo, la presencia de seres humanos con o sin vehículos puede perturbar la fauna silvestre en su hábitat natural (Higginbottom 2004).

La presencia de embarcaciones turísticas también puede generar efectos negativos en los animales que son objeto de esta actividad (Bejder y Samuels 2013). Estas pueden reflejarse en aumentos en la velocidad de nado, reducción la direccionalidad de sus trayectorias estimadas, con el fin de evitar el acercamiento de las embarcaciones al adoptar una trayectoria menos predecible, reducción el tiempo dedicado a actividades de forrajeo, nado y reposo, aumento de la frecuencia respiratoria, alteración de los tiempos de inmersión y cohesión o dispersión del grupo de cetáceos (Senigaglia *et al.* 2016). Estos cambios conductuales han sido registrados en diferentes especies de cetáceos tales como la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) (Scheidat *et al.* 2004), delfin nariz de botella (*Tursiops truncatus*) (Lusseau 2004, Christiansen *et al.* 2010), Orca (*Orcinus orca*) (Williams *et al.* 2002, 2006), ballena minke (*Balaenoptera acutorostrata*) (Christiansen *et al.* 2013, 2014) y delfín de Hector (*Cephalorhynchus hectori*) (Bejder *et al.* 1999). Sin embargo, si bien la presencia de embarcaciones determina este conjunto de cambios de conducta, el incumplimiento de normas de avistamiento, puede determinar mayor intensidad en los cambios de comportamiento (Williams *et al.* 2002, Sitar *et al.* 2016). De esta forma, la cantidad de embarcaciones, tiempo y distancia de avistamiento puede llegar a representar parámetros claves en la reacción causada.

En conjunto, estas respuestas sugieren un comportamiento de huida frente a un depredador o un agente externo peligroso, causado por la percepción de un peligro potencial mayor al peligro real que representa una embarcación turística (Beale y Monaghan 2004). Representando para cada especie un consumo de energía adicional o la reducción de incorporación de la misma, al modificar los presupuestos de tiempo en actividades vitales (desplazamiento, alimentación, forrajeo y descanso) ante una fuente de perturbación no natural. Esta situación podría representar en una notable disminución de la energía disponible para satisfacer la demanda de su tasa metabólica. Provocando en el tiempo, si la perturbación es sostenida, una reducción del fitness del individuo (Lusseau *et al.* 2006, Nowacek *et al.* 2016). Así, esto determina una disminución de la capacidad del organismo, en virtud de su genotipo, para competir con éxito y contribuir con sus genes a las generaciones posteriores (Solomon *et al.* 2001).

Cuantificar el consumo de energía en presencia y ausencia de embarcaciones de avistamiento es determinante para estimar el efecto que tiene la actividad. Sin embargo, medir el consumo energético en cetáceos de gran tamaño es complicado y por lo tanto las metodologías a disposición son reducidas dado que éstas, de manera estricta, requieren la colocación de dispositivos de medición sobre los animales, perturbándolos inevitablemente o la captura y manipulación del animal en un ambiente controlado (Iverson *et al.* 2010). Sin embargo, el consumo de energía está muy relacionado con la frecuencia respiratoria en los cetáceos. Junto con mediciones de la velocidad de nado y de valores estimados de consumo de oxígeno, la frecuencia respiratoria puede ser utilizada como aproximación del consumo energético (Christiansen *et al.* 2014), a través de su conversión a un indicador como el costo masa específico de transporte (COT).

En el Perú el avistamiento turístico de observación de cetáceos surgió hace aproximadamente 30 años con la observación de delfines de río en la Amazonía (Hoyt y Iñiguez 2008). En la última década su crecimiento ha tenido un auge muy importante en el norte del país, con empresas dedicadas al avistamiento de la ballena jorobada (Pacheco *et al.* 2011). Estas ballenas pertenecen al Stock G (población reproductiva del Pacífico sureste), las cuales migran, durante el invierno y la primavera, desde sus zonas de alimentación en el sur de Chile y la Antártida hacia zonas tropicales con condiciones adecuadas para la reproducción (parto

y apareamiento) en las costas del norte de Perú, Ecuador, Colombia, llegando hasta Panamá y Costa Rica (Rodríguez 2004, Acevedo *et al.* 2004, 2017). Así en el norte del Perú, durante aproximadamente tres meses y medio, la ballena jorobada es avistada en tours de observación y sujeta a esta nueva fuente de perturbación antrópica.

La población del stock G ha experimentado en las últimas dos décadas un crecimiento anual alto y constante (Félix *et al.* 2011). Sin embargo, resulta importante e interesante cuantificar cuánto invierten las ballenas para evadir esta perturbación ocasionada por los botes de avistamiento turístico y qué significan estos valores en el presupuesto energético de las jorobadas que se encuentran en la costa norte de Perú. Esto se hace con la finalidad de controlar los efectos que esta actividad pueda representar en la biología de estas ballenas y fomentar la continuidad de su crecimiento poblacional, en un escenario en donde las normas y/o pautas de avistamiento de fauna marina siguen inexistentes.

Tomando esto en consideración, se presentan a continuación los objetivos de la siguiente tesis:

- Determinar el efecto que produce la presencia de embarcaciones de avistamiento de cetáceos en el costo de transporte de las ballenas jorobadas, en la costa norte del Perú durante la temporada reproductiva 2016.
- Determinar el efecto en la frecuencia respiratoria, velocidad de nado.
- Estimar el efecto biológico de la perturbación medida a través de la estimación de la velocidad óptima de transporte.
- Evaluar si existen diferencias en los posibles efectos causados por las embarcaciones de avistamiento según el cumplimiento o no de las normas de avistamiento propuestas en el código voluntario de conducta (Pacheco *et al.* 2011).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. METABOLISMO ENERGÉTICO: ESTIMACIÓN Y COSTO MASA ESPECÍFICO DE TRANSPORTE

El metabolismo energético es un conjunto de transformaciones químicas que permiten la vida, a través de la conversión del alimento en energía para los procesos celulares, de la síntesis de metabolitos para la formación de proteínas, lípidos, ácidos nucleicos y algunos carbohidratos y de la eliminación de desechos nitrogenados. La ingesta de alimento es la fuente de energía para los animales, mientras que el conjunto de actividades biológicas implica un gasto de la misma. El balance entre la energía incorporada y el consumo de esta durante el día y vida de un animal representa un presupuesto energético (Iverson *et al.* 2010). Una forma de estimar el presupuesto energético de un animal es determinar el metabolismo basal. Este mide la cantidad de energía necesaria para el mantenimiento de las funciones vitales, medido generalmente con el animal en reposo. Para misticetos, la medición del metabolismo basal solo ha podido determinarse en un ballenato de ballena gris (*Eschrichtius robustus*), utilizando técnicas respirométricas (Wahrenbrock *et al.* 1974, Hinga 1979).

Sin embargo, el estudio de animales en su medio natural requiere estimadores que registren el consumo de energía en movimiento. El costo masa específico de transporte (COT), representa la adición del metabolismo basal junto con el costo de locomoción y permite evaluar al animal en desplazamiento (Sumich 1983, Williams 1999, Williams y Noren 2009). Este se puede estimar utilizando la calorimetría directa, técnicas respirométricas, agua marcada con dilución de isótopos, utilizando aproximaciones a partir del ritmo cardiaco o ecuaciones alométricas en base a la frecuencia respiratoria del animal. La calorimetría directa tanto como las técnicas respirométricas requieren colocar al animal en una cámara sellada con el fin de medir la producción de calor o el consumo de O<sub>2</sub> y liberación de CO<sub>2</sub> respectivamente, para determinar el consumo de energía. Por otro lado, las técnicas que utilizan agua marcada con deuterio o tritio requieren la captura del animal, administración

del agua marcada y series de recapturas para evaluar el agua corporal. Todas estas técnicas proveen datos precisos y confiables sin embargo, la necesidad de mantener en cautiverio y de contar con recapturas hacen su utilización en animales de gran tamaño y marinos prácticamente imposible (Iverson *et al.* 2010).

El uso de aproximaciones, utilizando el ritmo cardiaco o la frecuencia respiratoria, ha surgido como una alternativa viable para la estimación del metabolismo energético de animales como los misticetos. Pero, el uso del ritmo cardiaco presenta a su vez sus complicaciones pues requiere de calibraciones en laboratorio, para determinar la relación entre la frecuencia cardiaca y la tasa de consumo de oxígeno (Butler *et al.* 2004), haciendo nuevamente muy complicada su aplicación. Por último, el consumo de energía está correlacionado con la tasa respiratoria en los cetáceos, siendo esta el número de respiraciones por intervalo de tiempo. De esta manera, el registro de la frecuencia respiratoria y velocidad de nado *in situ*, en conjunto con la utilización de valores estimados de consumo de oxígeno, pueden ser utilizados para aproximar el consumo energético (Christiansen *et al.* 2014), a través de su conversión a un indicador como COT. Este permite evaluar el consumo de energía del animal en movimiento y en expuesto a diferentes contextos, haciendo a este indicador una aproximación útil y practica para el estudio del efecto de la actividad antrópicas en especies de misticetos. El COT como unidad energética relativa a la masa y distancia de desplazamiento, brinda una aproximación de la eficiencia del transporte. Valores bajos de COT indican un consumo eficiente de la energía durante el desplazamiento mientras que valores más altos indican menor eficiencia en la utilización del oxígeno.

Adicionalmente evaluar la variación del COT y de la velocidad de desplazamiento, permite estimar la velocidad óptima de desplazamiento. Esta hace referencia a la velocidad en la cual el COT se hace mínimo maximizarse la eficiencia de consumo de oxígeno. Poco después de exceder este punto de velocidad, que corresponde al paso de ejercicio aeróbico a anaeróbico, el consumo de oxígeno tiende a aumentar muy rápidamente, reduciendo el rendimiento de oxígeno y de energía (Williams y Noren 2009, Christiansen *et al.* 2013). De esta manera, se podría determinar si los cambios en la velocidad de nado que podrían ser generados por una perturbación antrópica o natural, resultan en un cambio que determine salir del rango óptimo y por lo tanto representando una reducción rápida de la eficiencia energética.

## **2.2. BALLENA JROBADA: MIGRACIÓN, METABOLISMO Y ETOLOGÍA.**

La ballena jorobada es el mamífero que emprende la migración más larga en el planeta, desplazándose en el hemisferio sur distancias que alcanzan entre 6000 a 8000km en un solo tramo (Rasmussen *et al.* 2007, Horton *et al.* 2011). El agua cálida, de sus zonas de reproducción, permite a los ballenatos optimizar su desarrollo, al reducir la energía invertida en la termorregulación de su cuerpo, la cual debería invertir al nacer en aguas cercanas al punto de congelación. Esto a mediano plazo determinaría crías más grandes y con una mayor cantidad de grasa de aislamiento, mejor adaptadas contra el frío y depredadores (Clapham 2001, Christiansen *et al.* 2013). Se postula también que la reducción del riesgo por depredación por orcas (*Orcinus orca*), debido a que la abundancia del depredador natural de los ballenatos de ballenas jorobadas es menor en las zonas de reproducción, podría justificar la migración (Clapham 2001). Sin embargo, los registros de ataques y la presencia de poblaciones de orcas en zonas de reproducción han servido como evidencias para descartar esta hipótesis (Florez-Gonzalez *et al.* 1994).

El desarrollo evolutivo de una gruesa capa de grasa vascularizada inervada y soportada por tejido conectivo entre la epidermis y los músculos, “blubber”, permite un aislamiento térmico de los órganos vitales de diversos animales que viven en temperaturas frías y/o templadas (Parry 1949). Así, el “blubber” permite que pinnípedos, odontocetos y mysticetos sobrevivan a temperaturas muy bajas al reducir drásticamente la pérdida de calor corporal y el gasto energético en mantener una temperatura interna constante (Parry 1949). En los mysticetos que realizan migraciones reproductivas con aparente ayuno, como la jorobada, esta capa de grasa representa la principal fuente de energía, durante la migración (Parry 1949, Christiansen *et al.* 2013). Adicionalmente, al llegar sus zonas de reproducción las hembras preñadas deberán finalizar la gestación, parir y producir leche para el ballenato (Lockyer 1981, Craig y Herman 1997). Este consumo de energía llega a representar una disminución del peso de las hembras de hasta 50 por ciento (Craig y Herman 1997).

En los mamíferos marinos como la ballena jorobada, el metabolismo basal suele representar cerca de un 40 por ciento del presupuesto energético, mientras que el desplazamiento los 60 por ciento restantes (Cartwright y Sullivan 2009). En época de lactación, animales como la jorobada, tienden reducir la energía invertida en desplazamiento, disminuyendo su velocidad

de nado o permaneciendo descansando en la superficie. Esta situación, concede a la madre una mayor cantidad de energía disponible para la producción de leche y para el crecimiento de la cría (Cartwright y Sullivan 2009). En el norte del Perú, así como otras zonas de reproducción, las ballenas jorobadas siguen una distribución espacial segregada. Las madres con crías suelen distribuirse en aguas poco profundas cerca de la costa mientras que los grupos de adultos sin crías (dúos, tríos y grupos de más individuos), tienden a desplazarse en aguas hacia el quiebre de la plataforma continental (Smultea 1994, Félix *et al.* 2009, Guidino *et al.* 2014). De esta manera, la ausencia de condiciones oceanográficas adversas propias del mar abierto y de grupos de machos adultos en actividad reproductiva, facilita el cuidado del ballenato y la optimización del consumo de energía en madres y crías (Cartwright y Sullivan 2009, Braithwaite *et al.* 2015). Estas condiciones, podrían determinar un grupo (par: madre-cría) de mayor vulnerabilidad frente a perturbaciones de origen antrópico pues se encuentran más accesibles a embarcaciones de avistamiento (Scheidat *et al.* 2004) .

Durante el ciclo de vida, de las ballenas jorobadas realizan una serie de demostraciones aéreas, propulsando su cuerpo completa o parcialmente fuera del agua y golpeando sus aletas pectorales o cola en la superficie del agua. Sin embargo, durante la temporada reproductiva la frecuencia de estas aumenta significativamente. En los ballenatos, estas demostraciones están relacionadas a la formación y fortalecimiento de músculos (Cartwright y Sullivan 2009). Mientras que, para los individuos adultos y/o sub-adultos se proponen diferentes interpretaciones. El alivio de la irritación de una herida (Whitehead 1985), eliminación de ectoparásitos, fortalecimiento de músculos (Félix 2004), comunicación acústica no vocal (Tyack y Whitehead 1983, Würsig y Whitehead 2009) o simplemente diversión (Würsig y Whitehead 2009) han sido planteados como alternativas. Sin embargo, su altísima frecuencia en zonas de reproducción, relaciona estas demostraciones a actividades de cortejo, competencia y apareamiento. El costo energético que implican estos comportamientos es importante (Würsig y Whitehead 2009), no obstante el rol que estos cumplen en la ecología de esta especie parecen justificar dicha inversión (Félix 2004).

### **2.3. AVISTAMIENTO TURÍSTICO DE CETÁCEOS**

El avistamiento turístico de cetáceos es una industria que reúne a todas las actividades sean científicas, educacionales y/o recreacional que se basen en encontrar y observar una(s) de las

83 especies de cetáceos (delfines, ballenas y marsopas) en su hábitat natural (Parsons 2012). Esta actividad puede ser realizada desde tierra, aire (avioneta o helicóptero) y mar, siendo esta última alternativa la más común alrededor del mundo (Hoyt y Iñiguez 2008). Hoyt (2001) estimó que esta industria representaba cerca de un billón de dólares y cerca de 9 millones de turistas participaban en tours de avistamiento en 87 países y/o territorios.

El avistamiento de cetáceos o whale watching se originó a mediados de los años 40's, cuando estudiantes del Scripps Institution of Oceanography, junto con Carl L. Hubbles, llevaron a cabo conteos anuales de ballenas grises (*Eschrichtius robustus*) con rigor científico. Luego en 1950, en San Diego, el Cabrillo National Monument, fue convertido en un lugar público destinado al avistamiento de ballenas, atrayendo cerca de 10 mil personas en la primera temporada y siendo el primer lugar en el que se decidió cobrar una entrada a los turistas para poder acceder al punto de observación en el año 1955. Su crecimiento fue lento hasta el establecimiento de la moratoria internacional en el año 86, año partir del cual esta actividad crece rápidamente y en otras áreas donde se distribuyen alguna de especie de cetáceo (Kuo *et al.* 2012, Parsons y Rawles 2003, Hoyt 2001). En Latinoamérica esta actividad surgió hace un aproximado de 20 años y presento un crecimiento importante entre los años 1998 y 2006, estimándose para esa fecha cerca de 900 mil turistas generando ingresos directos por 80 millones de dólares e indirectos por 280 millones (Hoyt y Iñiguez 2008).

En el Perú el avistamiento turístico de cetáceos es una actividad muy reciente. Hoyt e Iñiguez (2008), describieron esta industria en Perú, estimando ingresos directos por solamente 120 mil dólares e indirectos por 114 mil dólares, basándose únicamente en el avistamiento de delfines de río (*Sotalia fluviatilis* e *Inia geoffrensis*) en la Amazonía peruana. Sin embargo, en la costa norte de Perú, esta actividad, surgió hace apenas 10 años y ha tenido un crecimiento muy acelerado en los últimos años. De esta manera, en el 2009 solamente había una embarcación que realizaba esta actividad, mientras que en el año de realización de este estudio se registraron 15 embarcaciones y varias empresas (Villagra observaciones personales).

El principal objetivo de los avistamientos turísticos es la observación de la ballena jorobada durante su temporada reproductiva. Sin embargo, la observación de otras especies, tales como los delfines comunes de hocico largo (*Delphinus capensis*), ballenas de Bryde (*Balaenoptera*

*brydei*), lobos marinos chusco (*Otaria flavescens*), tortuga verde (*Chelonia mydas*) y diversas especies de aves marinas (*Fregata magnificens*, *Pelecanus thagus*, *Sula nebouxi*, *Sula variegata*, *Phalacrocorax brasilianus* y *Phalacrocorax bougainvilli*) son atractivos para este tipo de actividad.

Esta industria es aún pequeña en comparación a lo observado en otros países (Hoyt 2001), sin embargo, su crecimiento acelerado hace necesaria la continuidad de observaciones e investigaciones que permitan determinar los efectos que pueden generar los botes utilizados para avistar las ballenas. Esto con el objetivo de mantener esta actividad sostenible en el tiempo, y reduciendo sus efectos estresantes en las especies más susceptibles (Higham *et al.* 2015).

El avistamiento de cetáceos se ha convertido, en las zonas donde se realiza, en una fuente de ingresos sumamente importante para las poblaciones locales. Otorgando en muchas caletas o zonas pesqueras, un alternativa sostenible a la caza de ballenas (en zonas donde se realizaba) y/o a la pesca en general (Hoyt 2001, Corkeron 2004, Pacheco *et al.* 2011). De esta manera provee ingresos directos a los operadores turísticos o pescadores que brinden el servicio, pero a su vez indirectos a través de la venta de alojamientos, restauración y transporte.

Así mismo, esta actividad turística ha creado una nueva plataforma para realizar investigaciones científicas sobre muchas especies de cetáceos (IWC 2012). De tal manera, el permitir el acceso a científicos investigadores en las embarcaciones de turismo ha permitido conocer con mayor detalle las especies que son sujetas a esta actividad, facilitando el enfoque de los esfuerzos destinados a proteger y conservar sus poblaciones (Hoyt 2001, Hoyt y Iñiguez 2008).

El conocer a una especie en su medio natural a través de tours de esta índole facilita la generación de una consciencia ambientalista tanto para los turistas como para los operadores turísticos y la comunidad en donde se desarrolla la actividad. De esta manera, si el tour es acompañado por un guiado informativo sobre la ecología de la especie así como también en el cuidado del ambiente, la actividad puede servir como una gran plataforma educacional y de concientización ambiental para personas de diferentes edades y nacionalidades (García-

Cegarra y Pacheco 2017). Esto es particularmente importante, en países donde las currículas escolares e incluso universitaria no incluyen estas temáticas en sus planes de educación (García-Cegarra y Pacheco 2017).

A pesar de todos estos beneficios, la actividad turística puede representar una fuente de perturbación para una gran cantidad de especies de animales terrestres y acuáticos, invadiendo su hábitat y muchas veces alterando las condiciones de este. La ballena jorobada es sujeta a la actividad turística conocida como avistamiento de cetáceos, en muchas de sus zonas de reproducción tanto como en zonas de alimentación, estando expuesta a una fuente de perturbación que puede llegar a alterar su comportamiento (Au y Green 2000, Schaffar *et al.* 2009, Alves *et al.* 2010, Stamation *et al.* 2010).

Se han observado efectos negativos en el comportamiento de diversos odontocetos y misticetos, por ejemplo en *Orcinus orca* (Trites y Bain 2000, Williams *et al.* 2002, Lusseau *et al.* 2009), *Physeter macrocephalus* (Magalhaes *et al.* 1999, Richter *et al.* 2006), *Tursiops spp.* (Lusseau y Higham 2004, Christiansen *et al.* 2010, Sitar *et al.* 2016), *Balaenoptera acutorostrata* (Christiansen *et al.* 2013) y *Megaptera novaeangliae* (Scheidat *et al.* 2004, Stamation *et al.* 2010, Alves *et al.* 2010). Los efectos registrados en estas especies incluyen aumentos en la velocidad de nado, en la frecuencia de cambios de direccionalidad de nado, reducción del tiempo en superficie y aumento del tiempo sumergido, aumentos en la frecuencia respiratoria y reducción del tiempo destinado a actividades como la alimentación, socialización y el descanso.

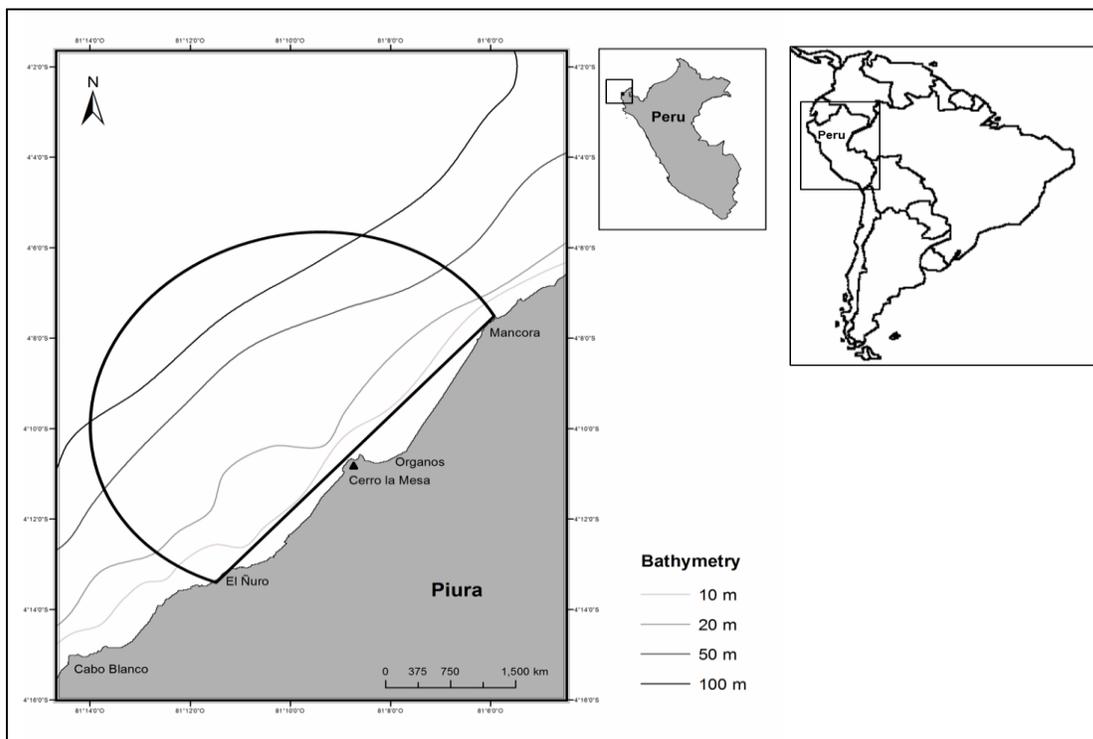
Así, estas alteraciones que fomentan un consumo adicional de energía podrían generar una condición crónica de estrés y deterioros de la salud del animal (Lusseau *et al.* 2006). Por otro lado, reducir o detener comportamientos vitales tales (alimentación, reproducción, descanso, vocalización), podría llegar a representar una reducción del fitness del animal, sobre todo si los individuos están expuestos por períodos largos y repetidos. De la misma forma perturbaciones constantes pueden determinar que una especie abandone un hábitat que le ofrece condiciones óptimas para seleccionar otra con el fin de evitar la fuente de estrés (Lusseau 2004, Bejder *et al.* 2006, Lusseau y Bejder 2007).

En resumen, estas situaciones podrían determinar un detrimento en la condición de la población, reducción de la abundancia, de la tasa de natalidad o sobrevivencia. Estos efectos aún no han podido ser registrados en especies de misticetos. Sin embargo, en Shark Bay, Australia la población de *Tursiops aduncus* ha registrado una reducción significativa de su abundancia debido a la actividad turística de avistamiento (Bejder *et al.* 2006). Así mismo, en Bocas del Toro, Panamá, el avistamiento turístico ha sido identificado como una amenaza importante para una población pequeña de delfines nariz de botella (*Tursiops truncatus*) debido al incumplimiento de las pautas de conducta en el turismo de observación (excesivo número de embarcaciones, no respecto a las distancias mínimas de aproximación) que han conllevado a muertes por colisiones directas con los animales (Sitar *et al.* 2016).

Aquellas especies de cetáceos en zonas de distribución y/o movimientos espaciales reducidos (generalmente odontocetos) son, al ser objetos de avistamiento turístico de cetáceos o alguna otra fuente perturbadora, más susceptibles a presentar consecuencias que puedan afectar las condiciones poblacionales (Sitar *et al.* 2016). Por otro lado, los grandes misticetos tienen la posibilidad de nadar a grandes distancias, y de sumergirse a mayores profundidades por más tiempo y además de anualmente viajar miles de kilómetros lejos de la perturbación al migrar (Lusseau y Bejder 2007). Sin embargo, la situación crítica a la que fueron llevados durante la caza determina aun en la actualidad poblaciones con crecimientos muy bajos o nulos para determinadas especies (Clapham *et al.* 1999). Si bien, la ballena jorobada en el mundo en general y en el Pacífico sureste ha demostrado un crecimiento importante desde la moratoria mundial (Félix *et al.* 2011, Branch 2011), esto no descarta efectos causados por otras actividades antrópicas que merecen atención científica.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio comprendió el área costera del norte del Perú, entre El Ñuro ( $4^{\circ}13'01''$  S,  $81^{\circ}10'35''$  W) y Máncora ( $4^{\circ}06'26''$  S,  $81^{\circ}02'50''$  W), comprendiendo 16 kilómetros de costa. Un equipo integrado por 2 personas realizó los seguimientos diarios de grupos de ballenas, desde las 6:45am hasta las 11am durante el periodo comprendido entre el 17 de agosto hasta el 15 de octubre de 2016, cubriendo un área panorámica de aproximadamente 7km. de radio. Se realizaron mediciones utilizando una estación total con GPS integrado (Nikon DTM-320) y binoculares 10x50, desde una planicie natural denominada “cerro la mesa” situada a una altura de 31 msnm ( $4^{\circ}10'35''$  S,  $81^{\circ}08'03''$  W) (Figura 1)



**Figura 1: Zona de estudio en Los Órganos, Perú**

Nota: Se muestra un área semicircular con radio aproximado de 7km., correspondiente al rango de visión de la estación total.

FUENTE: Elaboración propia

Durante la toma de datos las condiciones de visibilidad en el área de estudio fueron favorables; soleado: n=27 días; neblina: n=1 días; nublado: n=22 días, permitiendo una visibilidad de 6-10 km durante 47 días (94 por ciento) de observación. Las condiciones del mar se registraron con el fin de minimizar el efecto de estas en la capacidad de seguir las ballenas desde tierra. Estas se mantuvieron en un valor de 0 en la escala de Beaufort, el 34 por ciento de los días (n=17), y valores de 1, durante el resto del estudio (n=33 días). La zona de estudio se caracteriza por presentar vientos leves o ausentes en las primeras horas de la mañana para luego aumentar en intensidad y velocidad alrededor del mediodía, factor por el cual, la actividad de avistamientos de ballenas suele comenzar temprano en la mañana.

Las embarcaciones utilizadas para realizar el avistamiento de ballenas en la zona, comprenden botes pequeños de pesca artesanal (3-6m.), acondicionados para el avistamiento, lanchas de fibra de vidrio (10m.) y un yate (15m.) de 15m. La flota de avistamiento reúne en 7 empresas, 15 embarcaciones.

### **3.1. METODOLOGÍA DE ESTUDIO**

El estudio se basó en el seguimiento de grupos focales de ballenas desplazándose en el rango de visión de la estación total. Se consideraron como grupo al conjunto de ballenas, desplazándose de manera conjunta, realizando respiraciones e inmersiones casi sincronizadas y separadas por una distancia menor al equivalente a 10 cuerpos de una ballena adulta. Los grupos focales, fueron seguidos a partir de su primer avistamiento hasta que salieron del campo visual de la estación total, buscándose obtener observaciones antes, durante y después de la aproximación de las embarcaciones de turismo. Con el fin de evitar la confusión entre individuos pertenecientes a un mismo grupo, se determinaron diferencias entre los integrantes del grupo y realizó la evaluación en base a una única ballena. Cuando no fue posible diferenciar las ballenas de manera individual, se registró el comportamiento total del grupo y luego este se dividió entre la cantidad de individuos.

El equipo de observación estuvo integrado por dos investigadores trabajando en simultaneo y coordinado para el seguimiento de cada grupo focal. El primero de ellos, a cargo de la estación total, marcó la posición del grupo focal en cada emergencia e inmersión. Cada punto marcado por la estación consiste en el registró de los ángulos en los planos horizontal y

vertical de la posición marca en base a un punto de referencia, junto con la hora de cada registro de posición. Utilizando la altura y coordenadas geográficas de la estación total y el punto de referencia conocido, los datos angulares fueron convertidos a coordenadas geográficas utilizando el teorema de senos en una hoja de Microsoft Excel. Luego utilizando el conversor igg KML creator (<http://www.apps.ingeapps.com/gtools/en/kml-creator.php>), las coordenadas fueron llevado a Google Earth. El conjunto de puntos geográficos determinó el trazo del recorrido del grupo focal. Al sumar las distancias de los tramos entre cada punto de inmersión y respiración se determinó la distancia total recorrida por el grupo de ballenas. Finalmente, utilizando la distancia calculada y el tiempo total del avistamiento se calculó la velocidad de nado del grupo focal ( $V_M$ ).

El segundo investigador, utilizando los binoculares determinó el número de ballenas y el tipo de grupo. Este mismo fue atribuido a dos posibles categorías, grupos sin crías: incluyó ballenas solitarias, pares, tríos, grupos de navegación y grupos de competencia y grupos con crías: la cual incluyó grupos de madre con crías, madre con cría y escolta/s. (Tabla 1). Este factor se incluyó en el análisis con el fin de determinar si existen diferencias etológicas y fisiológicas entre ambos tipos de grupos y que por lo tanto debes ser consideradas para la evaluación del efecto de las embarcaciones. Así mismo, registró simultáneamente los tiempos de inmersión y en superficie, el número de respiraciones, así como la cantidad de embarcaciones de avistamiento. Las embarcaciones de avistamiento fueron consideradas como presentes para el grupo focal a partir de una distancia menor de 400m (Pacheco *et al.* 2011). De tal manera, se determinaron seguimientos a grupos focales de ballenas en presencia de embarcaciones y en ausencia de embarcaciones. Asimismo, lo seguimiento que comenzaron como en “ausencia de embarcación”, pudieron dar lugar a un seguimiento en “presencia de embarcaciones” debido a la llegada de las mismas.

Adicionalmente, se registró el número de embarcaciones con un mismo grupo focal, el tiempo de avistamiento total y la distancia mínima con las ballenas fueron a su vez registrados durante el seguimiento de cada grupo.

**Tabla 1: Tipos de grupos de ballenas**

<b>Categorías</b>	<b>Tipos de grupos</b>	<b>Descripción</b>
<b>Grupos focales con crías</b>	Madre con cría	Grupo de dos individuos, uno de los cuales es por lo menos el doble del tamaño del otro, identificado como la madre.
	Madre con cría y escolta/s	Grupo de tres o más individuos, uno de los cuales es de un tamaño mucho menor, en constante proximidad con la madre. Adicionalmente uno o más individuos adultos de sexo variable.
<b>Grupos focales sin crías</b>	Solitario	Individuo adulto
	Par	Dos individuos adultos de sexo variable
	Trío	Tres individuos adultos de sexo variable
	Grupo de navegación	Cuatro o más individuos adultos de sexo variable, con trayectoria de nado constante y sincronía de nado
	Grupo de competencia	Cuatro o más individuos adultos de sexo variable (aunque generalmente compuesto por una hembra y varios machos), con comportamiento activo de competencia (comportamiento aéreo, agresión física directa, bloqueo de nado, soplido trompeta, etc).

FUENTE: Elaboración propia

### **3.2. ANÁLISIS DE LOS DATOS**

#### a. Estimación del Costo Masa Específico de Transporte (COT):

Se utilizaron las variables velocidad de nado ( $V_M$ ) y frecuencia respiratoria ( $f$ ) para realizar las estimaciones de COT.

#### **Determinación de la Velocidad de nado ( $V_M$ )**

La velocidad promedio ( $V_M$ , en  $m \times s^{-1}$ ) de nado se calculó a partir de la división de la distancia total del recorrido entre el tiempo de seguimiento del grupo focal.

#### **Determinación de la Frecuencia respiratoria ( $f$ )**

La tasa respiratoria media ( $f$ , en respiraciones  $\times \text{min}^{-1}$ ) se calculó a partir de la división del número de respiraciones realizadas en todo el seguimiento del grupo focal entre la duración (min) del mismo.

### **Determinación del Costo Masa Específico de Transporte (COT):**

Se calculó el volumen respiratorio por minuto,  $V_{\min}$  ( $l \times \text{min}^{-1}$ ), es decir el volumen de aire respirado por minuto a partir de la frecuencia respiratoria medida,  $f$  (respiraciones  $\times \text{min}^{-1}$ ) y el volumen de vaivén,  $V_t$  ( $l \times \text{respiración}^{-1}$ ), es decir la cantidad de aire inspirado por ciclo respiratorio.

$$V_{\min} = V_t \times f$$

Para la estimación del volumen de vaivén, se asumió que este corresponde al 60 por ciento del volumen o capacidad pulmonar  $V_p$ . (Folkow y Blix 1992, Wahrenbrock *et al.* 1974).

$$V_t = 0.6V_p$$

La capacidad pulmonar en ballenas jorobadas se estimó a partir de la longitud del cuerpo de la ballena jorobada (Dolphin 1987).

$$V_p = L \times 2.53 \times 10^3$$

Siendo  $L$ , la longitud del cuerpo del animal, en metros. Al ser imposible la medición de la longitud desde tierra, se tomó el valor promedio de 12.2 m en individuos adultos, determinado como el tamaño promedio para ambos sexos en base a los datos de caza de jorobadas en Perú, entre los años 1961 y 1966 (Ramírez 1988).

A partir del volumen de aire respirado por minuto, el contenido de oxígeno en el aire y la tasa de extracción de oxígeno se estimó la tasa de consumo de oxígeno (Folkow y Blix 1992).

$$V_{O_2} = V_{\min} \times 0.21 \times E_{O_2}$$

Donde  $V_{O_2}$  es la tasa de consumo de oxígeno ( $l \text{ O}_2 \times \text{min}^{-1}$ ),  $V_{\min}$ , el volumen respiratorio por minuto ( $l \times \text{min}^{-1}$ ), 0.21 el contenido de  $\text{O}_2$  en el aire inspirado y  $E_{O_2}$  es la tasa de extracción de oxígeno extraído del aire en los pulmones durante un ciclo respiratorio. Estimada en un valor de 45 por ciento (Folkow y Blix 1992, Wahrenbrock *et al.* 1974). La tasa de consumo de energía o MR ( $J \times \text{min}^{-1}$ ) se estimó transformando la tasa de consumo de oxígeno ( $V_{O_2}$ )

en unidades de energía a través de la utilización del factor de conversión de  $20.1 \text{ kJ} \times \text{l}^{-1} \text{ O}_2$  (Folkow y Blix 1992).

$$\text{MR} = (20.1 \times \text{VO}_2)$$

Finalmente se calculó el Costo Masa-Específico de Transporte, COT, a partir de la tasa de consumo de energía, MR ( $\text{J} \times \text{min}^{-1}$ ), la velocidad de nado,  $V_M$  ( $\text{m} \times \text{s}^{-1}$ ) y la masa del cuerpo de la jorobada, W (kg) (Culik *et al.* 1994, Sumich 1983, Williams y Noren 2009)

$$\text{COT} = \text{MR} \times (V_M \times W)^{-1}$$

Donde la velocidad de nado,  $V_n$  ( $\text{m} \times \text{s}^{-1}$ ) fue medida, mientras que la masa del cuerpo, W (kg), se estimara a partir de la siguiente ecuación (Dolphin 1987)

$$W = 3.02 \times L$$

Tomándose nuevamente, L igual a 12.2m, se obtiene un peso promedio para individuos de ambos sexos de 36 240 kg.

Adicionalmente, en aquellas categorías que demostraron cambios significativos debido a la presencia embarcaciones, se volvió a multiplicar el COT estimado por la velocidad promedio de la categoría, con el fin de determinar la tasa metabólica (MR)

b. Estimación de la velocidad óptima de desplazamiento

Se analizó la relación entre las velocidades de nado y el COT estimado para los grupos focales con y sin presencia de embarcaciones. Simultáneamente se analizó la relación entre velocidad de nado y frecuencia respiratoria. Ambos análisis se realizaron con la finalidad de detectar la presencia de ineficiencia energética por ejercicio anaeróbico. Este tipo de ejercicio hace referencia a la formación de ATP celular en ausencia de  $\text{O}_2$ , debido a una actividad generalmente muy intensa.

c. Número de embarcaciones, distancia y tiempo de avistamiento

Se analizó del efecto del cumplimiento o incumplimiento de las normas de conducta voluntaria de avistamiento (Pacheco *et al.* 2011) en las variables frecuencia respiratoria ( $f$ ),

velocidad de nado ( $V_M$ ) y COT para todos los grupos focales con y sin crías. El análisis del efecto de estos factores se realizó de forma conjunta tomando en cuenta que en la naturaleza y bajo la percepción del animal estos probablemente actúen juntos y no cada uno por separado.

Se calificó el avistamiento de forma cualitativa, como “óptimo” al respetarse las normas de conducta voluntaria para por lo menos 2 de los 3 factores evaluados del avistamiento registrados (distancia, número de embarcaciones y tiempo de avistamiento), y “no óptimo” al cumplirse solamente 1 o ninguna. Se utilizaron los siguientes criterios para evaluar cada variable del avistamiento:

- Número de embarcaciones:  $X > 3 =$  no óptimo;  $X \leq 3 =$  óptimo
- Tiempo de avistamiento (minutos):  $X \geq 30 =$  no óptimo;  $X < 30 =$  óptimo
- Distancia de avistamiento (metros):  $X < 100 =$  no óptimo;  $X > 100 =$  óptimo

### **3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

#### **a. Análisis del efecto de la presencia de crías en los grupos focales**

En base a los valores determinados según la metodología descrita, se buscó determinar el efecto de la presencia de crías en los grupos focales registrados en la frecuencia respiratoria, velocidad de nado y COT estimado. En este sentido, se realizaron pruebas de Kruskal-Wallis para determinar diferencias significativas entre grupos con y grupos sin crías, tomando en consideración grupos de ballenas seguidas con y sin embarcaciones, así como con embarcaciones y sin embarcaciones por separado. Adicionalmente, se realizaron Modelos Lineales Generalizados (MLG), con el fin de complementar los resultados de las pruebas de significancia descritas. Los análisis descritos se realizaron con la finalidad de detectar diferencias etológicas y fisiológicas naturales entre ambos tipos de grupos y en base a esto determinar si fuera necesario analizar el efecto de la presencia de embarcaciones por separado (con y sin crías, solo con y solo sin crías).

- b. Análisis del efecto de la presencia de embarcaciones de avistamiento turístico de cetáceos en los grupos focales.

Este estudio contempló el análisis de las siguientes variables: frecuencia respiratoria, velocidad de nado, costo masa específico de transporte en base a 2 criterios de estudio: la presencia o ausencia de embarcaciones de avistamiento. Las comparaciones fueron realizadas utilizando el análisis de varianza o análisis de Kruskal Wallis, dependiendo del cumplimiento o no de los requisitos de pruebas paramétricas. Las pruebas contemplaron la comparación de los grupos focales seguidos en ausencia de embarcaciones y aquellos seguidos en presencia de las mismas.

- c. Velocidad óptima de desplazamiento

Se efectuaron regresiones no lineales del COT estimado, en función de las velocidades de nado medidas durante el estudio, con el fin de determinar la relación existente entre ambas variables, así como para estimar el rango de velocidad óptima de transporte y COT mínimo. Adicionalmente, se realizaron regresiones lineales entre la frecuencia respiratoria y la velocidad de nado medidas para todos los grupos de ballenas.

- d. Efecto del número de embarcaciones, distancia y tiempo de avistamiento.

Para determinar el efecto que puede representar el incumplimiento de normas de conducta durante el avistamiento, se evaluaron los cambios en las variables de estudio según sí el avistamiento se desarrolló de manera óptima o no. Se realizaron pruebas de Kruskal Wallis para todos los grupos focales que fueron seguidos en presencia de embarcaciones de avistamiento de ballenas. Para ello se utilizaron 2 criterios de estudio: la presencia o ausencia de crías; y si el avistamiento fue categorizado como “óptimo” o “no óptimo”, según los criterios descritos. Todos los análisis estadísticos se realizaron en el software Minitab v.17.

#### IV. RESULTADOS

Se completaron un total de 167.3 horas de observación, durante el periodo de estudio. Se registraron un total de 412 ballenas pertenecientes a 177 grupos focales. Los grupos focales estuvieron conformados 93 grupos sin crías (53.07 por ciento) y 84 grupos con crías (47.93 por ciento). Se registraron 132.38 horas de seguimiento, 51,58 horas (38.96 por ciento) en grupos sin presencia de embarcaciones de avistamiento turístico de cetáceos y 80,8 horas (61.04 por ciento) con presencia de las mismas. Cabe resaltar que, de los 177 grupos, 41 fueron seguido primero en ausencia de embarcaciones y posteriormente en presencia de embarcaciones, tras la llegada de las mismas, resultando en un total de 218 ( $136+41*2$ ) seguimientos registrados.

El tiempo promedio de seguimiento fue de 45.63 minutos (DE=30.77; rango= 10-172 min). Se registraron embarcaciones en 112 de los 177 grupos focales evaluados. En estos, el número promedio de embarcaciones registradas con los grupos focales fue de 3.11 (DE=1.51 embarcaciones) embarcaciones por grupo, con un máximo de 9. Estas realizaron un avistamiento promedio por grupo de 48.20 minutos (DE=25.93min; rango=10-125min) manteniendo una distancia media con los grupos de ballenas de 39.9 metros (DE= 47.14m, rango= 3-315m).

De los 218 grupos focales se determinó la frecuencia respiratoria y velocidad de nado, y estimó en base a estas, el Costo Masa Específico de Transporte. De manera general, se registró un promedio de 0.69 respiraciones/min (DE=0.38) para la frecuencia respiratoria, de 1.53 metro/s para la velocidad de nado y de 0.629 (DE=1.025)  $J/(kg \times m)^{-1}$  para el COT. Sin embargo a continuación se presentan los resultados según la presencia o ausencia de crías, así como de embarcaciones en los grupos focales seguidos durante este estudio.

#### 4.1. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA PRESENCIA DE CRÍAS EN LOS GRUPOS FOCALES

A continuación, se realiza un análisis para determinar el efecto de la presencia de crías en los grupos focales, en las variables analizadas y por lo tanto de la presencia de diferencias metodológicas y fisiológicas entre ambos tipos de grupos. Lo descrito anteriormente, se realizará con la finalidad de determinar la necesidad o no de separar el análisis de efectos de las embarcaciones en las variables de estudio, en grupos con crías y grupos sin crías.

##### a. Grupos focales seguidos en presencia y ausencia de embarcaciones

En primer lugar, se analizaron los grupos focales de ballenas jorobadas seguidos tanto en presencia como en ausencia de embarcaciones de avistamiento turístico de cetáceos. De tal manera, se observa que los grupos focales sin crías tendieron a presentar una frecuencia respiratoria y velocidad de nado mayores, así como valores de COT menores a los registrados en grupos focales con crías (Tabla 2).

**Tabla 2: Valores de media y error estándar (DE) para la frecuencia respiratoria, velocidad de nado y costo masa específico de transporte en grupos de ballenas seguidos en presencia y ausencia de embarcación/es**

Variable	Presencia de cría	n	Media	DE.
Frecuencia respiratoria (resp/min)	SIN	107	0.7569	0.4265
	CON	111	0.6203	0.3108
Velocidad de nado (m/s)	SIN	107	1.6664	0.0571
	CON	111	1.3896	0.071
COT (J/(kg*m))	SIN	107	0.5434	0.0517
	CON	111	0.715	0.131

Nota: n=número de grupos focales; DE=Desviación Estándar.

FUENTE: Elaboración propia

Se realizaron las pruebas de Kruskal-Wallis para determinar si las diferencias mencionadas anteriormente son significativas. Tal como se muestra en la Tabla 3, la velocidad de nado en los grupos seguidos sin embarcaciones es significativamente mayor en grupos sin crías. Por otro lado, si bien las diferencias en la frecuencia respiratoria y COT, no resultaron significativas según los análisis realizados, los p-valores refuerzan las tendencias descritas para estas variables.

**Tabla 3: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis (H) para evaluar diferencias entre grupos con y sin crías en las variables frecuencia respiratoria, velocidad de nado y COT de grupos seguidos en ausencia y presencia de embarcación/es.**

Variable	Prueba (GL)	P valor	Significancia
<b>Frecuencia respiratoria</b>	H=7.01 (1)	0.008	*
<b>Velocidad de nado</b>	H=13.92 (1)	0	*
<b>COT</b>	H=0.54 (1)	0.462	n.s.

Nota: GL= Grados de Libertad / \*=Pruebas estadísticas con diferencias significativas utilizando  $\alpha=0.05$ , referencial.

FUENTE: Elaboración propia

b. Grupos focales seguidos en ausencia de embarcaciones

Al analizar únicamente los grupos focales de ballenas seguidos en ausencia de embarcaciones, se observa nuevamente que los grupos sin crías tendieron a presentar una frecuencia respiratoria y velocidad de nado mayores, así como valores de COT menores a los registrados en grupos con crías (Tabla 4).

**Tabla 4: Valores de media y error estándar (DE) para la frecuencia respiratoria, velocidad de nado y costo masa específico de transporte en grupos de ballenas seguidos en ausencia de embarcación/es**

Variable	Presencia de cría	n	Media	DE
<b>Frecuencia respiratoria (resp/min)</b>	SIN	63	0.747	0.3825
	CON	45	0.6752	0.408
<b>Velocidad de nado (m/s)</b>	SIN	63	1.6281	0.5105
	CON	45	1.1787	0.5475
<b>COT (J/(kg*m))</b>	SIN	63	0.4969	0.313
	CON	45	0.777	0.863

Nota: n=número de grupos focales; DE=Desviación Estándar.

FUENTE: Elaboración propia

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de las pruebas de Kruskal-Wallis, tal como se observa en la Tabla 5, la velocidad de nado en los grupos seguidos sin embarcaciones es significativamente mayor en grupos sin crías. Por otro lado, si bien las diferencias en la frecuencia respiratoria y COT, no resultaron significativas según los análisis realizados, los p-valores refuerzan las tendencias descritas para estas variables.

**Tabla 5: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis (H) para evaluar diferencias entre grupos con y sin crías en las variables frecuencia respiratoria, velocidad de nado y COT de grupos seguidos en ausencia de embarcación/es**

Variable	Prueba (GL)	P valor	Significancia
Frecuencia respiratoria	H=2.33 (1)	0.127	n.s.
Velocidad de nado	H=17.38 (1)	0	*
COT	H=2.86(1)	0.091	n.s.

Nota: GL= Grados de Libertad / \*=Pruebas estadísticas con diferencias significativas utilizando  $\alpha=0.05$ , referencial.

FUENTE: Elaboración propia

c. Grupos focales seguidos en presencia de embarcaciones

Los grupos seguidos en presencia de embarcaciones de avistamiento y sin crías tendieron a presentar valores de frecuencia respiratoria y velocidad de nado mayores a los registrados en grupos con presencia de ballenatos. Por otro lado, el COT promedio registrado en grupo sin crías es menor a los grupos con crías (Tabla 6).

**Tabla 6: Valores de media y error estándar (ES) para la frecuencia respiratoria, velocidad de nado y costo masa específico de transporte en grupos de ballenas seguidos en presencia de embarcación/es**

Variable	Presencia de cría	n	Media	DE
Frecuencia respiratoria (resp/min)	SIN	48	0.7698	0.4759
	CON	62	0.5804	0.2097
Velocidad de nado (m/s)	SIN	48	1.717	0.706
	CON	62	1.543	0.815
COT (J/(kg*m))	SIN	48	0.605	0.747
	CON	62	0.67	1.622

Nota: n=número de grupos focales; DE=Desviación Estándar.

FUENTE: Elaboración propia

Tal como se muestra en la Tabla 7, ninguna de las diferencias mencionadas es estadísticamente significativa. Sin embargo, cabe destacar que los p-valores obtenidos para frecuencia respiratoria y velocidad de nado, reflejan mayores frecuencias respiratorias y velocidades de nado en grupos sin crías de manera similar a lo registrado anteriormente en aquellos grupos seguidos sin presencia de embarcaciones

**Tabla 7: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis y ANOVA para evaluar diferencias entre grupos con y sin crías en las variables frecuencia respiratoria, velocidad de nado y COT de grupos seguidos en presencia de embarcación/es.**

Variable	Prueba (GL)	P valor	Significancia
<b>Frecuencia respiratoria</b>	H=3.35 (1)	0.067	n.s.
<b>Velocidad de nado</b>	H=3.02 (1)	0.082	n.s.
<b>COT</b>	H=0.04(1)	0.84	n.s.

Nota: GL= Grados de Libertad / \*=Pruebas estadísticas con diferencias significativas utilizando  $\alpha=0.05$ , referencial.

FUENTE: Elaboración propia

d. Modelos líneas generalizados

En este inciso, se presentan los resultados de los modelos lineales generalizados (GLM) realizados para complementar el análisis del efecto de la presencia de crías y embarcaciones, así como de la interacción de ambas variables en la frecuencia respiratoria, velocidad de nado y costo masa específico de transporte. Se enfocará el análisis en el efecto de la presencia de crías, correspondiente a esta sección. De tal manera, en el inciso: 0., de la sección: Análisis del efecto de la presencia de embarcaciones de avistamiento turístico de cetáceos en los grupos focales, se continuará el análisis de los estos modelos con enfoque en la presencia de las embarcaciones.

Tal como se observa en la Tabla 8, según los GLM realizados, la presencia de crías determina diferencias significativas, en las variables frecuencia respiratoria y velocidad de nado. Esto concuerda con los resultados presentados en los incisos a. y b. de la presente sección.

**Tabla 8: Modelos Lineales Generalizados para determinar efecto de la interacción de la presencia de embarcaciones y crías en las variables frecuencia respiratoria, velocidad de nado y COT**

Variable	FUENTE	Valor F (GL)	P valor	Significancia
Frecuencia respiratoria	Embarcación	0.50 (1)	0.481	-
	Cría	6.54 (1)	0.011	*
	Embarcación*Cría	1.33 (1)	0.251	-
Velocidad de nado	Embarcación	6.27 (1)	0.013	*
	Cría	11.89 (1)	0.001	*
	Embarcación*Cría	2.32 (1)	0.129	-
Costo masa específico	Embarcación	0.00 (1)	0.999	-
	Cría	1.51 (1)	0.22	-
	Embarcación*Cría	0.58 (1)	0.446	-

Nota: GL= Grados de Libertad / \*=Pruebas estadísticas con diferencias significativas utilizando  $\alpha=0.05$ , referencial.

FUENTE: Elaboración propia

#### **4.2. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA PRESENCIA DE EMBARCACIONES DE AVISTAMIENTO TURÍSTICO DE CETÁCEOS EN LOS GRUPOS FOCALES.**

En primero lugar se presentarán los resultados generales del análisis del efecto de la presencia de embarcaciones de avistamiento turístico de cetáceos en las variables: frecuencia respiratoria, velocidad de nado y COT, en todos los grupos focales de ballenas jorobadas seguidos. Sin embargo, tal como se demostró en la sección anterior, existen diferencias significativas en la frecuencia respiratoria, velocidad de nado y COT, entre los grupos de ballenas jorobadas que integran una cría y aquellos que no. Por este motivo, se presentará adicionalmente, el análisis de efecto de la presencia de embarcaciones para grupos sin crías y grupos con crías por separado en cada una de las variables de estudio.

##### **a. Frecuencia respiratoria**

Al evaluar la variable frecuencia respiratoria, se observa una tendencia general en los registros obtenidos de los grupos focales. Todos los grupos focales (con y sin crías), aquellos sin presencia de crías y aquellos con crías, tendieron a presentar una frecuencia respiratoria

mayor cuando fueron seguidos sin presencia de embarcaciones de avistamiento turístico en comparación a cuando una o más embarcaciones estuvo presente (Tabla 9).

**Tabla 9: Valores de media y error estándar (ES) para la frecuencia respiratoria en grupos focales de ballenas**

Presencia de crías	Presencia de embarcaciones	n	Media	DE.
CON y SIN	SIN	108	0.717	0.393
	CON	110	0.663	0.362
SIN	SIN	63	0.747	0.382
	CON	48	0.77	0.476
CON	SIN	45	0.675	0.408
	CON	62	0.58	0.21

Nota: n=número de grupos focales; DE=Desviación Estándar.

FUENTE: Elaboración propia

Se realizaron las pruebas de Kruskal-Wallis para la determinar si existen diferencias significativas entre grupos de ballenas seguidas sin y con embarcaciones. Como se muestran en la Tabla 10, no se registraron diferencias significativas, debido a la presencia o ausencia de embarcaciones, tanto para todos los grupos focales (con y sin crías), así como para grupos con crías y grupos sin crías por separado.

**Tabla 10: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis (H) para evaluar diferencias en la frecuencia respiratoria en grupos focales de ballenas**

Presencia de crías	Prueba (GL)	P valor	Significancia
CON y SIN	H=0.98 (1)	0.322	n.s.
SIN	H=0.09 (1)	0.759	n.s.
CON	H=0.09 (1)	0.769	n.s.

Nota: GL= Grados de Libertad / \*=Pruebas estadísticas con diferencias significativas utilizando  $\alpha=0.05$ , referencial.

FUENTE: Elaboración propia

b. Velocidad de nado

Los grupos focales sin embarcaciones tendieron a presentar velocidades de nado menores a aquellos seguidos con una o más embarcaciones. Esta tendencia es observable en todos los grupos de ballenas sin importar la presencia o ausencia de crías en los mismos (Tabla 11).

**Tabla 11: Valores de media y error estándar (ES) para la velocidad de nado en grupos focales de ballenas**

<b>Presencia de crías</b>	<b>Presencia de embarcaciones</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>DE</b>
<b>CON y SIN</b>	SIN	108	1.441	0.569
	CON	110	1.619	0.77
<b>SIN</b>	SIN	63	1.628	0.511
	CON	48	1.717	0.706
<b>CON</b>	SIN	45	1.179	0.548
	CON	62	1.543	0.815

Nota: n=número de grupos focales; DE=Desviación Estándar.

FUENTE: Elaboración propia

Las pruebas de Kruskal-Wallis fueron efectuadas con la finalidad de comprobar la significancia de las diferencias observadas y explicada en el párrafo anterior. En primer lugar, al evaluar todos los grupos focales (con y sin crías), se observan diferencias, aunque no estadísticamente significativas ( $p$ -valor=0.082), que demuestran velocidades de nado mayores en los grupos seguidos con embarcaciones. Este resultado probablemente se deba al comportamiento registrado en aquellos grupos sin crías, pues estos no demostraron diferencias. Por otro lado, se comprobaron diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor=0.007), entre aquellos grupos con crías que fueron seguidos sin embarcaciones y aquellos que fueron seguidos con embarcaciones, representando velocidades de nado mayores en estos últimos (Tabla 12).

**Tabla 12: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis (H) para evaluar diferencias en la velocidad de nado en grupos focales de ballenas.**

Presencia de crías	Prueba (GL)	P valor	Significancia
CON y SIN	H=3.03 (1)	0.082	n.s.
SIN	H=0.43 (1)	0.513	n.s.
CON	H=7.35 (1)	0.007	*

Nota: GL= Grados de Libertad / \*=Pruebas estadísticas con diferencias significativas utilizando  $\alpha=0.05$ , referencial.

FUENTE: Elaboración propia

c. Costo masa específico de transporte

Se evaluó el efecto de la presencia de embarcaciones en los grupos focales de ballenas en el COT, estimado a partir de la frecuencia respiratoria y velocidad de nado registrada. Todos los grupos focales (con y sin crías), así como aquellos solamente sin crías demostraron tendencia a presentar valores mayores de COT cuando uno más embarcaciones de avistamiento estuvieron presentes. Por otro lado, los grupos de ballenas con crías, mostraron la tendencia de un COT mayor cuando las embarcaciones estuvieron ausentes (Tabla 13).

**Tabla 13: Valores de media y error estándar (ES) para el Costo Masa específico de Transporte (COT), en grupos focales de ballenas**

Presencia de crías	Presencia de embarcaciones	n	Media	DE
CON y SIN	SIN	108	0.614	0.618
	CON	110	0.642	1.309
SIN	SIN	63	0.497	0.313
	CON	48	0.605	0.747
CON	SIN	45	0.777	0.863
	CON	62	0.67	1.622

Nota: n=número de grupos focales; DE=Desviación Estándar.

FUENTE: Elaboración propia

Con la finalidad de determinar, se las diferencias descritas son estadísticamente significativas o no, se realizaron pruebas de Kruskal-Wallis. Los resultados obtenidos considerando todos los grupos focales (con y sin crías), demuestran que estos al ser seguido en presencia de embarcaciones presentan un COT mayor (p-valor=0.074) a cuando fueron seguido sin embarcaciones. Sin embargo, los grupos con presencia de ballenatos demostraron tener un

COT significativamente mayor, cuando fueron seguido sin embarcaciones de avistamiento. Por último, los grupos sin crías no demostraron diferencias significativas en el COT debido a la presencia de embarcaciones (Tabla 14).

**Tabla 14: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis (H) para evaluar diferencias en el Costo Masa Específico de Transporte en grupos focales de ballenas.**

Presencia de crías	Prueba (GL)	P valor	Significancia
<b>CON y SIN</b>	H=3.19 (1)	0.074	n.s.
<b>SIN</b>	H=0.25 (1)	0.617	n.s.
<b>CON</b>	H=4.71 (1)	0.03	*

Nota: GL= Grados de Libertad / \*=Pruebas estadísticas con diferencias significativas utilizando  $\alpha=0.05$ , referencial.

FUENTE: Elaboración propia

d. Efecto de la interacción entre la presencia de crías y presencia de embarcaciones

Se plantearon modelos lineales generalizados (MLG) para complementar el análisis del efecto de la presencia de crías y embarcaciones, así como de la interacción de ambas variables en la frecuencia respiratoria, velocidad de nado y costo masa específico de transporte. De tal manera, en este inciso se analiza el efecto de la presencia de embarcaciones de avistamiento turístico, tal como le corresponde a esta sección de los resultados, en conjunto con el efecto de la interacción de la presencia de embarcaciones y de crías en los grupos focales. Así y de la misma manera que se registró en los análisis detallados en el inciso b. de esta sección, la presencia de embarcaciones, representan una fuente significativa de variabilidad de la velocidad de nado de los grupos focales.

**Tabla 15: Modelos Lineales Generalizados**

Variable	FUENTE	Valor F (GL)	P valor	Significancia
Frecuencia respiratoria	Embarcación	0.50 (1)	0.481	-
	Cría	6.54 (1)	0.011	*
	Embarcación*Cría	1.33 (1)	0.251	-
Velocidad de nado	Embarcación	6.27 (1)	0.013	*
	Cría	11.89 (1)	0.001	*
	Embarcación*Cría	2.32 (1)	0.129	-
Costo masa específico	Embarcación	0.00 (1)	0.999	-
	Cría	1.51 (1)	0.22	-
	Embarcación*Cría	0.58 (1)	0.446	-

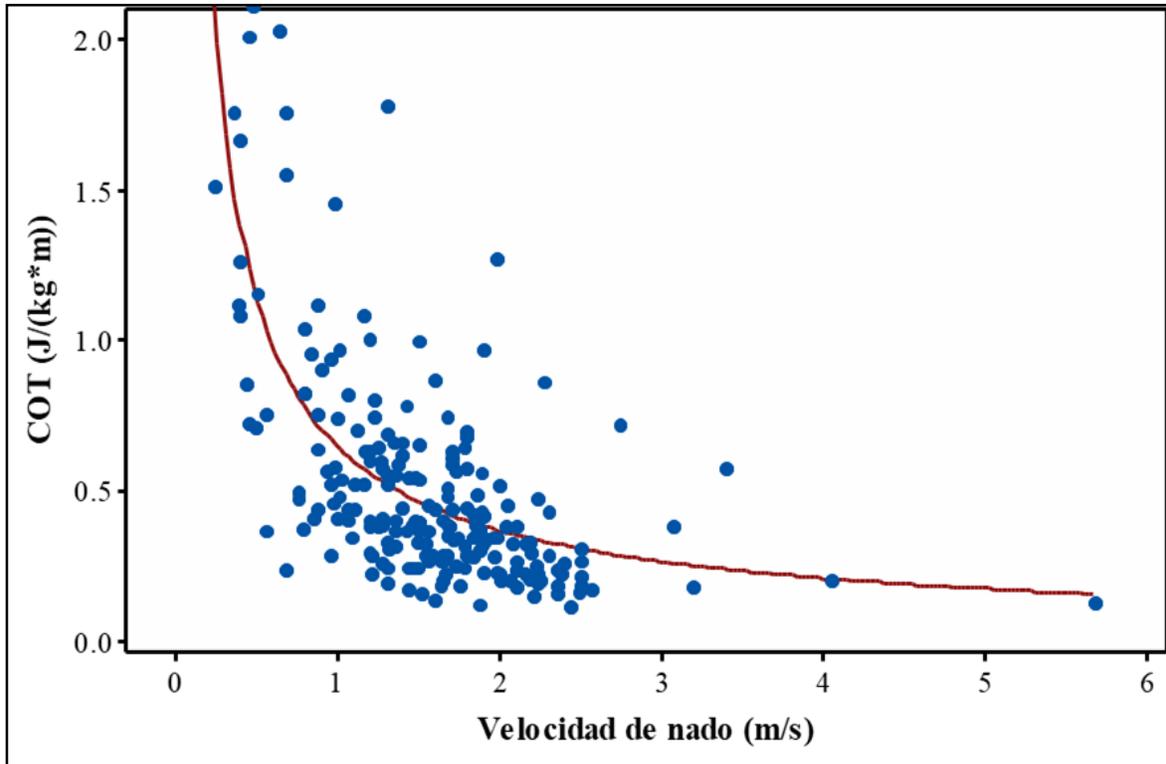
Nota: GL= Grados de Libertad / \*=Pruebas estadísticas con diferencias significativas utilizando  $\alpha=0.05$ , referencial.

FUENTE: Elaboración propia

### 4.3. VELOCIDAD ÓPTIMA DE DESPLAZAMIENTO

Se realizaron las regresiones no lineales, para determinar la relación entre la velocidad de nado de los grupos focales y el COT registrado. De esta manera se obtuvieron tres ecuaciones potenciales, la primera correspondiente al análisis para todos los grupos focales ( $COT = 0.64691 \times Vn^{-0.820695}$ ,  $R^2=0.5075$ ), la segunda para aquellos grupos focales con crías ( $COT = 0.565736 \times Vn^{-0.8587}$ ,  $R^2=0.6708$ ) y la tercera para los grupos focales sin crías ( $COT = 0.73854 \times Vn^{-1.04244}$ ,  $R^2=0.4345$ ). Donde COT, es el costo masa específico de transporte estimado en base a la frecuencia respiratoria y velocidad de nado, en J/(kg\*m) y Vn, la velocidad de nado medida, en m/s.

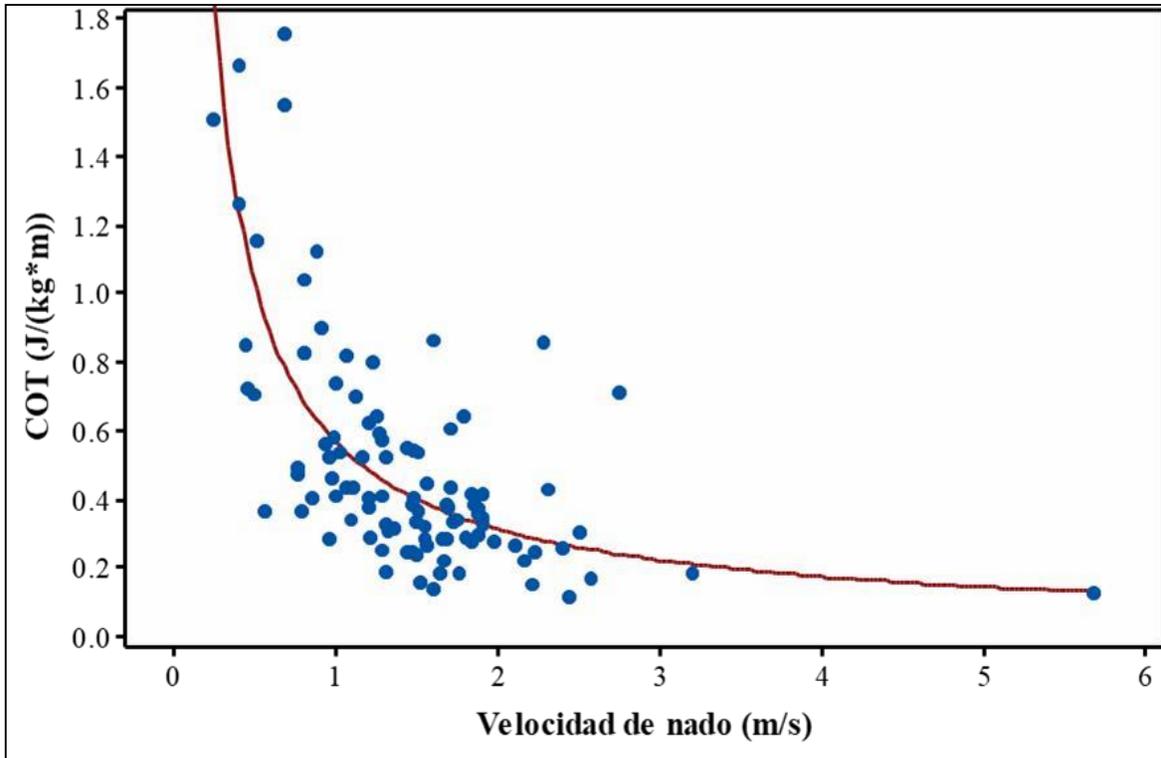
Al evaluar la variación del COT con respecto de la velocidad de nado al considerar todos los grupos focales (con y sin crías), se observa una reducción exponencial del COT con el incremento de la velocidad entre los 0,24 y 1,5 m/s. Luego de alcanzar y exceder los 2 m/s, los aumentos de velocidad de nado continúan reduciendo el COT, sin embargo, esta reducción se produce de una manera mucho menor hasta las mayores velocidades registradas (5.67 m/s). En base a esto, se estima una velocidad óptima de transporte entre los 2 y 5.67 m/s, determinando un COT mínimo de 0.330-0.123 J/ (kg\*m) (**Figura 2**).



**Figura 2: Regresión potencial del COT en función de las velocidades de nado registradas en los grupos focales con y sin crías.**

FUENTE: Elaboración propia

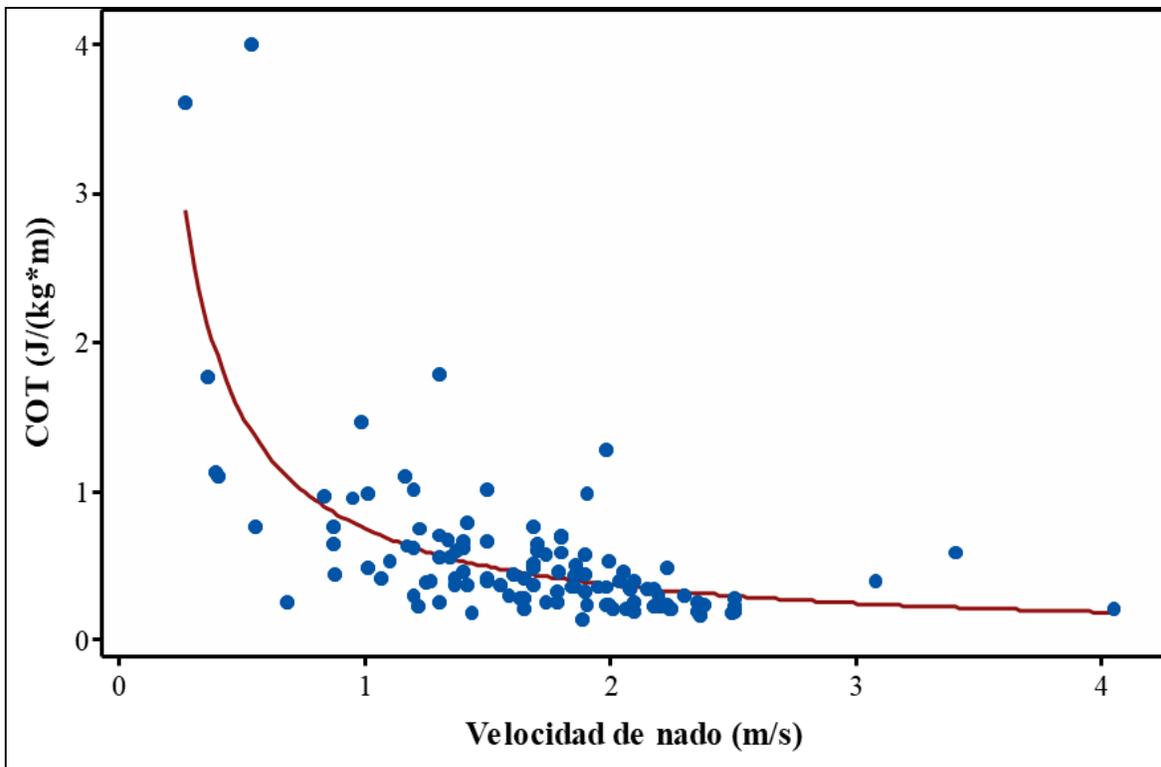
De manera similar, los grupos con crías registran una reducción importante del COT conforme la velocidad aumenta entre los 0.5 y 1.5 m/s. Al sobrepasar los 2m/s, la disminución del COT con el aumento de velocidad se reduce. Por lo tanto, se estimó que la velocidad óptima de desplazamiento de los grupos con crías se encuentra entre velocidades de 2-5.8 m/s y posiblemente mayores, determinando un COT mínimo de 0.25-0.12 J/ (kg\*m) (Figura 3).



**Figura 3: Regresión potencial del COT en función de las velocidades de nado registradas en los grupos focales con crías**

FUENTE: Elaboración propia

Para los grupos sin crías, la reducción acelerada del COT ocurre a velocidades menores (entre los 0.5 y 1 m/s) para luego neutralizarse al llegar a los 1.5 m/s. Se estima que para los grupos sin crías la velocidad óptima de transporte se encuentra entre velocidades de 1.5 y 4 m/s y posiblemente mayores, determinando un COT mínimo de 0.38-0.19 J/ (kg\*m) (Figura 4). Tanto en grupos con crías como sin crías, se asume que el rango de velocidad óptima podría ser mayor al propuesto pues no se registraron grupos con velocidades superiores a estas.

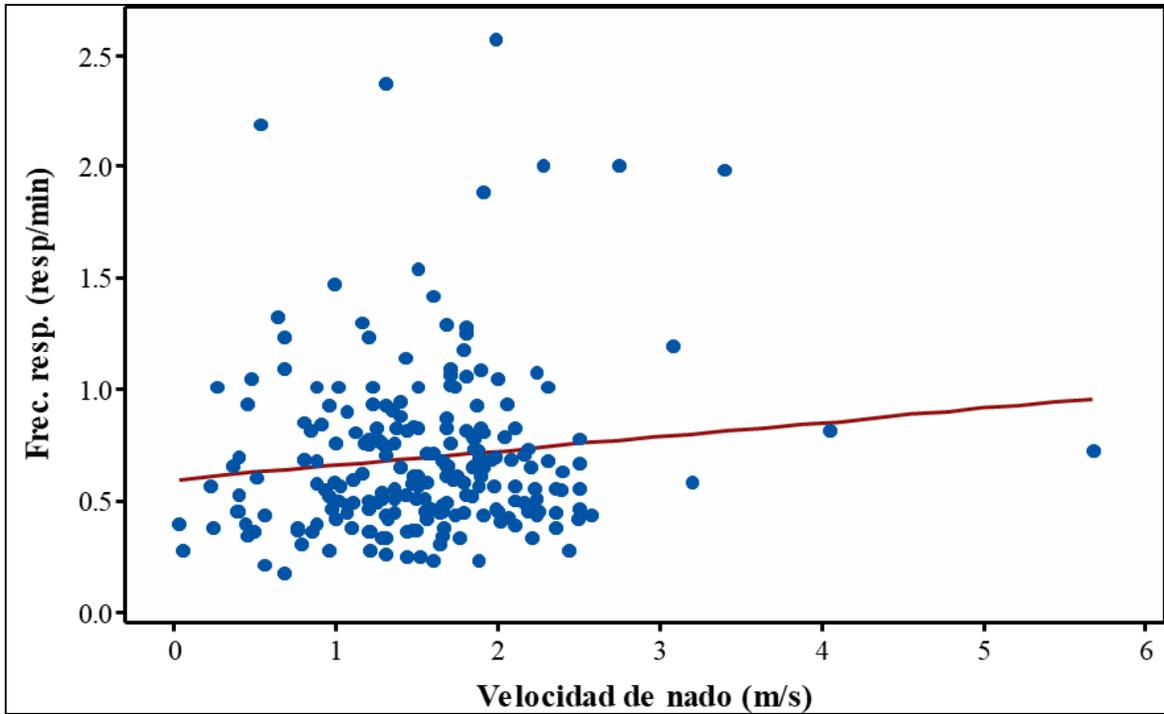


**Figura 4: Regresión potencial del COT en función de las velocidades de nado registradas en los grupos focales sin crías**

FUENTE: Elaboración propia

Tal como se observó en los Figura 2, Figura 3 y Figura 4, ninguna de las curvas estimadas muestran tendencias de aumento del COT, con el aumento de la velocidad. La ausencia de este comportamiento, entre las dos variables analizadas, demuestra que no se registraron condiciones de ineficiencia energética y presencia de ejercicio anaeróbico (Yazdi *et al.* 1999, Christiansen *et al.* 2014).

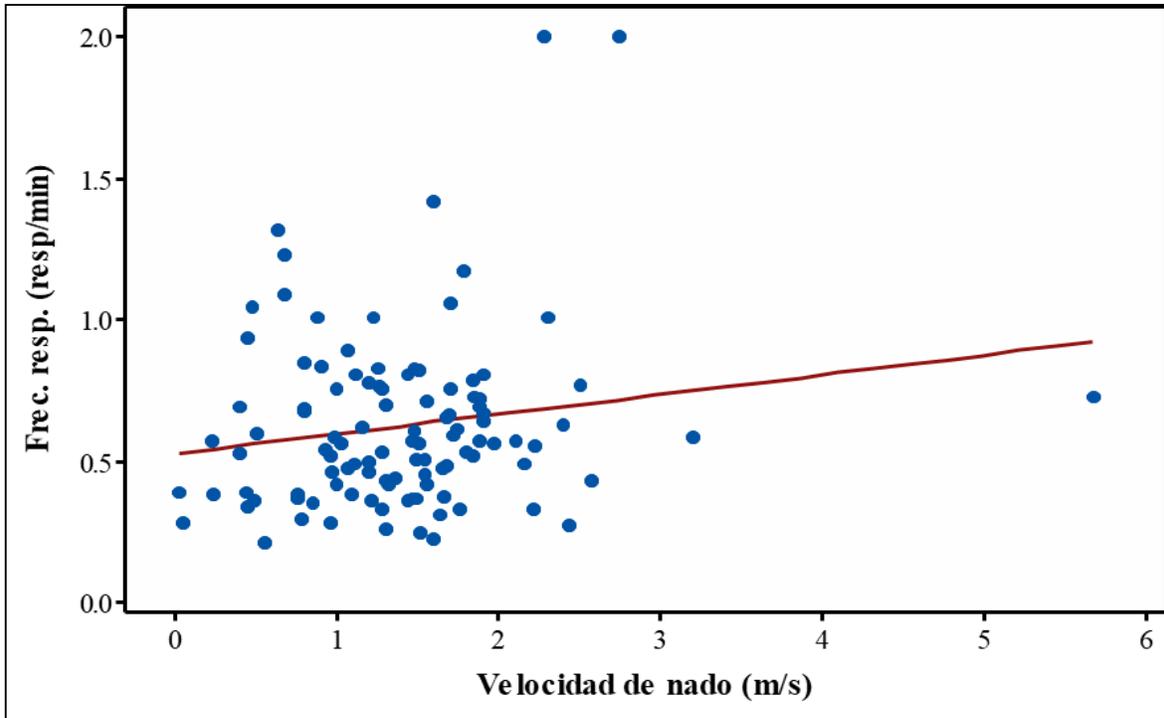
Adicionalmente se analizó la relación entre la frecuencia respiratoria y velocidad de nado, para determinar la presencia o ausencia de ejercicio anaeróbico en los registros realizados en los grupos focales. Al analizar la frecuencia respiratoria de los grupos focales (con y sin crías), así como grupos con crías y sin crías por separado, se observa que no existe un aumento exponencial de la frecuencia respiratoria conforme al aumento de la velocidad de nado. La ausencia de la esta relación exponencial entre ambas variables, demuestra un comportamiento normal representativo del ejercicio aeróbico (Figura 5, Figura 6 y Figura 7).



**Figura 5: Regresión lineal de la velocidad de nado en función de la frecuencia respiratoria para los grupos focales en presencia y ausencia de crías**

Notas:  $Fr=05913+0.06435V$ ,  $R=1.4\%$

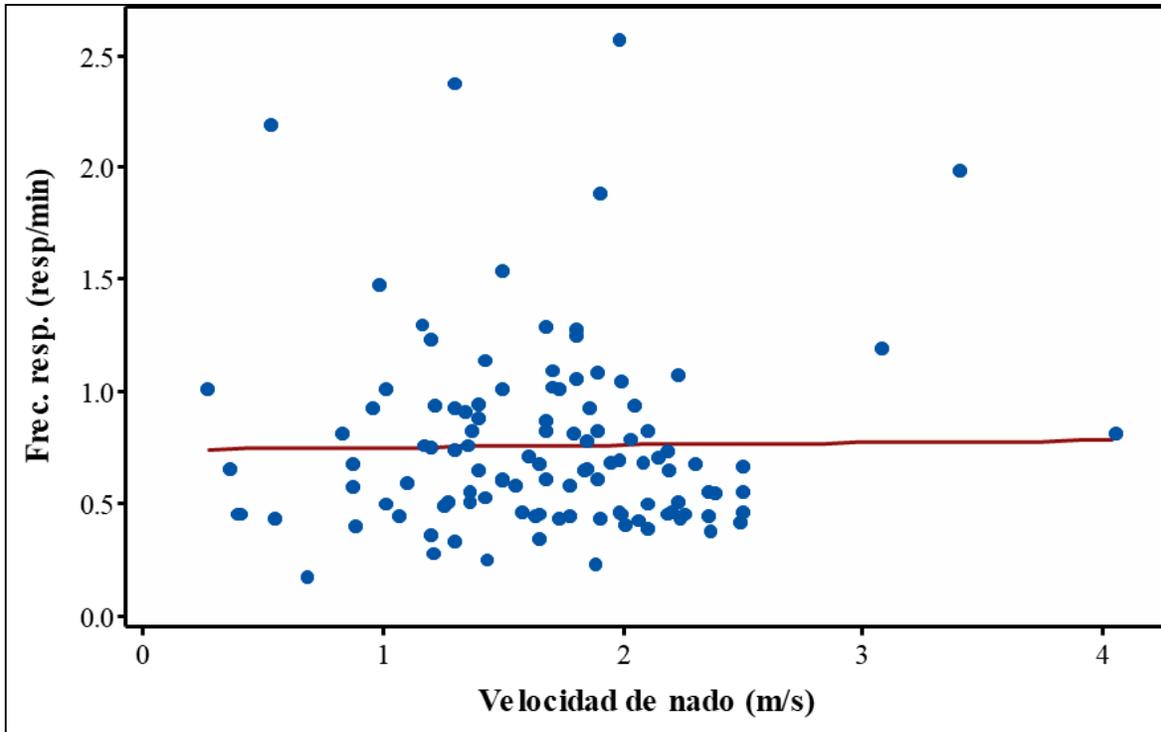
FUENTE: Elaboración propia



**Figura 6: Regresión lineal de la velocidad de nado en función de la frecuencia respiratoria para los grupos focales en ausencia de crías**

Notas:  $Fr=0.5230+0.07004V$ ,  $R=2.7\%$

FUENTE: Elaboración propia



**Figura 7: Regresión lineal de la velocidad de nado en función de la frecuencia respiratoria para los grupos focales en presencia de crías**

Notas:  $Fr=0.7383+0.01116V$ ,  $R=0.0\%$

FUENTE: Elaboración propia

#### **4.4. EFECTO DEL NÚMERO DE EMBARCACIONES, DISTANCIA Y TIEMPO DE AVISTAMIENTO.**

A continuación, se presenta el análisis realizado para determinar el efecto del número de embarcaciones, distancia con el grupo de focal y tiempo de avistamiento en los grupos focales de ballenas jorobadas seguidos, utilizando las categorías de avistamiento “óptimo” y “no óptimo” descritas anteriormente. En base al total de grupos focales que fueron seguidos en presencia de embarcaciones ( $n=109$ ), se registraron avistamientos “óptimos”, con respecto al cumplimiento de las normas del código de conducta voluntario solamente en 29 (23.72 por ciento) de los avistamientos registrados. La distancia de avistamiento fue la variable menos respetada (101 avistamientos, 91.8 por ciento) seguido por el tiempo de avistamiento (78 avistamientos, 70.9 por ciento). Por otro lado, el número de embarcaciones fue el criterio de evaluación más respetada, en 69 de los 110 avistamientos (62.73 por ciento).

a. Frecuencia respiratoria

Tal como se ve en la Tabla 16, la frecuencia respiratoria de los grupos focales de ballenas (con y sin crías; con crías; y sin crías) seguidos por embarcaciones que no siguieron el código de conducta voluntario de avistamiento (“No óptimo”), tendieron a presentar valores menores de frecuencia respiratoria a aquellos grupos donde las embarcaciones si lo respetaron. Sin embargo, ninguna de las diferencias aparentes registradas resultó estadísticamente significativa según las pruebas realizadas (Tabla 17).

**Tabla 16: Valores de media y error estándar (ES) para la frecuencia respiratoria en grupos focales de ballenas**

Presencia de crías	Calidad del avistamiento	n	Media	DE
CON y SIN	No óptimo	80	0.646	0.302
	Óptimo	29	0.716	0.498
SIN	No óptimo	47	0.573	0.206
	Óptimo	14	0.611	0.234
CON	No óptimo	33	0.769	0.393
	Óptimo	15	0.814	0.652

Nota: n=número de grupos focales; DE=Desviación Estándar.

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla 17: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis (H) para evaluar diferencias en la frecuencia respiratoria en grupos focales de ballenas.**

Presencia de crías	Prueba (GL)	P valor
CON y SIN	H=0.01 (1)	0.924
SIN	H=0.72 (1)	0.398
CON	H=0.75 (1)	0.386

Nota: GL= Grados de Libertad / \*=Pruebas estadísticas con diferencias significativas utilizando  $\alpha=0.05$ , referencial.

FUENTE: Elaboración propia

b. Velocidad de nado

Con respecto al análisis del efecto de la calidad del avistamiento en la velocidad de nado, se observa que los valores registrados para los grupos focales (con y sin crías; con crías; y sin crías), tienden a ser menores en avistamientos que fueron realizados de manera “No óptima” (Tabla 18). Sin embargo, nuevamente ninguna de las pruebas realizadas detectó diferencias estadísticamente significativas (Tabla 19).

**Tabla 18: Valores de media y error estándar (ES) para la velocidad de nado en grupos focales de ballenas**

Presencia de crías	Calidad del avistamiento	n	Media	Desv.Est.
CON y SIN	No óptimo	80	1.562	0.8072
	Óptimo	29	1.778	0.661
SIN	No óptimo	47	1.519	0.86
	Óptimo	14	1.624	0.704
CON	No óptimo	33	1.623	0.725
	Óptimo	15	1.921	0.604

Nota: n=número de grupos focales; DE=Desviación Estándar.

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla 19: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis (H) para evaluar diferencias en la velocidad de nado en grupos focales de ballenas.**

Presencia de crías	Prueba (GL)	P valor
CON y SIN	H= 1.83 (1)	0.176
SIN	H=1.56 (1)	0.212
CON	H=0.18 (1)	0.674

Nota: GL= Grados de Libertad / \*=Pruebas estadísticas con diferencias significativas utilizando  $\alpha=0.05$ , referencial.

FUENTE: Elaboración propia

c. Costo Masa Específico de Transporte (COT)

Por otro lado, el COT mostró un comportamiento homogéneo, siendo sus valores menores para aquellos grupos focales de ballenas jorobadas (con y sin crías; con crías; y sin crías) que estuvieron expuestos a embarcaciones de avistamiento turístico que realizaron un avistamiento “Óptimo”. Pero, ninguna de las pruebas estadísticas detecto diferencias significativas en el COT debido a la calidad del avistamiento realizado.

**Tabla 20: Valores de media y error estándar (ES) para el Costo Masa específico de Transporte (COT), en grupos focales de ballenas sin crías**

Presencia de crías	Calidad del avistamiento	n	Media	Desv.Est.
CON y SIN	No óptimo	80	0.726	0.17
	Óptimo	29	0.4209	0.0494
SIN	No óptimo	47	0.755	1.847
	Óptimo	14	0.4119	0.1997
CON	No óptimo	33	0.689	0.855
	Óptimo	15	0.429	0.323

Nota: n=número de grupos focales; DE=Desviación Estándar.

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla 21: Valores de las pruebas de Kruskal-Wallis (H) para evaluar diferencias en el Costo Masa Específico de Transporte en grupos focales de ballenas sin crías**

Presencia de crías	Prueba (GL)	P valor
CON y SIN	H=0.80 (1)	0.371
SIN	H=1.64 (1)	0.201
CON	H=0.00 (1)	0.945

Nota: GL= Grados de Libertad / \*=Pruebas estadísticas con diferencias significativas utilizando  $\alpha=0.05$ , referencial.

FUENTE: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

Tal como se mencionó en los resultados se realizó el seguimiento de un total de 177 grupos focales, obteniendo de ellos 218 (108 en presencia de embarcaciones, 110 en ausencia de embarcaciones) registros de seguimientos de grupos focales. En Islandia, Christiansen y sus colaboradores (2014), realizaron un seguimiento de un total de 1358. Sin embargo, debido a que en esta zona se observan comportamientos de forrajeo y alimentación, un proceso de limpieza de datos fue necesario. Luego de remover los seguimientos de ballenas minke (*Balaenoptera acutorostrata*) en los cuales se registraron comportamientos de alimentación o forrajeo, permanecieron un total de 250 seguimientos (124 control, 126 impacto). (Christiansen *et al.* 2014), resultando en un valor mayor pero cercano a la cantidad de registros obtenido en esta tesis. De manera, similar Stamation *et al.* (2010), realizaron sus análisis para evaluar el efecto de la presencia de embarcaciones de turismo en diversas variables etológicas de grupos de ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) utilizando un total de 166.8 horas de seguimiento a 350 grupos de ballenas.

### 5.1. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA PRESENCIA DE CRÍAS EN LOS GRUPOS FOCALES

Se registraron diferencias significativas en las variables frecuencia respiratoria y velocidad de nado causadas por la presencia de ballenatos en los grupos focales seguidos. Estas diferencias resaltan diferencias de comportamiento y fisiología naturales que existen entre ambos grupos. Así, los grupos integrados únicamente por adultos enfocados principalmente en la reproducción y actividades de cortejo demuestran un comportamiento y presupuesto de energía completamente diferente al de un grupo con cría, en el cual se busca maximizar la eficiencia energética para favorecer la sobrevivencia del ballenato. Estas diferencias son muy importantes de considerar pues probablemente determinan a su vez patrones de respuesta, vulnerabilidad y tolerancia a perturbaciones completamente diferentes que deben ser considerados en cualquier tipo de estudio y plan de manejo o conservación de la especie.

a. Frecuencia respiratoria

Tal como se observó en los resultados del análisis del efecto de la presencia de crías en la frecuencia respiratoria, se registraron frecuencias respiratorias significativas mayores en los grupos sin crías, en los grupos analizados en presencia y ausencia de embarcaciones. Es sabido que los grupos de madres con crías de ballena jorobada buscan aguas someras y calmadas donde reducir la interacción con otros adultos (Smultea 1994, Cartwright y Sullivan 2009, Guidino *et al.* 2014). En esta zona, la cría aprende a maniobrar, regular su flotabilidad y recibe la leche materna, permaneciendo la mayoría del tiempo cerca de la superficie. De manera similar, la madre busca reducir su consumo de energía con el fin de maximizar su producción de leche, permaneciendo siempre cerca de la cría y reduciendo notablemente su frecuencia respiratoria.

b. Velocidad de nado

En este estudio se registraron velocidades significativamente menores en los grupos con presencia de crías de los grupos seguidos en presencia y ausencia de embarcaciones, así como de los grupos seguidos solamente en ausencia de las mismas. Del mismo modo esta diferencia entre tipos de grupo causada por la presencia de una cría, fue detectada por Schaffar *et al* (2009), al comparar grupos integrados por 3 adultos o más y aquellos que contenían un cría. Las crías de los cetáceos, debido a su condición fisiológica, menor capacidad respiratoria y manejo de flotabilidad, se encuentran limitadas en su habilidad para nadar rápido y bucear (Mann y Smuts 1998). De este modo los grupos con crías se encuentran limitados en tiempo bajo la superficie y velocidad por los límites que puede alcanzar la cría. Por otro lado, desplazarse a velocidades menores, confiere a los grupos con crías una mejor optimización de su presupuesto energético, al maximizar la energía invertida en crecimiento y en la producción de leche por la madre, tal como se explicó anteriormente. Estas condiciones favorecerían el fitness del ballenato al alcanzar madurez sexual a corta edad y reduciendo la probabilidad de depredación al alcanzar un mayor tamaño (Cartwright y Sullivan 2009, 2010).

c. Costo masa específico de transporte (COT)

En nuestro estudio, los grupos de jorobadas con crías y sin crías no presentaron diferencias significativas para la variable COT. Sin embargo, los grupos seguidos en ausencia de embarcaciones presentaron una tendencia importante a presentar valores menores de COT en aquellos grupos que integraron una cría ( $COT_{\text{cría}}=0.4969$  vs  $COT_{\text{scría}}=0.777$ ;  $p\text{-valor}=0.091$ ;  $H=2.86(1)$ ), aunque la  $p$ -valor no fue menor al valor referencial de significancia ( $\alpha=0.05$ ). La actividad de cortejo y persecución de hembras, tal como es observada con mayor frecuencia en los grupos de competencia, implica comportamientos de alto requerimiento energético, tales como saltos, aletazos, coletazos, persecución y competencia física (Whitehead 1985). Esto en conjunto podría determinar un consumo mayor de energía en grupos enfocados en la reproducción frente a grupo con crías relativamente más calmos y menos activos.

Por otro lado, Williams y Noren (2009) detectaron diferencias en el COT según el sexo y la presencia de crías en grupos de orcas (*Orcinus orca*). Su estudio registró valores de COT mayores para hembras con crías, debido a una mayor frecuencia respiratoria al permanecer mayor tiempo en superficie. Sin embargo, al considerar la ballena jorobada dentro de su zona de reproducción, nos enfrenta a notables diferencias contextuales frente al estudio realizado por Williams y Noren. En este, los factores de reproducción, cortejo y crianza, probablemente no cumplan la misma relevancia para esta especie en el establecimiento de su presupuesto de energía y en correlación con su comportamiento.

Sumich (1983) y Christiansen *et al.* (2014) no pudieron encontrar diferencias entre los tipos de grupos con y sin crías, al considerar únicamente individuos solitarios. Para nuestro estudio, la ausencia de diferencias significativas, podría deberse a una variabilidad alta existente dentro del mismo grupo, determinada por factores contextuales y/o variables no considerados en el análisis (actividad en curso, presencia de otro grupo, tolerancia frente a perturbaciones).

La mayor cercanía a la superficie junto con velocidades de nado menores y mayor accesibilidad por su general cercanía a la costa hace de los grupos con crías un objetivo atractivo y que termina siendo la primera opción para muchas embarcaciones y empresas que desarrollan la actividad. Sin embargo, este comportamiento, el cual ecológicamente busca

maximizar la eficiencia energética en pro del fitness del neonato, hacen este grupo más propenso a ser objeto de avistamiento y posiblemente más vulnerable y sensible frente a los efectos que este puede generar. De esta manera, si bien las crías facilitan un avistamiento exitoso y atractivo para el turista, es importante considerar lo mencionado y tratar de reducir la posibilidad de perturbación.

## **5.2. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA PRESENCIA DE EMBARCACIONES DE AVISTAMIENTO TURÍSTICO DE CETÁCEOS EN LOS GRUPOS FOCALES.**

Tal como fue descrito en los resultados, se registraron únicamente diferencias significativas para la velocidad de nado y COT, determinando un aumento y disminución de estas variables respectivamente debido a la presencia de embarcaciones de avistamiento. Estos cambios demuestran un cambio de comportamiento y de consumo de energía generado probablemente por una reacción de estrés frente a la presencia de embarcaciones de avistamiento. Sin embargo, la frecuencia respiratoria no demostró cambio significativo bajo ninguno de los tipos de grupos seguidos. Estos resultados podrían deberse a que las perturbaciones percibidas por los animales no llegan a representar un peligro para su biología y por lo tanto las reacciones son mínimas o solo se presentan en casos particulares.

Si bien se observan tendencias de aumento o reducción de los valores de las de la frecuencia respiratoria y COT, debido a la presencia de embarcaciones, estas no son constantes entre los tipos de grupos seguidos, pudiendo aumentar o disminuir de un tipo a otro. De esta manera, se podrían sugerir reacciones contexto dependientes o determinadas por factores adicionales no considerados durante el estudio. A pesar de la detección de efectos significativos puntuales, el impacto del acercamiento de embarcaciones de avistamiento no representa un riesgo de estrés fisiológico en esta especie, pues los valores de frecuencia respiratoria y COT se mantuvieron dentro del umbral de ejercicio aeróbico.

### **a. Frecuencia respiratoria**

No se detectaron alteraciones significativas en la frecuencia respiratoria debidos a la presencia de embarcaciones de avistamiento de cetáceos para ninguno de los tipos de grupos

seguidos. En concordancia con este resultado, Corkeron (1995), no detectó cambios en la frecuencia respiratoria de grupos con y sin crías en presencia y ausencia de embarcaciones, en el corredor de migración hacia el Sur, frente a las costas de Hervey Bay, Australia. Sin embargo, la presencia de embarcaciones generó tendencias de cambio diversas. Así, tal como se registró en los grupos seguidos con y sin crías, así como solamente con crías, Corkeron (1995) detectó una tendencia de reducción de la frecuencia respiratoria en grupos sin crías debido a la presencia de embarcaciones de avistamiento. De manera similar, Stamation (2010), en el corredor mismo corredor migratorio, detectó una reducción significativa de la frecuencia respiratoria de los grupos con crías debido a la presencia de embarcaciones de avistamiento. La disminución de la frecuencia respiratoria puede entenderse como un tipo de evasión vertical frente al estímulo percibido frecuentemente observado en especies de cetáceos (Lusseau 2006, Lusseau *et al.* 2006, Schaffar *et al.* 2009). Si bien, la alteración de la frecuencia respiratoria pueden ser un ejemplo de este tipo de evasión, esta puede manifestarse también como reducción del tiempo en superficie, incremento de la profundidad de buceo y duración de buceo (Lusseau *et al.* 2006, Lusseau 2006, Christiansen y Lusseau 2014).

Por otro lado, Baker y Herman (1989), en Alaska, EUA; registraron un aumento significativo de la frecuencia respiratoria en grupos de ballenas (solitarios, dúos y madres con crías) expuestas a la presencia de embarcaciones de investigación. Este cambio se asemeja a la tendencia de aumento registrada en los grupos sin crías de la presente tesis. El ritmo cardíaco y la frecuencia respiratoria son parámetros fisiológicos íntimamente relacionados. De esta forma, la presencia de un estímulo estresante, tal como una embarcación de avistamiento, tiende a generar un aumento del ritmo cardíaco y en consecuencia de la frecuencia respiratoria, tal como se ha registrado en delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) (Janik *et al.* 1996), cachalote (*Physeter macrocephalus*) (Richter *et al.* 2006) y ballena jorobada (*Megaptera noaeangliae*) (Baker y Herman 1989).

Si bien no se determinan tendencias firmes de aumento o disminución de la frecuencia respiratoria entre los casos de estudio, se observan ciertos indicios de diferentes tipos de respuestas frente a una perturbación. De tal forma, determinados grupos de ballenas podrían buscar evadir la embarcación permaneciendo mayor tiempo bajo la superficie; otras podrían

aumentar su ritmo cardiaco y frecuencia respiratoria al verse estresadas; y finalmente otras podrían simplemente no reaccionar. Todas estas formas de reaccionar hacen complicada su detección a nivel poblacional y pueden llevar a determinar conclusiones incompletas o erróneas. A pesar de ello, los resultados esbozan formas diferentes de reaccionar frente a embarcaciones de avistamiento entre grupos de ballenas con crías y aquellos que no presentan una.

b. Velocidad de nado

Se registraron diferencias significativas en la velocidad de nado de los grupos con crías, demostrando velocidades mayores en presencia de embarcaciones. Si bien, el resto de grupos de ballenas no demostraron diferencias significativas en la velocidad de nado debido a la presencia de embarcaciones, en todos los casos se observan tendencias de aumento de la misma. Esto concuerda con los estudios de Scheidat *et al.* (2004) en Ecuador y Stamation *et al.* (2010) en Australia, realizados en una zona de reproducción y corredor migratorio respectivamente, de ballenas jorobadas, evaluando diferencias entre presencia y ausencia de embarcaciones. Así mismo, Williamson *et al.* (2016) detectaron un aumento significativo de la velocidad de nado en ballenas al ser expuestas a marcaje y acercamiento de embarcaciones de investigación científica.

Tal como las diferencias y tendencias registradas en nuestro estudio lo confirman, el aumento de velocidad representa un estrategia de evasión horizontal (Christiansen y Lusseau 2014). Esta respuesta suele observarse en animales enfrentados a perturbaciones no naturales (embarcaciones de turismo, científicas, tráfico marítimo intenso), en diferentes especies de cetáceos incluyendo la ballena jorobada (Scheidat *et al.* 2004, Stamation *et al.* 2010, Williamson *et al.* 2016). Estos aumentos, aun cuando no estadísticamente significativos podrían determinar un incremento del consumo de energía y por lo tanto reducir la disponible para las actividades de cortejo y apareamiento, desplazamiento y descanso. Perturbaciones del ciclo biológico normal y energía empleada para cada fase del mismo, podrían jugar un papel importante en la reducción del fitness de los individuos y representar consecuencias a nivel poblacional (Lusseau *et al.* 2006). Esto se hace especialmente crítico en animales migratorios, que dependen de reservar energéticas fijas y que se encuentran en plena recuperación poblacional como la ballena jorobada (Félix *et al.* 2011).

Por otro lado, Schaffar *et al.* (2009) en una zona de reproducción, no detectaron el mismo tipo de cambios en la velocidad de nado en ballenas jorobadas al ser expuestas a avistamiento turístico. Sin embargo, los autores denotan cambios significativos en la linealidad de las trayectorias de nado y en los tiempos de buceo de las ballenas (Schaffar *et al.* 2009), demostrando otras formas de evasión vertical y horizontal frente a una perturbación antrópica.

A diferencia de lo registrado con la frecuencia respiratoria, en este estudio el aumento de la velocidad de nado parece ser una respuesta común entre los individuos de ballenas jorobadas. Sin embargo, tal como lo registró Schaffar *et al.* (2009), probablemente ciertos grupos puedan evadir la perturbación utilizando otras estrategias.

c. Costo masa específico de transporte y velocidad óptima de transporte.

Se registraron valores de COT, significativamente menores en grupos con crías debido a la presencia de embarcaciones. Estas diferencias concuerdan con los resultados de Christiansen *et al.* (2014), quien detectó una reducción del COT en ballenas minke (*Balaenoptera acutorostrata*) en presencia de embarcaciones de avistamiento turístico en Islandia. Esta reducción en el COT se encuentra dentro de un comportamiento normal debido al aumento de la velocidad de nado (tal como se detectó en esta tesis) y la relación inversa que tienen ambas variables. En base a mediciones de mamíferos marinos en cautiverios, se sabe que estos demuestran una relación: velocidad vs. COT, en forma de U (Williams 1989, Williams *et al.* 1993, Kato 2001). Inicialmente el COT se reduce, debido al incremento lineal de la velocidad de nado, hasta hacerse mínimo en el rango conocido como velocidad óptima de transporte. Al continuar aumentando la velocidad de nado y sobrepasar el rango óptimo, el consumo de oxígeno, la frecuencia respiratoria y en consecuencia el COT tienden a aumentar exponencialmente (Williams *et al.* 1993, Otani *et al.* 2001, Williams y Noren 2009, Christiansen *et al.* 2014, Williams *et al.* 2006). Este cambio representa el paso de ejercicio aeróbico a anaeróbico, mucho menos eficiente en el uso del oxígeno, requiriendo un aumento significativo de la frecuencia respiratoria para mantener la actividad.

Precisamente los datos de este estudio demuestran una disminución importante del COT hasta alcanzar 2 m/s y 1.5 m/s en grupos con y sin crías respectivamente. Sin embargo,

durante el estudio ningún tipo de grupo focal de ballenas superó el rango de velocidad óptima, pues no se observa el incremento exponencial del COT en los valores más altos de velocidades registrados. Adicionalmente, al evaluar la relación entre las variables frecuencia respiratoria y velocidad de nado no se observa una relación claramente exponencial. Esto es nuevamente indicativo de que el incremento lineal de la frecuencia respiratoria suple la demanda energética de avanzar a mayor velocidad y por lo tanto el ejercicio continúa siendo aeróbico.

De esta forma se demuestra que los efectos o tendencias de cambio detectados en las variables etológicas, probablemente representen únicamente reacciones frente a una FUENTE potencial de perturbación y no efectos significativos a nivel fisiológico. Bajo este punto de vista, el avistamiento de cetáceos no representa una FUENTE de perturbación significativa a nivel biológico para la especie.

Por otro lado, tal como la tendencia importante de incremento del COT ( $COT_{c_{embar}}=0.642$  vs  $COT_{s_{embar}}=0.614$ ;  $p\text{-valor}=0.074$ ;  $H=3.19$ ) detectada en los grupos analizados en conjunto (con y sin crías) debido a la presencia de embarcaciones, Christiansen *et al.* (2014) determinaron que el aumento en la velocidad de nado y frecuencia respiratoria en ballenas minke causado por embarcaciones de avistamiento podría determinar un incremento de la tasa metabólica en un 27.6 por ciento. Por su lado, Williams *et al.* (2006) determinaron que las perturbaciones humanas solamente aumentarían la tasa metabólica de las orcas un 3-4 por ciento. Sin embargo, se estima que la reducción del tiempo invertido en alimentación, causado por una perturbación humana, reduce en un 18 por ciento la entrada de energía en orcas (Williams *et al.* 2006) y 42 por ciento en ballenas minke (Christiansen *et al.* 2013a). Nuestro estudio no contempla la posible interrupción de comportamientos de alimentación, pues estos no ocurren en el norte de Perú. Sin embargo, el no alimentarse, podría determinar condición de vulnerabilidad en estos animales, pues dependen de un presupuesto de energía ingerido durante el verano austral, para realizar todas las actividades propias de la reproducción y desplazamiento, que no contempla este tipo de perturbaciones.

Así mismo, es importante considerar que el norte de Perú es considerado como el límite Sur de la zona de reproducción del Stock reproductivo G. Muchos individuos se encuentran en migración hacia el Sur durante gran parte de la temporada (Valdivia *et al.* 2017). Por lo

tanto, en una misma zona se reúnen grupos diferentes de ballenas, con objetivos diferentes, presupuestos de energía diferentes y probablemente también con “individualidades” diferentes. Esto último, podría provocar que ballenas aparente similares, por pertenecer a un mismo tipo de grupo y actividad puedan reaccionar de forma opuesta frente a un mismo estímulo o perturbación. Así, se observa que los grupos con presencia de crías determinaron la totalidad de registros de diferencias significativas. A pesar de presentarse también tendencias importantes de cambio en los grupos sin crías, estos resultados son indicios de una mayor sensibilidad y/o vulnerabilidad en los grupos que integran crías. Tal como se detalló anteriormente, este tipo de grupos se encuentra limitado por factores etológicos y fisiológicos; los cuales deben ser considerados en cualquier plan de manejo turístico.

### **5.3. EFECTO DEL NÚMERO DE EMBARCACIONES, DISTANCIA Y TIEMPO DE AVISTAMIENTO.**

La gran mayoría de avistamientos a grupos de ballenas jorobadas no fueron realizados de forma “óptima” según el cumplimiento o no del código voluntario de conducta para avistamiento de cetáceos. Esto se debió principalmente al exceso de tiempo de permanencia, cercanía los grupos de ballenas y en menor proporción por el número de embarcaciones durante el avistamiento. Esto sugiere que las normas aconsejadas para la zona no se respetan, son ignoradas o simplemente no se conocen aún en la gran mayoría de embarcaciones y empresas. A pesar de ello, no se registraron diferencias estadísticamente significativas en la frecuencia respiratoria, velocidad de nado y COT entre las dos categorías (“óptimo” vs “no óptimo”). En el mismo sentido, Schaffar *et al.* (2009) reportaron que números mayores de embarcaciones (número máximo de embarcaciones no reportado), no tienen efecto en la frecuencia respiratoria y velocidad de nado. Es probable que no se hayan detectado diferencias por la ausencia del efecto en general, más no por la ausencia de una diferencia percibida por lo animales según el desenvolvimiento del avistamiento.

Por otro lado, se ha detectado que el poco o nulo cumplimiento de las normas que regulan los avistamientos tiende a aumentar la intensidad de las respuestas conductuales en *Tursiops truncatus* (Lusseau 2006) y *Orcinus orca* (Williams *et al.* 2002). A diferencia de la mayoría de especies de odontocetos, los misticetos como las ballenas jorobadas tienden a presentar áreas de desplazamiento mayores y por lo tanto tienden a poder evadir con mayor facilidad

perturbaciones de diferente índole y reducir de forma importante el tiempo al que son objeto de avistamiento, haciéndolos menos vulnerables a este tipo de perturbaciones.

Sin embargo, las colisiones entre embarcaciones y ballenas son una realidad cada vez más frecuente y documentada tanto por embarcaciones comerciales como en actividades de índole turística (Laist *et al.* 2001, Guzman *et al.* 2013). Tomando en cuenta este escenario junto con una gran variabilidad entre tipos de grupos, vulnerabilidades y formas de respuesta, es necesario mantener un control y seguimiento de la cantidad de embarcaciones, distancia y tiempo de avistamiento para evitar y reducir colisiones y perturbaciones aún no detectadas.

## VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones presentadas se hacen válidas bajo las condiciones del estudio realizado durante la temporada reproductiva 2016 de ballenas jorobadas en el norte del Perú:

- El efecto de la presencia de embarcaciones de avistamiento en el Costo Masa Específico de Transporte en las ballenas jorobadas es significativo en grupos con crías. Así, la presencia de embarcaciones determina la reducción del COT. Por otro lado, al analizar todos los grupos en conjunto, no se observa dicho efecto significativo.
- La frecuencia respiratoria no se vio afectada significativamente por la presencia de embarcaciones en ninguno de los tipos de grupos evaluados.
- La velocidad de nado de los grupos con crías aumentó de manera significativa, y se registraron tendencias de aumento en los grupos sin crías.
- Los efectos y tendencias de cambio causadas por la presencia de embarcaciones no representan un efecto significativo a nivel biológico, pues no existen indicios de ineficiencia energética. La ausencia de un incremento exponencial del COT, junto con la relación lineal entre frecuencia respiratoria y velocidad de nado en todos los tipos de grupos demuestran la ausencia de ejercicio anaeróbico.
- No se registraron diferencias significativas en las variables de estudio causadas por la cantidad y distancia de las embarcaciones, así como por el tiempo de permanencia con los grupos focales. Sin embargo, mientras no se establezcan oficialmente normas de avistamiento, se hace importante continuar su monitoreo pues podrían desencadenar en colisiones y efectos no detectados.

## VII. RECOMENDACIONES

- Continuar con la evaluación y registro de los posibles efectos o cambios generados por esta actividad, en el comportamiento y fisiología de esta especie en la zona de estudio.
- Continuar el análisis de la vulnerabilidad de los grupos que integran ballenatos, con el fin de determinar normas de conducta adecuadas para este tipo de grupo y otros potenciales.
- Determinar si los cambios o tendencias de cambios observadas se deben a la mera presencia de la embarcación, el ruido que éstas generan, la disposición de las embarcaciones o la combinación de estas variables.
- Realizar un estudio a largo plazo de una población sujeta a actividad turística y otra que no lo está, con el fin de reducir el efecto de la variabilidad individual y otras fuentes de variabilidad que podrían complicar la detección de patrones de comportamiento.
- Complementar el análisis realizado, con evaluación de hormona cortisol, con la finalidad de detectar efectos etológicamente indetectables.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, J; Aguayo-Lobo, A; Allen, J; Botero-Acosta, N; Capella, J; Castro, C; Rosa, LD; Denkinger, J; Félix, F; Florez-Gonzelez, L; Garita, F; Guzmán, HM; Haase, B; Kaufman, G; Llano, M; Olavarría, C; Pacheco, AS; Plana, J; Rasmussen, K; Scheidat, M; Secchi, ER; Silva, S; Stevick, PT. 2017. Migratory preferences of humpback whales between feeding and breeding grounds in the eastern South Pacific. *Marine Mammal Science* 2017: 1-18.
- Acevedo, J; Rasmussen, K; Félix, F; Castro, C. 2004. Further information on the migratory destination of humpback whales of the Magellan Strait feeding ground. *International Whaling Commission no.SC/57/SH10*: 1-7.
- Alves, LCP de S; Moreira, S; Simões-Lopes, PC; Andriolo, A. 2010. Behavioral responses of humpback whales, *Megaptera novaeangliae* (Cetacea: Balaenopteridae), to satellite transmitter deployment procedures. *Zoologia* 27(1): 01-06.
- Au, WWL; Green, M. 2000. Acoustic interaction of humpback whales and whale-watching boats. *Marine Environmental Research* 49(2000): 469-481.
- Behavioral responses of summering humpback whales to vessel traffic: Experimental and opportunistic observations (1989, Anchorage, Alaska). 1989. Ed. Baker, CS; Herman, LM. Anchorage, Alaska,
- Beale, CM; Monaghan, P. 2004. Behavioural responses to human disturbance: A matter of choice? *Animal Behaviour* 68(5): 1065-1069.
- Bejder, L; Dawson, SM; Harraway, JA. 1999. Responses by Hector's dolphin to boats and swimmers in Porpoise Bay, New Zealand. *Marine Mammal Science* 15(3): 738-750.

- Bejder, L; Samuels, A. 2013. Evaluating the effects of nature-based tourism on cetaceans. *Marine mammals: fisheries, tourism and management issues*. Australia, CSIRO Publishing, p.229-256.
- Bejder, L; Samuels, A; Whitehead, H; Gales, N; Mann, J; Connor, RC; Heithaus, M; Watson-Capps, J; Flaherty, C; Krützen, M. 2006. Decline in Relative Abundance of Bottlenose Dolphins Exposed to Long-Term Disturbance. *Conservation Biology* 20(6): 1791-1798.
- Braithwaite, JE; Meeuwig, JJ; Hipsey, MR. 2015. Optimal migration energetics of humpback whales and the implications of disturbance. *Conservation Physiology* 3(1): 1-15.
- Branch, TA. 2011. Humpback whale abundance south of 60°S from three completed sets of IDCR/SOWER circumpolar surveys. *Journal of Cetacean Research & Management Special is*: 53-69.
- Butler, PJ; Green, JA; Boyd, IL; Speakman, JR. 2004. Measuring metabolic rate in the field: the pros and cons of the doubly labeled water and heart rate methods. *Functional Ecology* 18: 168-183.
- Cartwright, R; Sullivan, M. 2009. Behavioral ontogeny in humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) calves during their residence in Hawaiian waters. *Marine Mammal Science* 25(3): 659-680.
- \_\_\_\_\_. 2010. Associations with multiple male groups increase the energy expenditure of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) female and calf pairs on the breeding grounds. 2010: 1573-1600.
- Christiansen, F; Lusseau, D. 2014. Understanding the ecological effects of whalewatching on cetaceans. *Whale-watching, sustainable tourism and ecological management* no. July 2015: 177-192.
- Christiansen, F; Lusseau, D; Stensland, E; Berggren, P. 2010. Effects of tourist boats on the behaviour of Indo-Pacific bottlenose dolphins off the south coast of Zanzibar. *Endangered Species Research* 11: 91-99.

- Christiansen, F; Rasmussen, MH; Lusseau, D. 2013. Inferring activity budgets in wild animals to estimate the consequences of disturbances. *Behavioral Ecology* 24(6): 1415-1425.
- \_\_\_\_\_. 2013. Whale watching disrupts feeding activities of minke whales on a feeding ground. *Marine Ecology Progress Series* 478: 239-251.
- \_\_\_\_\_. 2014. Inferring energy expenditure from respiration rates in minke whales to measure the effects of whale watching boat interactions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 459: 96-104.
- Christiansen, F; Víkingsson, GA; Rasmussen, MH; Lusseau, D. 2013. Minke whales maximise energy storage on their feeding grounds. *The Journal of Experimental Biology* 216(3): 427-36.
- Clapham, PJ. 2001. Why do baleen whales migrate? A response to Corkeron and Connor. *Marine Mammal Science* 17(2): 436-439.
- Clapham, PJ; Young, SB; Brownell Jr., RL. 1999. Baleen whales: conservation issues and the status of the most endangered populations. *Mammal Review* 29(1): 37-60.
- Corkeron, PJ. 2004. Diversity Whale Watching , Iconography , and Marine Conservation. *Conservation Biology* 18(3): 847-849.
- Craig, AS; Herman, LM. 1997. Sex differences in site fidelity and migration of humpback whales ( *Megaptera novaeangliae* ) to the Hawaiian Islands. *Canadian Journal of Zoology* 75: 1923-1933.
- Culik, BM; Wilson, RP; Bannasch, R. 1994. Underwater Swimming At Low Energetic Cost By Pygoscelid Penguins. *The Journal of experimental biology* 197: 65-78.
- Dolphin, WF. 1987. Dive behavior and estimated energy expenditure of foraging humpback whales in southeast Alaska. *Canadian Journal of Zoology* 65(2): 354-362.

- \_\_\_\_\_. 1987. Ventilation and dive patterns of humpbacks whales, *Megaptera novaeangliae*, on their Alaskan feeding grounds. *Canadian Journal of Zoology* 65: 83-90.
- Félix, F. 2004. Assessment of the level of surface activity in humpback whales during the breeding season. *Latin American Journal of Aquatic Mammals* 3(1): 25-36.
- Félix, F; Castro, C; Laake, JL; Haase, BEN; Scheidat, M. 2011. Abundance and survival estimates of the southeastern pacific humpback whale stock from 1991-2006 photo-identification surveys in Ecuador. *Journal of Cetacean Research and Management SPEC. ISS.:* 301-307.
- Félix, F; Rasmussen, K; Garita, F; Haase, B; Simonis, A. 2009. Movements of humpbacks whales between Ecuador and Central America, wintering area of the breeding stock G. Paper SC/61/ SH18 presentado al 61vo. comité científico de la International Whaling Commission. 2009: 1-7.
- Florez-Gonzalez, L; Capella Alzueta, J; Rosenbaum, HC. 1994. Attack of killer whales (*Orcinus orca*) on humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on a South American Pacific breeding ground. *Marine Mammal Science* 10(2): 218-222.
- Folkow, LP; Blix, SA. 1992. Metabolic rates of minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) in cold water. *Acta Physiol Scand* 146: 141-150.
- García-Cegarra, AM; Pacheco, AS. 2017. Whale-watching trips in Peru lead to increases in tourist knowledge, pro-conservation intentions and tourist concern for the impacts of whale-watching on humpback whales. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 2017: 1-10.
- Guidino, C; Llapapasca, MA; Silva, S; Alcorta, B; Pacheco, AS. 2014. Patterns of Spatial and Temporal Distribution of Humpback Whales at the Southern Limit of the Southeast Pacific Breeding Area. *PLoS ONE* 9(11): 1-13.

- Guzman, HM; Gomez, CG; Guevara, CA; Kleivane, L. 2013. Potential vessel collisions with Southern Hemisphere humpback whales wintering off Pacific Panama. *Marine Mammal Science* 29(4): 629-642.
- Higginbottom, K. 2004. *Wildlife tourism: Impacts, management and planning*. Ed. H Karen. Australia, Common Ground Publishing, 277 p.
- Higham, JES; Bejder, L; Allen, SJ; Peter, J; Lusseau, D. 2015. Managing whale-watching as a non-lethal consumptive activity. *Journal of Sustainable Tourism* no. July.
- Hinga, KR. 1979. The food requirements of whales in the southern hemisphere. *Deep Sea Research Part 26*: 569-577.
- Horton, TW; Holdaway, RN; Zerbini, AN; Hauser, N; Garrigue, C; Andriolo, A; Clapham, PJ. 2011. Straight as an arrow: humpback whales swim constant course tracks during long-distance migration. *Biology Letters* 7(5): 674-679.
- Hoyt, E. 2001. *Whale-Watching: Worldwide tourism numbers, expenditures, and expanding socioeconomic benefits*. Wellfare, Yarmouth Port, MA, USA., s.e., v.35, 1-158.
- Hoyt, E; Iñiguez, M. 2008. *The State of Whale Watching in Latin America*. Chippenham, UK, WDCS, Chippenham; IFAW, Yarmouth; Global Ocean, London, 60.
- Iverson, SJ; Sparling, CE; Williams, TM; Lang, SLC; Bowen, WD. 2010. Measurement of individual and population energetics of marine mammals. *Marine Mammal Ecology and Conservation: a Handbook of Techniques*. Oxford, U. K., Oxford University Press, p.165-190.
- Annual Report of the International Whaling Commission 2012 (2012, s.l.). 2012. Ed. IWC. s.l.,
- Janik, N; Dawson, SM; Sooten, E. 1996. Changes in surfacing patterns of bottlenose dolphins in response to boat traffic. *Marine Mammal Science* 12(4): 597-602.

- Kato, A. 2001. Oxygen consumption and swim speed of the harbor porpoise *Phocoena phocoena*. *Fisheries Science* 67: 894-898.
- Kuo, H-I; Chen, CC; McAleer, M. 2012. Estimating the impact of whaling on global whale-watching. *Tourism Management* 33: 1321-1328.
- Laist, DW; Knowlton, AR; Mead, JG; Collet, AS; Podestà, M. 2001. Collisions between ships and whales. *Marine Mammal Science* 17(1): 35-75.
- Lockyer, C. 1981. Growth and energy budgets of large baleen whales from the Southern Hemisphere. *FAO Fisheries No. 5. Mammals in the seas*. 3: 379-487.
- Lusseau, D. 2004. The hidden cost of tourism: Detecting long-term effects of tourism using behavioral information. *Ecology and Society* 9(1): 1-15.
- \_\_\_\_\_. 2006. The short-term behavioral reactions of bottlenose dolphins to interactions with boats in Doubtful Sound, New Zealand. *Marine Mammal Science* 22(4): 802-818.
- Lusseau, D; Bain, DE; Williams, R; Smith, JC. 2009. Vessel traffic disrupts the foraging behavior of southern resident killer whales *Orcinus orca*. *Endangered Species Research* 6(March): 211-221.
- Lusseau, D; Bejder, L. 2007. The Long-term Consequences of Short-term Responses to Disturbance Experiences from Whalewatching Impact. *International Journal of Comparative Psychology* 20: 228-236.
- Lusseau, D; Higham, JES. 2004. Managing the impacts of dolphin-based tourism through the definition of critical habitats: The case of bottlenose dolphins (*Tursiops* spp.) in Doubtful Sound, New Zealand. *Tourism Management* 25(6): 657-667.
- Lusseau, D; Lusseau, SM; Bejder, L; Williams, R. 2006. An individual-based model to infer the impact of whalewatching on cetacean population dynamics. *58th International Whaling Commission SC/58/WW7*: 19.

- Lusseau, D; Slooten, L; Currey, RJC. 2006. Unsustainable dolphin-watching tourism in Fiordland, New Zealand. *Tourism in Marine Environments* 3: 1-13.
- Magalhaes, S; Prieto, R; Silva, M; Goncalves, J; Afonso-Dias, M; Santos, R. 1999. Short-term reactions of sperm whales (*Physeter macrocephalus*) to whale-watching vessels in the Azores. *Aquatic Mammals* 28: 267-274.
- Mann, J; Smuts, BB. 1998. Natal attraction: allomaternal care and mother–infant separations in wild bottlenose dolphins. *Animal Behaviour* 55(5): 1097-1113.
- Nowacek, DP; Christiansen, F; Bejder, L; Goldbogen, JA; Friedlaender, AS. 2016. Studying cetacean behaviour: new technological approaches and conservation applications. *Animal Behaviour* no.August.
- Otani, S; Naito, Y; Kato, A; Kawamura, A. 2001. Oxygen consumption and swim speed of the harbor porpoise *Phocoena phocoena*. *Fisheries Science* 67(5): 894-898.
- Pacheco, AS; 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): 189-196.
- Parry, DA. 1949. The structure of whale blubber, and a discussion of its thermal properties. *Quarterly Journal of Microscopical Science* 90(1): 13-25.
- Parsons, ECM. 2012. The Negative Impacts of Whale-Watching. *Journal of Marine Biology* 2012: 1-9.
- Parsons, ECM; Rawles, C. 2003. The Resumption of Whaling by Iceland and the Potential Negative Impact in the Icelandic Whale-watching Market. *Current Issues in Tourism* 6(5): 444-448.
- Ramírez A, P. 1988. La Ballena jorobada en la costa norte de Peru. *Boletin de lima* 56: 91-96.
- Rasmussen, K; Palacios, DM; Calambokidis, J; Saborío, MT; Dalla Rosa, L; Secchi, ER; Steiger, GH; Allen, JM; Stone, GS. 2007. Southern Hemisphere humpback whales wintering off Central America: insights from water temperature into the longest mammalian migration. *Biology letters* 3(3): 302-305.

- Richter, C; Dawson, S; Slooten, E. 2006. Impacts of commercial whale watching on male sperm whales at Kaikoura, New Zealand. *Marine Mammal Science* 22(1): 46-63.
- Rodríguez, J. 2004. Migraciones de la ballena jorobada. *Revista semestral de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional: Especies migratorias en Costa Rica* 28: 13-19.
- Schaffar, A; Madon, B; Garrigue, C; Constantine, R. 2009. Avoidance of whale watching boats by humpback whales in their main breeding ground in New Caledonia . *International Whaling Commission* 2009: 1-9.
- Scheidat, M; Castro, C; Janira, G; Williams, R. 2004. Behavioural responses of humpback whales ( *Megaptera novaeangliae* ) to whalewatching boats near Isla de la Plata, Machalilla National Park, Ecuador. *Journal of Cetacean Research and Management* 6(1): 1-6.
- Senigaglia, V; Christiansen, F; Bejder, L; Gendron, D; Lundquist, D; Noren, DP; Schaffar, A; Smith, JC; Williams, R; Martinez, E; Stockin, KA; Lusseau, D. 2016. Meta-analyses of whalewatching impact studies: comparisons of cetacean responses to disturbance. *Marine Ecology Progress Series* 542: 251-263.
- Sitar, A; May-Collado, LJ; Wright, AJ; Peters-Burton, E; Rockwood, L; Parsons, ECM. 2016. Boat operators in Bocas del Toro, Panama display low levels of compliance with national whale-watching regulations. *Marine Policy* 68: 221-228.
- Smultea, MA. 1994. Segregation by humpback whael (*Megaptera novaeangliae*) cows with a calf in coastal habitat near the island of Hawaii. *Canadian Journal of Zoology* 72: 805-811.
- Stamation, KA; Croft, DB; Shaughnessy, PD; Waples, KA; Briggs, S V. 2010. Behavioral responses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to whale-watching vessels on the southeastern coast of Australia. *Marine Mammal Science* 26(1): 98-122.

- Sumich, JL. 1983. Swimming velocities , breathing patterns , and estimated costs of locomotion in migrating gray whales, *Eschrichtius robustus*. *Canadian Journal of Zoology* 61(1975): 647-652.
- Trites, AW; Bain, DE. 2000. Short- and Long-term Effects of Whale Watching on Killer Whales ( *Orcinus orca* ) in British Columbia. 2000: 10.
- Tyack, P; Whitehead, H. 1983. Male competition in large groups of wintering Humpback whales. *Behaviour* 83: 132-154.
- Valdivia, CA; Pacheco, AS; Félix, F; Haase, B; Rasmussen, K; Santillán, L; Alcorta, B; Silva, S. 2017. Movements and Timing of Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) Within the Breeding Region of the Eastern South Pacific. *Aquatic Mammals* 43(3): 324-330.
- Wahrenbrock, EA; Maruschak, GF; Elsner, R; Kenney, D. 1974. Respiration and metabolism in two baleen whale calves. *Marine Fisheries Review* 36(4): 3-9.
- Whitehead, H. 1985. Why whales leap. *Scientific American* 252: 70-75.
- Williams, R; Lusseau, D; Hammond, PS. 2006. Estimating relative energetic costs of human disturbance to killer whales (*Orcinus orca*). *Biological Conservation* 133: 301-311.
- Williams, R; Noren, DP. 2009. Swimming speed, respiration rate, and estimated cost of transport in adult killer whales. *Marine Mammal Science* 25(2): 327-350.
- Williams, R; Trites, AW; Bain, DE. 2002. Behavioural responses of killer whales (*Orcinus orca*) to whale-watching boats: Opportunistic observations and experimental approaches. *Journal of Zoology* 256(2): 255-270.
- Williams, TM. 1989. Swimming by sea otters: adaptations for low energetic cost locomotion. *Journal of Comparative Physiology A* 164(6): 815-824.
- Williams, TM. 1999. The evolution of cost efficient swimming in marine mammals: limits to energetic optimization. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 354(1380): 193-201.

- Williams, TM; Friedl, WA; Haun, JE. 1993. The physiology of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*): heart rate, metabolic rate and plasma lactate concentration during exercise. *The Journal of experimental biology* 179: 31-46.
- Williamson, MJ; Kavanagh, AS; Noad, MJ; Kniest, E; Dunlop, RA. 2016. The effect of close approaches for tagging activities by small research vessels on the behavior of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Marine Mammal Science* no. Tyack 1981: 1-20.
- Yazdi, P; Kilian, A; Culik, BM. 1999. Energy expenditure of swimming bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Marine Biology* 134: 601-607.