UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

ÁREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS DEL MAR

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA

TESIS

ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN CORPORAL DE LAS BALLENAS GRISES (*Eschrichtius robustus*) QUE VISITARON LAGUNA SAN IGNACIO DURANTE LAS TEMPORADAS: 2008-2011

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGA MARINA

PRESENTA:

ERANDI ALCIRA CALDERÓN YÁÑEZ

DIRECTOR:

Dr. ENRIQUE ALEJANDRO GÓMEZ-GALLARDO UNZUETA

La Paz, B.C.S. Diciembre de 2013

Cuando decidí emprender esta aventura, desde salir de casa hasta ahora que me encuentro poniendo punto final a esta etapa, no lo hice sola. Sin el apoyo de mi familia y su amor no hubiera sido posible. Un gracias se queda corto para retribuirles todo lo que me han dado. La confianza, la fuerza y alegría que me dan desde donde están es lo que me ha llevado hasta donde me encuentro hoy. Gracias papá por ser un ejemplo en toda la extensión de la palabra. Gracias mamá por ser el pilar para todos. Gracias Vale y Blanquis, mi emana y hermana hermosas, por todas las risas. Gracias abue por las veladoras a toda la corte celestial para que todo me salga bien.

A todas las otras personas tan especiales que forman parte de mi familia también les agradezco por su apoyo a distancia, su cariño y confianza en mí.

Hasta que llegue a La Paz nunca imagine lo que transformar mundos iba a significar, no sabía que se podían inventar mares para cruzar. Mi familia.

Dedicado a ustedes, con todo mi amor.

Agradecimientos:

Cuando empecé a escribir la tesis pensé que lo más fácil sería llegar a este apartado y dejar fluir las palabras, ahora que me encuentro en este punto me di cuenta que es complicado agradecer a todas aquellas personas que de alguna u otra manera me ayudaron, apoyaron o alentaron en este trabajo, sin olvidar mencionarlos a todos.

Quiero agradecer a Laguna San Ignacio Ecosystem Science Program y Ocean Foundation por el financiamiento otorgado para llevar a cabo el proyecto y brindar el apoyo necesario. De igual manera, quiero agradecer a la alianza WWF-Telcel por la beca otorgada para realizar esta tesis. Gracias también al campamento Kuyimá por el préstamo de sus instalaciones, apoyarnos y recibirnos con una sonrisa cada temporada.

Agradezco al laboratorio de mamíferos marinos (PRIMMA) de la UABCS, a todos mis compañeros, por permitirme realizar este trabajo y aprender que estar en el mar viendo ballenas, tocarlas y gritar de la emoción es de las mejores cosas que pueden existir. A cada una de las personas que lo componen, gracias por sus consejos, enseñanzas y los momentos tan gratos. Sergio Martínez, gracias por compartirme tu conocimiento en campo e incluirme en el equipo. Hiram Rosales, gracias tu ayuda, paciencia y apoyo.

Gracias al Dr. Alejandro Gómez-Gallardo U. por darme la oportunidad de ser parte del equipo del proyecto de ballena gris, por aceptar ser mi director en esta tesis y ayudarme en su realización. Del mismo modo, agradezco al Dr. Jorge Urbán R. por hacerme parte del grupo de trabajo, brindarme su conocimiento y por sus observaciones. Igualmente quiero agradecer a la Dra. Eleonora Romero V. por sus valiosas observaciones en este trabajo. Gracias a los tres por sus importantes aportaciones, la rapidez con que revisaron la tesis y sus comentarios que la enriquecieron.

Nuevamente agradezco a todas esas personas que fueron parte importante en este camino, que me acompañaron y apoyaron a su manera. Saben quienes formaron parte de mi vida. Los amigos, a pesar del camino de cada quien, no se olvidan. Wera

Resumen

Laguna San Ignacio (LSI) es una de las principales zonas de reproducción de la ballena gris en México y en los últimos años se han observado individuos de esta especie con signos evidentes de malnutrición, condición a la que se le ha denominado como “Síndrome de la Ballena Flaca” y que se caracteriza por una depresión en la región post-craneal, presencia de una joroba en la zona detrás de la cabeza “cuello”, vista evidente del margen de la escápula y un perfil dorsal más cóncavo que convexo. Dicha condición tomó importancia a partir de un evento de mortalidad masiva que sufrió esta especie en los años 1999-2000, el cual se considera estuvo relacionado con la presencia de un evento ENSO ocurrido entre 1997-99. En los últimos años se ha propuesto que la recuperación del nivel poblacional de la ballena gris, ha provocado una disminución en la cantidad de alimento disponible para esta especiellevando a algunos individuos a estrés nutricional. El objetivo de este trabajo fue documentar la condición corporal de las ballenas grises en LSI durante 2008-2011, para aportar elementos que contribuyan al entendimiento de la ecología de esta especie. Se analizaron fotografías de 2,396 individuos que visitaron la laguna durante los inviernos de 2008-2011 de los cuales, 1,461 contaron con fotos de las regiones mencionadas. El estado corporal se definió como normal, aceptable y pobre. Los resultados indicaron que los valores de condición corporal variaron entre años y entre hembras con cría (Hc) y solitarios (hembras y machos; Sol). Durante 2011 se observó la mayor fracción de Hc con condición pobre (2.3%) mientras que el porcentaje más alto con condición normal (96.8%) se presentó en 2010, mismo año en el cual los Solmostraron el porcentaje más alto para condición aceptable. En comparación, en el 2009 se observó el mayor porcentaje de Sol de condición pobre (7.6%), en tanto que el porcentaje más alto (63.7) para la condición normal se presentó en la temporada del 2011.En 2009 y 2010 se observaron diferencias significativas ($P=<0.001$) para el índice de condición corporal (ICC) entre Hc y Sol. Considerando los individuos en conjunto por temporada, 2011 presentó diferencias significativas con respecto a 2008 y 2010. Loscambios en los valores del ICC parecen estar relacionados con los efectos que recaen sobre las ballenas grises por fenómenos como ENSO que incluyen unacorrelación con la extensión de hielo marino en el Ártico, ya que los cambios estacionales en la distribución de hielo pueden influir en la duración del tiempo de alimentación de las ballenas y por lo tanto en el estado nutricional de éstas. Si bien durante el periodo de estudio se observaron individuos con condición corporal pobre (ballenas flacas), el porcentaje de estos fue bajo, por lo que es importante determinar si la presencia y recurrencia de individuos con esta condición es un fenómeno que refleja los cambios en el clima. La información obtenida en este trabajo, pretende aportar una línea base en el conocimiento de la condición corporal de las ballenas grises, para que ésta contribuya como una herramienta para el manejo y conservación de esta especie.

Abstract

Laguna San Ignacio in Mexican Pacific is one of the main reproduction areas for Gray Whales. Recently malnutrition signs have been observed in this species, that has been denominated as “skinny whale syndrome” and is determined by a depression in the post-cranial region, a hump in the “neck” region, a clear sight of the scapula margin and a concave rather than a convex profile to the dorsal flank area. It is suggested that this condition may be related with important mortality events such as the one that occurred between 1999-2000wich is considered to be related with the ENSO event of 1997-1999. It has recently been proposed that gray whale population recovery has resulted in decreases in food availability for this species leading to nutritional stress. The objective of this work was to analyze the corporal condition on the gray whales of Laguna San Ignacio during 2008-2011 to contribute with evidence that may allow the understanding of the species ecology. A total of 2396pictures of gray whales that visited the Lagoon during these year’s winters were analyzed, where 1461 pictures showed the required regions for the analysis. The body condition was defined as Normal, Acceptable and Poor.Results showed that values of corporal condition varied between years and between females with calves (cow-calf pairs), and single whales (non-parturient females and adult males). During 2011 the highest poor condition percentage (2.3%) was recorded for cow-calf pairs. The highest normal percentage occurred in 2010 with 96.8% same year where singles showed higher acceptable condition, meanwhile in 2009 the highest percentage (7.6 %) of skinny singles was observed, while the highest percentage (63.7) for the normal condition was presented in the 2011 season. The Corporal Condition Index showed statistical differences in 2009 and 2010 (P=<0.001) in both seasons for cow-calf pairs and singles. Considering all adult whales by season 2011 showed significative differences with 2008 and 2010. Changes in Corporal Condition Index seems to be related with the effects of phenomena such as ENSO events which are correlated with the ice extension in the Artic and seasonal changes in ice distribution, may affect gray whale feeding periods and hence their corporal condition. During this study a poor condition individual were observed in low percentages, and is important to determine if the occurrence of these individuals is a phenomenon that reflects climate changes. The results of this study aim to establish a base line in the understanding of the knowledge of gray whales corporal condition as a tool for the conservation and management of the species.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ANTECEDENTES 4

III. JUSTIFICACIÓN 8

IV. HIPÓTESIS 10

V. OBJETIVOS 11

General 11

Particulares 11

VI. ÁREA DE ESTUDIO 12

VII. MÉTODOS 14

Trabajo de campo 14

Fotoidentificación de individuos 14

Proporción de ballenas 14

Tipos de agrupación 14

Condición Corporal (“Ballenas flacas”) 15

Análisis de datos 21

Cualitativo 21

Estadístico 23

VIII. RESULTADOS 24

Análisis del tamaño de la muestra 24

Análisis cualitativo 25

Análisis anual por tipo de agrupación 25

Comparación inter-anual de la condición corporal para las Hc 30

Comparación inter-anual de la condición corporal para los Sol 31

Comparación inter-anual de individuos con condición pobre 33

Perfiles mensuales 34

Análisis estadístico 37

Extensión de hielo 41

Recapturas 43

IX. Discusión 45

Proporción de individuos analizados (TMA) en relación con el total de individuos fotoidentificados (TMT). 48

Hipótesis inanición o disminución de alimento 49

Perfiles mensuales 50

X. CONCLUSIONES 55

XI. RECOMENDACIONES 56

XII. BIBLIOGRAFÍA 57

ANEXOS 66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagen de la ballena gris donde se muestran sus características morfológicas. **3**
Figura 2. Mapa de Laguna San Ignacio, B.C.S. **13**
Figura 3. Ruta de los censos realizados en embarcaciones (línea punteada) para el conteo de ballenas grises en la Laguna San Ignacio, B.C.S. (Tomado de Gómez-Gallardo, 2004). **15**
Figura 4. Depresión post-craneal. **17**
Figura 5. Joroba en la parte dorsal del cuello. **17**
Figura 6. Vista evidente del margen de la escápula. **17**
Figura 7. Perfil cóncavo de la parte dorsal **18**
Figura 8. Condición normal (a y b). **18**
Figura 9. Condición aceptable (a y b) **19**
Figura 10. Condición pobre (a y b). **20**
Figura 11. Condición desconocida (a y b). **20**
Figura 12. La extensión del hielo marino en el Ártico de mayo 1994 y septiembre 1998 en kilómetros cuadrados. La línea de color rosa muestra la mediana del periodo 1979-2000 para ese mes (tomado de National Snow and Ice Data Center). **22**
Figura 13. Proporción, expresada en porcentaje, de individuos clasificados para las categorías de condición corporal de los grupos hembras con cría (Hc) y solos (Sol) de la temporada 2008. ..... **26**
Figura 14. Proporción, expresada en porcentaje, de individuos clasificados para las categorías de condición corporal de los grupos hembras con cría (Hc) y solos (Sol) de la temporada 2009. ..... **27**
Figura 15. Proporción, expresada en porcentaje, de individuos clasificados para las categorías de condición corporal de los grupos hembras con cría (Hc) y solos (Sol) de la temporada 2010. ..... **28**
Figura 16. Proporción, expresada en porcentaje, de individuos clasificados para las categorías de condición corporal de los grupos hembras con cría (Hc) y solos (Sol) de la temporada 2011. ..... **30**

Figura 17. Proporción de hembras con cría (Hc) por categorías de condición corporal (normal, aceptable y pobre) durante las temporadas invernales (2008-2011) en Laguna San Ignacio. **31**

Figura 18. Proporciones de ballenas solitarias (Sol) por categorías de condición corporal (normal, aceptable y pobre) durante las temporadas invernales (2008-2011) en Laguna San Ignacio. **32**

Figura 19. Fracción de hembras con cría (Hc) y solos (Sol) con categoría de condición corporal pobre para la temporadas de estudio (2008-2011) en Laguna San Ignacio..... **33**

Figura 20. Promedio de perfiles mensuales de condición corporal de las ballenas grises que visitaron Laguna San Ignacio durante los inviernos 2008-2011. Los valores se indican en porcentaje. **35**

Figura 21. Promedio de los perfiles mensuales de condición corporal de las ballenas grises que visitaron Laguna San Ignacio durante el periodo de estudio. Los valores se indican en porcentaje. **36**

Figura 22.Índice de condición corporal de las ballenas grises que visitaron Laguna San Ignacio para los inviernos de 2008 a 2011 donde se comparan ambos grupos para cada año. Se indican los valores máximos y mínimos, la mediana y los valores extremos. **38**

Figura 23. Índice de condición corporal de las ballenas grises para los cuatro años de estudio 2008 a 2011, por tipo de agrupación (hembras con cría y animales solos), que visitaron Laguna San Ignacio. Se indican los valores mínimos y máximos, mediana y valores extremos. **39**

Figura 24. Índice de condición corporal de las ballenas grises que visitaron Laguna San Ignacio (sin tomar en cuenta tipo de agrupación) para los inviernos de 2008 a 2011. Se indican los valores mínimo y máximo, así como extremos y la mediana..... **40**

Figura 25. Relación entre el ICC de las ballenas grises de Laguna San Ignacio y la cobertura de hielo en el ártico. **42**

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Clave de identificación de ballenas flacas. Donde X hace referencia a que no existe fotografía, 1: condición muy flaca, 2: flaca, 3: normal. Estos criterios son para cada una de las partes del cuerpo fotografiadas que en conjunto dan distintas combinaciones con lo cual se generó un +índice para calcular la categoría de condición corporal..... **16**

Tabla II. Individuos analizados respecto al total de individuos fotoidentificados por temporada invernal en LSI para los tipos de agrupación Hc y Sol. De igual manera, se indica la proporción de Hc y Sol que se usaron para el análisis por temporada..... **24**

Tabla III. Análisis de la condición corporal de las ballenas grises durante la temporada invernal de 2008. Se muestra el total de individuos observados y el número de individuos clasificados de acuerdo a su condición corporal (normal, aceptable y pobre)..... **26**

Tabla IV. Análisis de la condición corporal de las ballenas grises durante la temporada invernal de 2009. Se muestra el total de individuos observados y el número de individuos clasificados de acuerdo a su condición corporal (normal, aceptable y pobre)..... **27**

Tabla V. Análisis de la condición corporal de las ballenas grises durante la temporada invernal de 2010. Se muestra el total de individuos observados y el número de individuos clasificados de acuerdo a su condición corporal (normal, aceptable y pobre)..... **28**

Tabla VI. Análisis de la condición corporal de las ballenas grises durante la temporada invernal de 2011. Se muestra el total de individuos observados y el número de individuos clasificados de acuerdo a su condición corporal (normal, aceptable y pobre)..... **29**

Tabla VII. Porcentajes de hembras con cría (Hc) y Solos por categoría de condición corporal (normal, aceptable y pobre) durante las temporadas invernales (2008-2011) en Laguna San Ignacio..... **32**

Tabla VIII. Extensión de hielo marino en el ártico en millones de km cuadrados. Se muestra una serie de años que corresponde con eventos como “El Niño” y “La Niña”. Datos tomados de NSIDC..... **41**

Tabla IX. Condición corporal de las ballenas grises con recaptura durante el periodo de estudio. Se muestran los años en que los individuos fueron observados, la condición corporal con que fueron clasificados en cada año y el grupo al que perteneció**..... 44**

I. INTRODUCCIÓN

La ballena gris (*Eschrichtius robustus*) es la única especie representante de la familia Eschrichtidae (Barnes y McLeod, 1984). Se caracteriza por tener de dos a cuatro surcos en la garganta, mientras que su vientre es liso. No tienen aleta dorsal, en su lugar se encuentra una joroba rudimentaria seguida por pequeñas gibas (Tomilin, 1957). Las barbas de la hilera derecha son más cortas que las de la izquierda debido a su manera "diestra" de alimentarse dragando del fondo marino con el lado derecho del rostro (Leatherwood *et al.,* 1982). La longitud máxima para una hembra es de 15m y para un macho de 14.3m, con un peso máximo de 33t. La madurez sexual de ambos sexos se alcanza a los ocho años en promedio a una talla de 11 a 12m. La longitud promedio de una cría es de 4.5m y un peso de 500kg (Tomilin, 1957; Rice y Wolman, 1971). Su cabeza es arqueada y tiene un aspecto tosco (Figura 1, Leatherwood y Reeves, 1983; Busch, 1998).

Los individuos de esta especie pueden ser identificados gracias a sus características morfológicas, como son el patrón de coloración, el cual es determinado por marcas provocadas por la interacción con otros organismos y la pigmentación natural (origen genético), dado que la oscuridad del fondo y la luminosidad que hay en ciertas partes sobre la piel, varían en cada ballena y crean marcas naturales, lo que permite identificar a cada individuo debido a la baja probabilidad de que un patrón de pigmentación sea igual a otro (Würsing y Jefferson, 1990; Urbán y Gómez-Gallardo, 2000).

Esta especie realiza una migración en un ciclo anual y su recorrido es uno de los más largos que se conocen entre los animales. La población oriental migra más de 9,000 km en grupos, siguiendo la línea de costa desde los mares de Bering, Chukchi y Beaufort, en el norte donde se alimenta durante el verano, hasta la costa occidental de la Península de Baja California y el Golfo de California en México, para llevar a cabo sus actividades de reproducción de diciembre a abril con un pico de abundancia a mediados de febrero (Guerrero-Ruiz *et al.,* 2006).

Se considera que esta larga migración está relacionada principalmente con la temperatura del agua. Al estar situadas sus áreas de alimentación tan al norte, durante el

invierno la temperatura en estas zonas es muy baja, lo cual implicaría la muerte de sus ballenatos al no estar aún acondicionados para hacer frente a esa situación (con una capa de grasa debajo de la piel completamente formada y un tamaño adecuado), además que las principales zonas de alimentación se cubren de hielo (Guerrero-Ruiz *et al.,* 2006).

Esto supone que las lagunas mexicanas a las que llegan cada invierno, como Laguna San Ignacio, tienen una temperatura del agua adecuada para el nacimiento y el inicio del desarrollo de sus crías. Estas zonas también ofrecen protección contra depredadores, que no se aventuran en aguas tan someras y contra intensas corrientes de marea, entre otros factores. Autores como Guerrero-Ruiz y colaboradores (2006) afirman que cambios importantes en la temperatura del agua, como los que conllevan fenómenos como "El Niño y La Niña" (El Niño Oscilaciones del Sur (ENSO)), provocan variaciones en la distribución de las ballenas, lo cual es congruente con la abundancia de éstas en sus zonas de distribución invernal (Urbán *et al.,* 2003 b; Guerrero-Ruiz *et al.,* 2006).

Es conocido que eventos como El Niño y La Niña afectan la productividad primaria de las zonas influenciadas por estos fenómenos, lo que provoca cambios en la producción primaria y una alteración general de las cadenas tróficas en el mar, que finalmente tienen efectos en la alimentación de organismos mayores, como las ballenas grises. Estas condiciones pueden tener como consecuencia eventos importantes de mortalidad, como el ocurrido con las ballenas grises en el año 1999-2000 (Le Boeuf *et al.,* 2000; Guerrero-Ruiz *et al.,* 2006; Moore *et al*., 2007).

En fechas recientes se ha observado que algunos individuos presentan signos evidentes de malnutrición y/o enfermedad, a lo cual se le denominó "síndrome de ballena flaca" (Weller *et al.,* 2000). Esta condición corporal de las ballenas grises tomó importancia desde el evento de El Niño de 1997-98 a partir del cual se ha observado con frecuencia la presencia de algunas ballenas con cierto grado de desnutrición (Urbán *et al.,* 2009). Durante 1999 y 2000 se registró un número inusualmente alto de ballenas muertas varadas a lo largo de su área de distribución (Norman *et al.,* 2000; Moore *et al.,* 2001). En 1999 se registraron un total de 173 ballenas muertas y para el 2000 se reportaron 361, en estos años se observó que algunos de los cadáveres estaban flacos (Perryman *et al.,* 2002). Además la producción de crías en esos tres años fue muy baja (Brownell y Weller, 2001; Perryman *et al.,* 2002). La última estimación de la población americana en 2006-07

fue de 20,110 individuos (Rugh *et al.,* 2008). Mientras que en los años de 1997-98 la estimación fue de 26,500 ballenas grises (Rugh *et al.,* 1999).

La condición de ballenas flacas incluye características como son: una depresión en el cuerpo en la región post-craneal, una “joroba” en la región dorsal del “cuello”, vista evidente del margen de la escápula y un perfil dorsal del cuerpo más cóncavo que convexo (Urbán *et al*., 2009).

En este trabajo se analizará la condición corporal de las ballenas grises durante las temporadas invernales de 2008 a 2011 y se discutirán los resultados obtenidos en el contexto de los acontecimientos ambientales actuales.

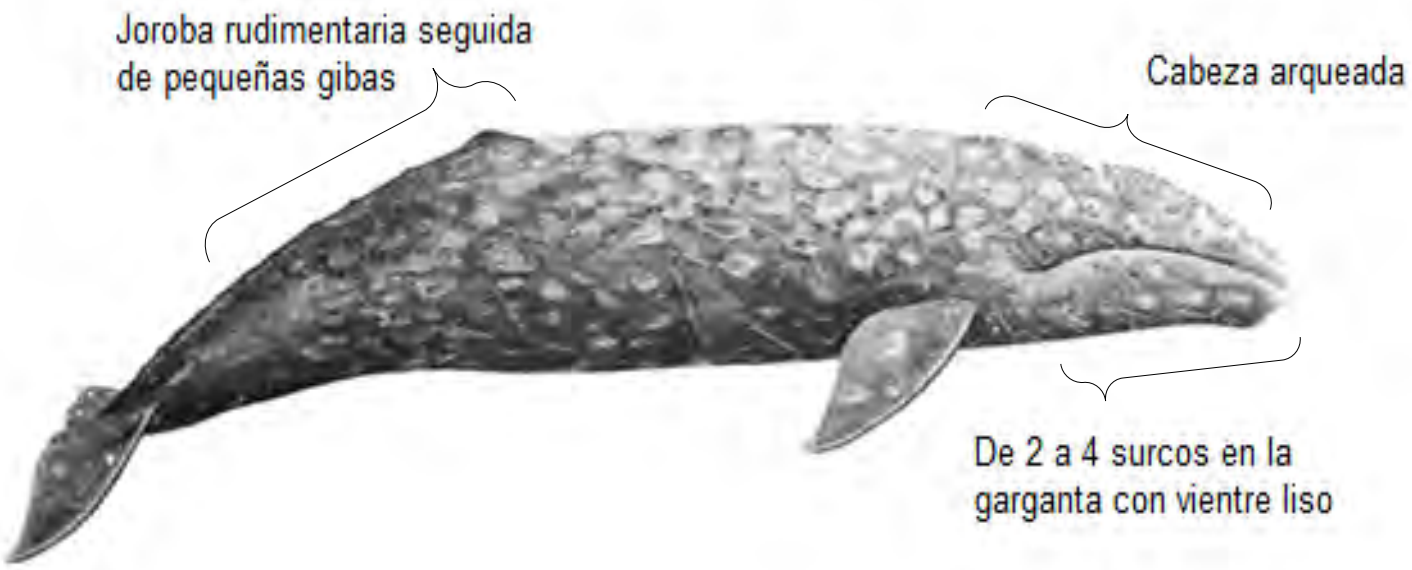

Figura 1. Imagen de la ballena gris donde se muestran sus características morfológicas.

II. ANTECEDENTES

Autores como Rice y Wolman (1971) y Wolman (1985); indican que la ballena gris sólo se encuentra en el Pacífico norte y aguas adyacentes del Océano Ártico, conformando dos poblaciones: 1) la del Pacífico occidental o asiática, que se distribuye desde el estrecho de Corea y el Mar de Seto de Japón, hasta el Mar de Okhotsk y la costa de la Península de Kamchtka, Rusia, la cual cuenta con menos de 200 individuos (Busch, 1998); y 2) la población del Pacífico nororiental o californiana, que se distribuye durante el verano en los mares de Chukchi y Beaufort, en la región noroeste del Mar de Bering y las aguas circundantes a la Isla de St. Lawrence; con algunas decenas de individuos también en aguas cercanas la Isla de Vancouver hacia el sur, hasta California central. En el otoño estas ballenas migran siguiendo la línea de costa hacia el sur hasta la costa occidental de la Península de Baja California y la región suroccidental del Golfo de California. Durante la migración se segregan temporalmente de acuerdo con su sexo, edad y estado de reproducción (Guerrero-Ruiz *et al.,* 2006).

En cuanto a su dieta, en 1943 se llevaron a cabo los primeros estudios sobre este tema, elaborándose una lista de especies (principalmente de anfípodos bentónicos) de las cuales se alimentan estas ballenas (Zimuschko e Ivashin, 1980). Posteriormente, Bogoslovskaya y colaboradores (1981; 1982) presentaron resultados a partir de contenidos estomacales de ballenas cazadas por los nativos de la región de Chukotka. Estos estudios, junto con el de Blokhin y Pavlyuchkov (1983), y los realizados por Rice y Wolman (1971), Oliver *et al.*, (1983) y más recientemente Carwardine (1995), indican que las ballenas grises son de hábitos costeros e incluyen en su dieta: anfípodos, misidáceos, moluscos, poliquetos, crustáceos, ascidias y larvas de peces.

El síndrome de la ballena flaca no es exclusivo de la ballena gris, especialistas en ballena azul (*Balaenoptera musculus;* Anónimo, 2007), evidenciaron un número significativo de ballenas de esta especie con lesiones en la piel y un aumento anual del número de las ballenas mal nutridas o flacas, que coincidió con el incremento de la temperatura superficial del agua. Por otra parte Ugalde (2008), notó una disminución en la abundancia de eufaúsidos durante el evento de El Niño 1997-98, el cual fue más pronunciado a partir del verano de 1997, por lo que dicha autora sugiere que este

fenómeno pudo haber afectado a las crías de ballena azul nacidas en ese año, las cuales se estima fueron destetadas en ese verano y por lo tanto tuvieron dificultad para alimentarse. Konishi *et al.* (2008) sugieren que las ballenas minke (*B. bonaerensis*) de las aguas subantárticas han perdido un 9% de su grasa corporal en un transcurso de 18 años debido a la escasez de krill, probablemente por efecto del cambio climático, en un estudio donde se utilizó una muestra de 2,890 ballenas macho adultas y 1,814 hembras preñadas.

Estudios con ballena gris referentes a las tasas de mortalidad, producción de crías y condición nutricional incluyen al de Le Boeuf *et al.* (2000), quienes reportan que la alta tasa de mortalidad de ballena gris en 1999 y 2000, la baja producción de crías, el desplazamiento en el tiempo de la ocupación invernal de las lagunas, los cambios en la distribución y comportamiento durante la migración y la estación reproductiva, son consistentes con la hipótesis de que los animales estaban sufriendo de bajas reservas de grasa corporal y no tenían energía suficiente para sobrevivir el periodo regular de ayuno entre las temporadas de alimentación y las de reproducción. Estos autores argumentan que la causa más probable para estas condiciones, fue una disminución en la biomasa de la presa principal de la ballena gris (*Ampelisca macrocephala*) durante el verano en las zonas de alimentación, ya sea por el decremento causado por un aumento de la depredación o por el incremento anual de la temperatura superficial del agua en los mares de Bering y Chukchi. Lo anterior apoyado en que el fenómeno “El Niño” produce un cambio de condiciones en las aguas costeras por condiciones oceánicas de aguas más cálidas (Anónimo, 2000).

Coyle y Highsmith (1994), mencionan que las ballenas grises son dependientes de las condiciones ecológicas que favorecen la presencia de las altas densidades de anfípodos bentónicos como *A. macrocephala.* Por otra parte Oliver y Slattery (1985), hablan del impacto que tiene la depredación de las ballenas grises en la estructura de las comunidades bentónicas. Highmisth y Coyle (1992), destacan que la población de ballena gris tuvo un aumento constante desde 1967 con una tasa estimada del 3.2% anual, teniendo como consecuencia el agotamiento en la comunidad de anfípodos en la cuenca de Chirikov (Polo Norte), la cual tuvo una disminución del 30% en el periodo de 1986-1988, por lo que sugieren que se podría causar una alteración a largo plazo en las redes alimentarias que afectaría la estructura de los ecosistemas, pudiendo conducir a una

colonización de otras especies bentónicas y dificultar la recuperación de las comunidades de anfípodos. A su vez, Moore y colaboradores (2003), sugieren que la inanición como resultado de una reducción de la principal presa de las ballenas grises, es la posible causa del evento de mortalidad observado en esta especie durante 1999 y 2000, y apoyan su propuesta en evidencia que sugiere que hubo un descenso de la productividad de anfípodos en el periodo de 1983 al 2000 relacionado con cambios inducidos por el clima, que coincidieron con la expansión espacial y temporal del hábitat de alimentación de ballenas grises.

Stafford *et al.* (2007), documentaron que existe ocupación extra-temporal durante el invierno en las zonas del Ártico, y sugieren que el aumento en el tamaño poblacional de estos animales, la reducción del hielo marino y el calentamiento en el Ártico de Alaska puede provocar mayor competencia por el alimento, lo que concuerda con lo propuesto por Brownell y Weller (2001), quienes proponen que un aumento en el número de ballenas flacas durante la migración al norte está relacionado con la "hipótesis de inanición o hambre" y la "hipótesis de capacidad", las cuales proponen que la biomasa de presas bentónicas se ha agotado por el efecto combinado del aumento de las temperaturas anuales del agua en el mar de Bering y el sobre-pastoreo en las zonas de alimentación, ya que la población oriental de ballenas grises ha crecido a limites en los que el alimento disponible ya no es suficiente. Lo anterior también concuerda con lo documentado por Grebmeier y Dunton (2000), quienes sugieren que la disminución en la biomasa de anfípodos está relacionada tanto con que las ballenas grises alcanzaron su capacidad de carga, como con cambios ambientales que afectan a las comunidades bentónicas. Así mismo, Nerini y Oliver (1983) y Coyle y Highsmith (1994), resaltan que la ballena gris puede ser un agente importante en la estructura de la comunidad bentónica como un importante depredador.

Tyurneva *et al.* (2008), trabajando en la costa noroeste de la Isla Sakhalin y en el sureste de la península de Kamchatka, Rusia, con la población Asiática, observaron que el subóptimo y ocasionalmente enflaquecido peso corporal de algunas de las ballenas que llegan las costas de la Isla Sakhalin en primavera, generalmente mejora durante el periodo de alimentación en verano. Mientras en 2006-2007, la condición de la mayoría de las ballenas con bajo peso mejoró durante el transcurso de esa temporada, en el 2008 veinte ballenas (incluyendo tres hembras con cría) estaban por debajo de la condición

corporal cuando se vieron por primera vez en la costa de Sakhalin al principio de la temporada.

Matsuno *et al.* (2011), observaron una reciente disminución en el área cubierta de hielo marino en el mar de Chukchi durante los veranos de 2007-2008 que tuvo efectos en la comunidad de zooplancton. De igual manera, Tynan y DeMaster (1997), realizaron un análisis acerca de la disminución de la extensión de hielo marino en el Océano Ártico que coincidió con tendencias de calentamiento e indican que dichos cambios en la extensión y concentración del hielo marino alteran las distribuciones estacionales, áreas geográficas, patrones de migración, estado nutricional y el éxito reproductivo de las poblaciones de algunas especies. Schwing y colaboradores (2010), mencionan en su estudio que los impactos del cambio climático en los ecosistemas marinos, son impulsados por la variabilidad climática global, la cual se llega a través de teleconexiones atmosféricas que transmiten señales climáticas en distancias muy largas a los ecosistemas remotos. Determinan que todos los grandes ecosistemas marinos muestran una tendencia al calentamiento y que eventos climáticos como ENSO parecen forzar cambios en la producción, distribución y biomasa de muchas poblaciones marinas, así como la productividad y la organización de ecosistemas. Alexander *et al.* (2002), señalan que los cambios en la convección tropical asociada con ENSO, influyen en la circulación atmosférica global a pesar de centrarse en el Pacífico ecuatorial. Las teleconexiones atmosféricas actúan como puente desde el Pacífico ecuatorial hasta el Pacífico Norte, alterando la temperatura superficial del mar, las corrientes oceánicas y salinidad.

Grebmeier *et al*. (2006), han documentado cambios en el ecosistema del mar de Bering relacionados con cambios de mayor escala en el clima, que a su vez afectan de manera directa la estructura de las comunidades. Estos autores sugieren a su vez que dichos cambios serán más marcados dentro de los próximos años extendiéndose hacia la región del Océano Ártico y el Pacífico.

En relación a sus zonas de reproducción y crianza, Rice y Wolman (1971) y Reeves (1977), fueron los primeros que realizaron un estudio en la Laguna San Ignacio obteniendo datos sobre distribución y abundancia de la ballena gris. Más tarde, Urbán *et al.* (2003b), observaron en esta especie una alta tasa de mortalidad en 1998-1999 a lo largo de la costa occidental de la Península de Baja California, con más de 70 adultos muertos registrados, donde aproximadamente el 75% de éstos fueron hembras. También,

Urbán *et al.* (2003b), documentaron cambios en la abundancia de la ballena gris en Laguna San Ignacio durante 1998 y 1999, así como los registros de ballenas muertas durante el periodo de 1996-1999. Estos autores encontraron que el número de ballenas solitarias fue muy similar entre los años, pero para las hembras con cría el pico de abundancia se retraso y fue significativamente más bajo. Ellos consideran que pudo haber una menor abundancia de hembras con cría, ya que las ballenas recién nacidas son más sensibles a las fluctuaciones de la temperatura del agua y estas y sus madres pudieron haber preferido altas latitudes con aguas frías durante el evento de "El Niño" y bajas latitudes con aguas templadas durante "La Niña". Así, Urbán *et al.* (2003b), sugieren que la tasa de mortalidad de crías para 1998 y 1999 estuvo relacionada con los eventos de "El Niño" y "La Niña". Estos resultados los llevaron a plantear la hipótesis de que eventos como ENSO pueden afectar la condición nutricional de las ballenas.

III. JUSTIFICACIÓN

Después de una intensa caza comercial, la población americana de ballena gris se considera recuperada, incluso para pensar que en algún momento sobrepasó el límite de carga de capacidad del sistema (Jones y Swartz, 2008). Esta recuperación exitosa, su distribución costera y su facilidad de estudio en las lagunas que utilizan para reproducirse, la han convertido en una de las especies de ballenas más estudiadas. El gobierno mexicano ha fortalecido políticas y aplicado programas de manejo para la conservación de la ballena gris y su hábitat en los cuerpos lagunares del estado de Baja California Sur; es integrante de la Comisión Ballenera Internacional y se le reconoce su política conservacionista, que incluye desde santuarios hasta reservas de la biósfera como la de El Vizcaíno, donde se encuentra la Laguna de San Ignacio. Dicha política tiene su origen en el año 1979, cuando se decretó a la Laguna San Ignacio como refugio para ballenas grávidas y ballenatos, y zona de atracción turístico-marítima, siendo reconocido como el primer esfuerzo real por parte de un país para proteger a esta población.

Durante los últimos años se ha observado que cambios ambientales tales como ENSO pueden resultar en un desplazamiento o pérdida de la disponibilidad de presas en

las áreas de alimentación de la ballena gris en el verano (Le Boeuf *et al*., 2000; Moore *et al*., 2001; 2003) y que el estrés nutricional puede tener un impacto significativo en la sobrevivencia a través de varios mecanismos, dejando como resultado diferentes causas de muerte. Además el estrés nutricional puede afectar la producción, tanto de crías como su actividad en general. Aunado a lo anterior se ha propuesto que un decremento en la disponibilidad de alimento en 1998, pudo haber dado lugar a un aumento en el estrés nutricional de las hembras preñadas en ese año y en las hembras con cría de 1999, posiblemente incrementando la mortalidad de las hembras adultas en dicho año. De acuerdo con esto, es importante tomar en cuenta la condición física de las ballenas, ya que desde El Niño y La Niña de1997-99 se tienen registros de ballenas con desnutrición; reflejando su efecto en el evento de mortalidad masiva observado en el periodo de 1999-2000.

Por tal motivo, es importante monitorear los cambios físicos en las ballenas grises, en particular en lo relacionado con su condición corporal (la tasa de ballenas flacas de cada año, aumento o disminución), ya que puede indicar el estado de su condición nutricional y por lo tanto dar una idea del estado de la población. Las ballenas que muestran signos de desnutrición en una temporada, son en su mayoría ballenas solitarias y es importante tener en cuenta que para la siguiente temporada, algunas de ellas son las que se espera que regresen a parir, y si se encuentran en un mal estado, las posibilidades de una reproducción exitosa disminuirán considerablemente. La información obtenida en este trabajo pretende aportar una línea base en el conocimiento de la condición corporal de las ballenas grises para que ésta sea parte importante y contribuya como una herramienta útil para el manejo y conservación de esta especie.

IV. HIPÓTESIS

Se espera que durante las temporadas invernales 2010-2011 (El Niño-La Niña) haya un incremento en el número de individuos de ballena gris que visitaron la laguna san Ignacio que exhiban una condición corporal pobre (ballenas flacas), en comparación con las temporadas invernales 2008-2009. Lo anterior debido a que cambios ambientales ocasionados por eventos como El Niño y La Niña en los años 1997-1999 tuvieron un efecto negativo en la abundancia de alimento de las ballenas grises, el cual tiene tasas de recuperación lentas. Otro factor que se considera influencia en el número de ballenas grises flacas es la recuperación significativa de su población, la cual ha alcanzado niveles cercanos a su capacidad de carga, provocando que la depredación del alimento disminuya significativamente la abundancia del mismo evitando su recuperación, viéndose reflejado en la búsqueda de nuevas áreas de pastoreo.

V. OBJETIVOS

General

Analizar la condición corporal de las ballenas grises en Laguna San Ignacio durante las temporadas invernales de 2008 a 2011.

Particulares

- Determinar la condición corporal de las ballenas grises que visitan la laguna durante las temporadas 2008 a 2011.

- Estimar la proporción tasa de ballenas grises con el ”síndrome de ballena flaca”.

- Establecer si existen diferencias en el estado de condición corporal de las ballenas grises entre los inviernos de 2008 a 2011 y discutir si estas diferencias tienen relación con la presencia de eventos como El Niño y/o La Niña.

- Determinar si existen diferencias entre agrupaciones inter e intra-anualmente.

VI. ÁREA DE ESTUDIO

La Laguna San Ignacio se localiza en la costa occidental de la Península de Baja California, México. Como una de las subprovincias del Desierto de Sebastián de Vizcaíno, entre los 26°38' y 27°00' N y los 113°06' y 113°18' W. Su costa está compuesta por playas arenosas, conglomerados de roca, conchas, manglares, pantanos y planicies de lodo y sal (Dedina y Young, 1995; Figura 2). Está rodeada por tres cadenas montañosas formando parte de las 2,546,790 ha de la Reserva de la Biósfera "El Vizcaíno". Cuenta con un clima semicálido, muy seco, con temperatura media anual entre 18º y 22°C y lluvias en verano. Durante el invierno, los vientos dominantes son los del Norte y Suroeste. La mayor parte de la Laguna es somera, desde 20 m de profundidad en la entrada hasta 2 m en la región más norteña (Jones y Swartz, 1984). Las mareas semi-diurnas varían de 0.9 a 2.4 m, causando fuertes corrientes turbulentas en la cuenca y los canales, así como cerca de la boca de la Laguna, donde estas vigorosas corrientes de marea actúan como un agente de mezcla (Swartz y Jones, 1981).

Este cuerpo de agua se comunica con el océano mediante una red de canales, los cuales son mantenidos por la acción de fuertes corrientes de marea y está es la razón por la cual las propiedades de las aguas de esta laguna son diferentes de las propiedades del océano abierto (Winant y Gutiérrez de Velasco, 1999).

Laguna San Ignacio provee el hábitat para un número importante de plantas y animales terrestres y marinos, algunos de los cuales se encuentran amenazados como la tortuga prieta *Chelonia agassizi* (Galina *et al.,* 1991). La vegetación principalmente es halófila (que se desarrolla en zonas de acumulación de sales). Otro tipo de vegetación que se desarrolla en la Laguna con menor abundancia es la llamada vegetación de desiertos arenosos como arbustos y árboles. Además, se pueden encontrar mangles como mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle rojo *(Rhizophora mangle;* Dedina y Young, 1995).

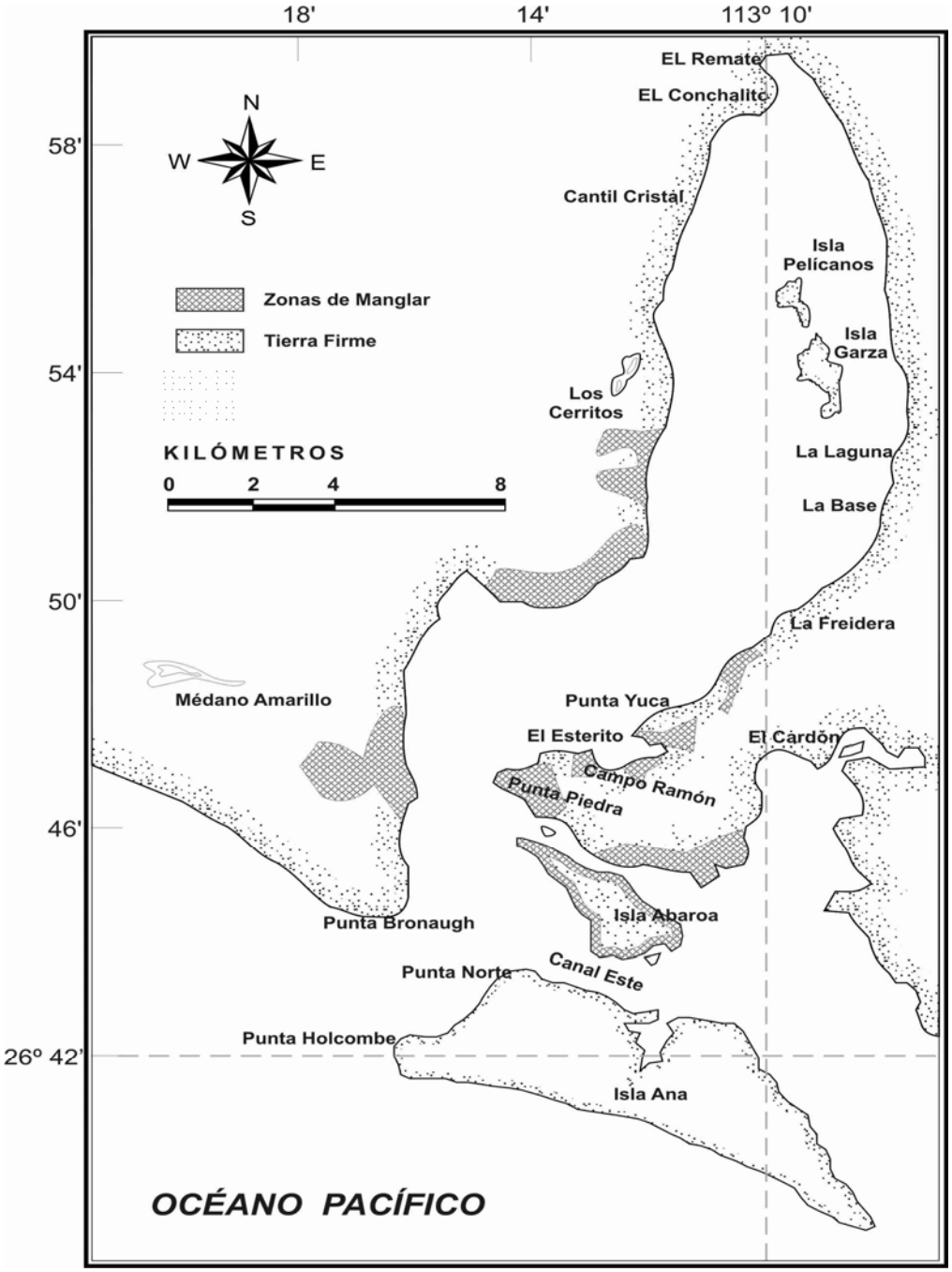

Figura 2. Mapa de Laguna San Ignacio, B.C.S.

VII. MÉTODOS

Trabajo de campo

Fotoidentificación de individuos

Las ballenas grises poseen una pigmentación y marcas únicas e individuales que pueden ser utilizadas para identificar individuos. El esfuerzo se enfocó en primer término en fotografiar a todas las ballenas para así poder individualizarlas. Se tomaron fotografías de la porción visible del dorso de las ballenas, de su cabeza y escapula con cámaras digitales de 35 mm SLR, equipadas con lentes zoom de 70-300 mm. Se distinguió a los individuos al comparar su patrón de pigmentación y las marcas en el dorso, seleccionando la mejor fotografía para elaborar un catálogo (Urbán *et al.,* 2009)

Proporción de ballenas

Para obtener el número de ballenas observadas en el periodo de estudio y así poder estimar las proporciones de cada condición corporal, se utilizaron las bases de datos realizadas como parte del trabajo de campo del Programa de Investigación de Mamíferos Marinos (PRIMMA) en Laguna San Ignacio (LSI). Los censos se realizaron haciendo conteos directos de las ballenas dentro de la laguna a lo largo de la temporada con una periodicidad de 3 o 6 días, según lo permitieron las condiciones climáticas, para determinar la abundancia y la distribución de las ballenas dentro de ésta. Los censos se efectuaron siguiendo un transecto y metodología de observación estandarizados (Jones y Swartz, 1984; Urbán *et al*., 2003a; Urbán *et al*., 2009; Figura 3).

Tipos de agrupación

Se denominó a las parejas de ballenas adultas con cría como hembras con cría (Hc) y se contabilizarán como una unidad, por lo que el número de crías fue igual al número de hembras con cría contadas. También se definieron como “solos” (Sol) a aquellas ballenas que no estuvieron acompañadas por una cría, ya fueran machos o hembras adultos, o bien ballenas inmaduras de uno o más años.

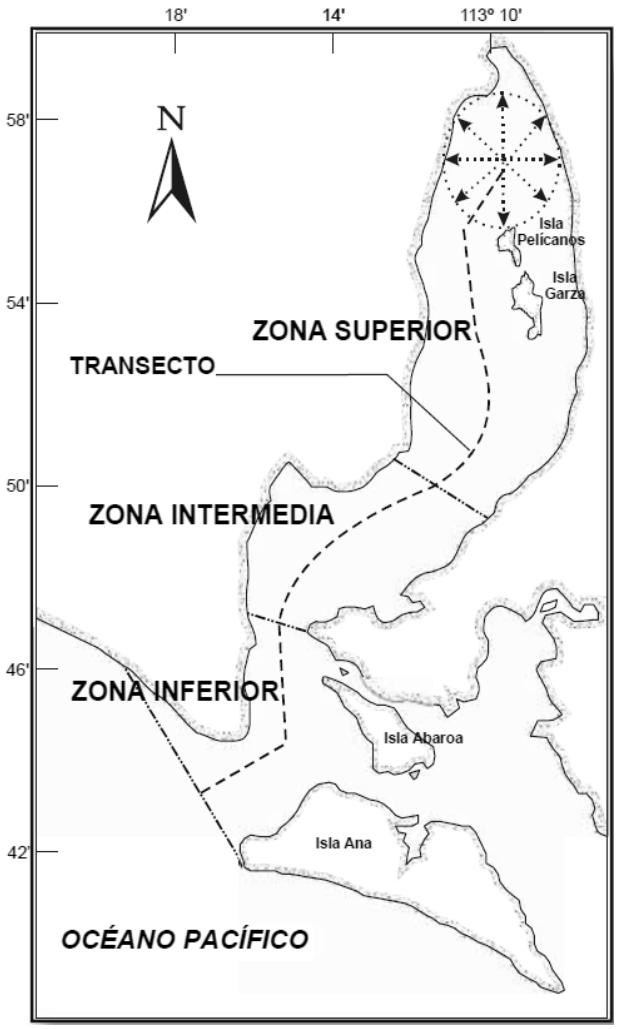

Figura 3. Ruta de los censos realizados en embarcaciones (línea punteada) para el conteo de ballenas grises en la Laguna San Ignacio, B.C.S. (Tomado de Gómez-Gallardo, 2004).

Condición Corporal ("Ballenas flacas")

A través de una revisión fotográfica se clasificó a los individuos de acuerdo con su condición corporal. Mientras que la mayoría de las ballenas observadas dentro de la laguna aparentaban estar sanas, algunas exhibían signos evidentes de una malnutrición y/o enfermedad, a lo cual se le denominó como "síndrome de ballena flaca" (Weller *et al.,* 2000; Bradford *et al*., 2012; D. Weller, com. pers). Estas características incluyen una depresión post-craneal, una "joroba" en la región dorsal del "cuello", vista evidente del

margen de la escápula y un perfil dorsal del cuerpo más cóncavo que convexo (Figura 7). Por lo anterior, para determinar la condición corporal de las ballenas, se tomaron fotografías de la porción visible del “cuello”, del dorso a nivel de la escápula y del dorso al nivel de las costillas, con cámaras de 35 mm SLR digitales equipadas con lentes zoom de 70-300 mm.

Cada una de estas características fue utilizada para clasificar a cada individuo en los diferentes patrones de condición corporal de las ballenas (normal, pobre, aceptable y desconocida; Figura 8 -Figura **11**). Así, siguiendo el criterio sugerido por Weller *et al*. (2000) y Bradford *et al*. (2012), y para realizar una determinación categórica de la condición corporal en (normal, aceptable y pobre), que pudiera ser utilizada en la comparación estadística y no fuera ambigua, se utilizaron las características de área post-craneal, escápula (E) y dorso (D). Dado que la región post-craneal ha sido utilizada como una medida estándar indicativa de la condición corporal de los individuos, y se sabe que esta región es la más indicativa en general de la condición corporal, por lo cual se le asigno una escala de 1 a 3 a diferencia de las regiones de la escapula y el dorso de 1 a 2, las cuales pueden presentar un alto grado de subjetividad si se dividen en una escala de tres valores. Así todas las combinaciones de 3ED se clasificaron como condición normal, las 2ED como aceptables y las 1ED como pobres. A diferencia de Bradford *et al*. (2012), no se hizo ninguna excepción para las categorías 311 y 211. Para detalles del método de clasificación ver Bradford *et al*. (2012) (Tabla I).

Tabla I. Clave de identificación de ballenas flacas. Donde X hace referencia a que no existe fotografía, 1: condición muy flaca, 2: flaca, 3: normal. Estos criterios son para cada una de las partes del cuerpo fotografiadas que en conjunto dan distintas combinaciones con lo cual se generó un índice para calcular la categoría de condición corporal.

Condición	**Clasificación**
Pobre	111, 112,11X, 121, 122, 1X1, 1XX, 12X, 1X2
Aceptable	212, 21X, 221, 222, 22X, 21X, 2X2, 2XX, 211
Normal	312, 321, 322, 32X, 3X2, 3XX, 311, 31X, 3X1
Desconocida	X12, X1X, X21, X22, X11, X2X, XX1, XX2, XXX

Figura 4. Depresión post-craneal.

Figura 5. Joroba en la parte dorsal del cuello.

Figura 6. Vista evidente del margen de la escápula.

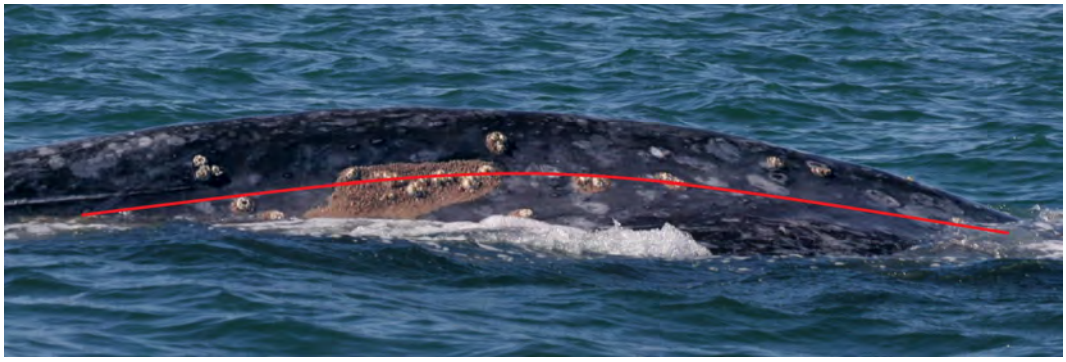

Figura 7. Perfil cóncavo de la parte dorsal.

Figura 8. Condición normal (a y b).

Figura 9. Condición aceptable (a y b)

Figura 10. Condición pobre (a y b).

Figura 11. Condición desconocida (a y b).

Análisis de datos

Cualitativo

Con la clasificación de la condición corporal de las ballenas, se estimó la proporción de ballenas clasificadas dentro de cada categoría con relación al total de las ballenas utilizadas para el análisis (ver Tabla III). Una vez que todos los individuos fueron clasificados dentro de alguna de las categorías de condición corporal, se obtuvieron el número y porcentaje de individuos presentes en cada categoría, tanto para Hc como para animales Sol. Los resultados se compararon entre años y dentro de años, considerando las tres categorías para ambos grupos.

Para determinar si existían diferencias intra e inter-anuales en el componente temporal, se consideró si los individuos fotografiados fueron avistados durante el mes de enero, febrero o marzo. Con lo anterior se realizaron perfiles de condición corporal para las tres categorías y se elaboraron perfiles mensuales dentro de los años y entre años, con relación al número de ballenas que presentaban cada una de las categorías de condición corporal.

Para inferir si los valores en las categorías de condición corporal estaban relacionados con fenómenos climáticos, se utilizaron imágenes obtenidas de NSIDC (National Snow and Ice Data Center por sus siglas en inglés, http://nsidc.org/arcticseaicenews/ ; (ver FFigura 12), en las que se calculó el promedio de cobertura de hielo para el Polo Norte. Aunque este es un análisis exploratorio, permitió hacer inferencias acerca de las diferencias observadas en el número de ballenas con el síndrome de la ballena flaca, para ver si estuvieron relacionados con una presencia mayor o menor en la cobertura de hielo en sus zonas de alimentación.

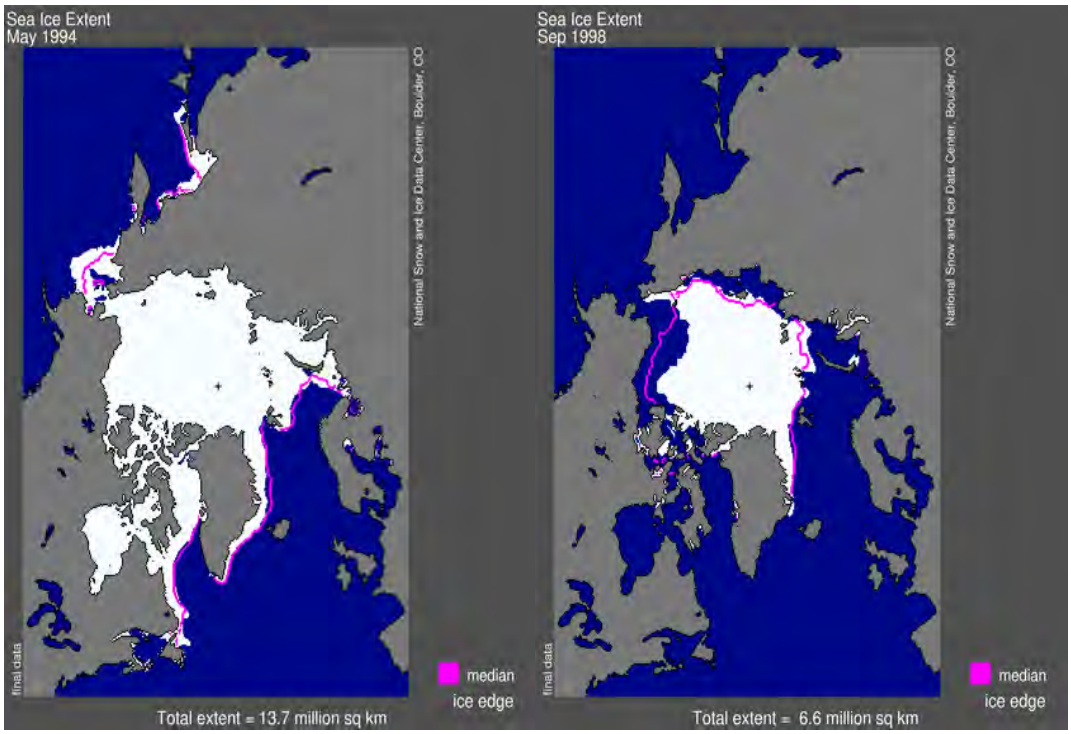

Figura 12. La extensión del hielo marino en el Ártico de mayo 1994 y septiembre 1998 en kilómetros cuadrados. La línea de color rosa muestra la mediana del periodo 1979-2000 para ese mes (tomado de NSIDC).

Por último y con el propósito de determinar si existió algún patrón en la condición corporal que los individuos presentan a través del tiempo, se hizo una comparación entre individuos que se observaron en dos o más temporadas dentro el periodo de estudio. Se obtuvieron un total de 39 ballenas grises que visitaron Laguna San Ignacio que hicieron dos o más visitas durante los inviernos de 2008 a 2011. Se registró su condición corporal y la agrupación en la que fueron observados en cada ocasión para determinar si el tipo de grupo (Hc y Sol) presentaba valores mayores y/o más frecuentes en alguna de las categorías de condición corporal.

Estadístico

Para llevar a cabo el análisis estadístico se tomaron los valores establecidos en las categorías de condición corporal. Estos valores consideran las tres regiones corporales utilizadas para determinar el grado de flaqueza de los individuos (Tabla I). Con dichos valores se calculo un Índice de Condición Corporal (ICC), así:

$$ICC = PC + (E*0.1) + (D*0.1)$$

Donde: PC se refiere a la región Post-Craneal (1-3), E a la Escápula (1-2) y D a región dorsal (1-2) (Ver Figura 4 **-**Figura **7**).

En el ICC, los valores oscilan entre 1 y 3.4, así y considerando que el índice da mayor peso a la región de la cabeza, los valores de éste se encuentran en un rango comprendido entre: 1 a 1.4 para pobre, 2 a 2.4 para aceptable y 3 a 3.4 para normal.

Una vez obtenido el índice de Condición Corporal (ICC) para cada una de las ballenas de la muestra analizada, se realizó una prueba de normalidad (t) para determinar si los valores de ICC de las ballenas presentaban distribución normal. Dado que la hipótesis de normalidad se rechazó se procedió a utilizar una prueba de Kruskal-Wallis, para comparar si existían diferencias en la condición corporal de las ballenas grises que visitaron Laguna San Ignacio entre el 2008 y 2011. Debido a que el resultado fue positivo se utilizó la prueba de Dunn, para determinar qué año era significativamente diferente de otro. También se utilizó la prueba de rangos de Mann-Whitney para ver si había diferencias significativas entre los valores de condición corporal de las Hc con relación a los Sol durante los cuatro años del período de estudio.

VIII. RESULTADOS

Durante las temporadas invernales de 2008-2011 se llevaron a cabo 1,123 horas de esfuerzo de navegación para evaluar la condición corporal mediante fotografías (normal, aceptable y pobre) de las ballenas grises que visitaron la Laguna San Ignacio. Se identificaron un total de 2,396 individuos, de los cuales se analizaron únicamente 1,461 debido a la mala calidad de las fotos, lo cual en general fue producto de una obstrucción de algunas de las zonas del cuerpo utilizadas para el análisis. Se definió como TMT al tamaño de muestra total, es decir, el total de individuos fotoidentificados en cada temporada, y TMA para hacer referencia a los individuos fotoidentificados que pudieron ser analizados para determinar su clasificación en alguna de las categorías de condición corporal para los dos tipos de agrupación analizados, Hc y Sol (Tabla II). En la tabla II se muestran los valores totales y las proporciones de TMT y TMA analizados para Hc y Sol por año.

Análisis del tamaño de la muestra

Tabla II. Individuos analizados respecto al total de individuos fotoidentificados por temporada invernal en LSI para los tipos de agrupación Hc y Sol. De igual manera, se indica la proporción de Hc y Sol que se usaron para el análisis por temporada.

		2008	2009	2010	2011
Tamaño de muestra TOTAL (TMT)	Hc	112	79	38	188
	Sol	249	588	718	424
	Total	**361**	**667**	**756**	**612**
Tamaño de muestra ANALIZADA (TMA)	Hc	79	70	31	176
	Sol	89	236	433	347
	Total	**168**	**306**	**464**	**523**
Proporción (%) TMA	Hc	47	23	7	34
	Sol	53	77	93	66
Proporción (%) de TMA por TMT	Hc	70.5	88.6	81.6	93.6
	Sol	35.7	40.1	60.3	81.8
Proporción (%) del TMA con relación a TMT		46.5	45.8	61	85.4

Análisis cualitativo

A pesar que la temporada invernal de 2010 fue el año con el mayor número de individuos fotoidentificados, la mayor proporción de los considerados en el análisis fue en el año 2011. La menor cantidad de Hc analizadas ocurrió en 2010 y la mayor en 2011, mientras que los Sol tuvieron el mayor número en 2010 y el menor en 2008.

Análisis anual por tipo de agrupación

El grupo en el que se observó un mayor número de individuos desconocidos fuel el de los Sol en 2008. El 58% de los individuos (65.8% de las Hc y el 51.7% de los Sol) presentan características normales siendo las Hc quienes presentan el valor más alto para esta categoría, mientras que el 6.7 % de los individuos están en la categoría pobre representado por el grupo de Sol (ver Tabla III; Figura 13).

Tabla III. Análisis de la condición corporal de las ballenas grises durante la temporada invernal de 2008. Se muestra el total de individuos observados y el número de individuos clasificados de acuerdo a su condición corporal (normal, aceptable y pobre).

Grupo	Normal	Aceptable	Pobre	Desconocido	TMA
Hc	52	27	0	33	79 (47%)
Sol	46	37	6	160	89 (53%)
Total	98	64	6	193	168

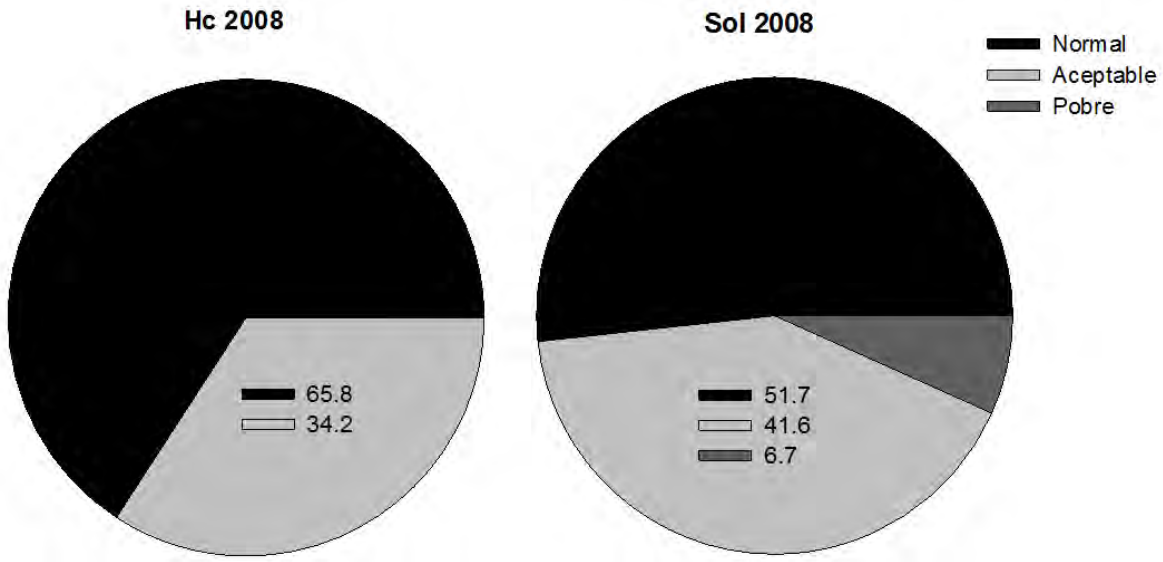

Figura 13. Proporción, expresada en porcentaje, de individuos clasificados para las categorías de condición corporal de los grupos hembras con cría (Hc) y solos (Sol) de la temporada 2008.

Para el 2009 el número de solitarios analizados fue mucho mayor al de las Hc. En particular, para la categoría pobre se observaron 18 Sol, sin individuos de Hc, lo que representó el 7.6% el grupo de Sol (Tabla IV ; Figura 14).

Tabla IV. Análisis de la condición corporal de las ballenas grises durante la temporada invernal de 2009. Se muestra el total de individuos observados y el número de individuos clasificados de acuerdo a su condición corporal (normal, aceptable y pobre).

Grupo	Normal	Aceptable	Pobre	Desconocido	TMA
Hc	52	18	0	9	70 (23%)
Sol	119	99	18	352	236 (77%)
Total	171	117	18	361	306

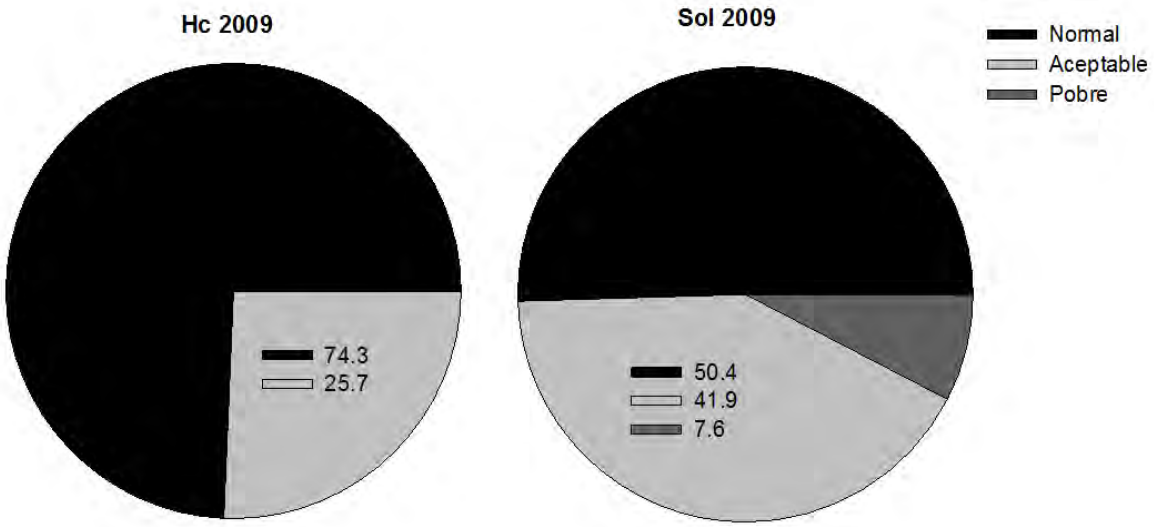

Figura 14. Proporción, expresada en porcentaje, de individuos clasificados para las categorías de condición corporal de los grupos hembras con cría (Hc) y solos (Sol) de la temporada 2009.

En la temporada 2010, para las distintas categorías de condición corporal, el grupo de Sol presentó los números más altos nuevamente (Tabla V). El grupo de Hc obtuvo la mayor proporción para la categoría normal con 96.8%, siendo el porcentaje más alto para ambos grupos en esta categoría en el periodo de estudio. En la categoría pobre, los Sol presentaron 6.2% mientras que para el grupo de Hc fue cero (Figura 15).

Tabla V. Análisis de la condición corporal de las ballenas grises durante la temporada invernal de 2010. Se muestra el total de individuos observados y el número de individuos clasificados de acuerdo a su condición corporal (normal, aceptable y pobre).

Grupo	Normal	Aceptable	Pobre	Desconocido	TMA
Hc	30	1	0	7	31 (7%)
Sol	206	200	27	285	433 (93%)
Total	236	201	27	292	464

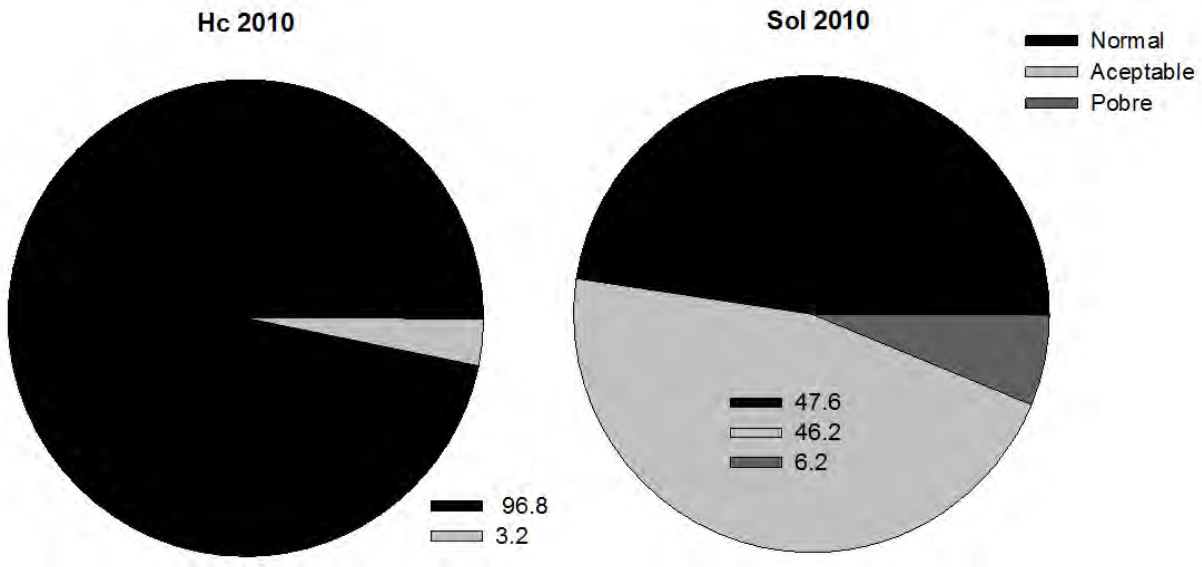

Figura 15. Proporción, expresada en porcentaje, de individuos clasificados para las categorías de condición corporal de los grupos hembras con cría (Hc) y solos (Sol) de la temporada 2010.

Durante la temporada 2011, en las categorías de condición corporal, el grupo de Sol tuvo un número de individuos de 221 contra 124 de Hc para la categoría normal y de igual manera tuvieron los valores más altos en la categoría pobre (Tabla VI). Este año presentó las proporciones más similares para Hc y Sol en las tres categorías. Para la categoría normal los valores estuvieron dentro del rango 63 a 71%. Finalmente, en la categoría pobre para el grupo de Sol el porcentaje fue de 4.9%, mientras que para las Hc fue de 2.3%. Este último valor representa el más alto para las Hc en el periodo de estudio (Figura 16).

Tabla VI. Análisis de la condición corporal de las ballenas grises durante la temporada invernal de 2011. Se muestra el total de individuos observados y el número de individuos clasificados de acuerdo a su condición corporal (normal, aceptable y pobre).

Grupo	Normal	Aceptable	Pobre	Desconocido	TMA
Hc	124	48	4	12	176 (34%)
Sol	221	109	17	77	347 (66%)
Total	345	157	21	89	523

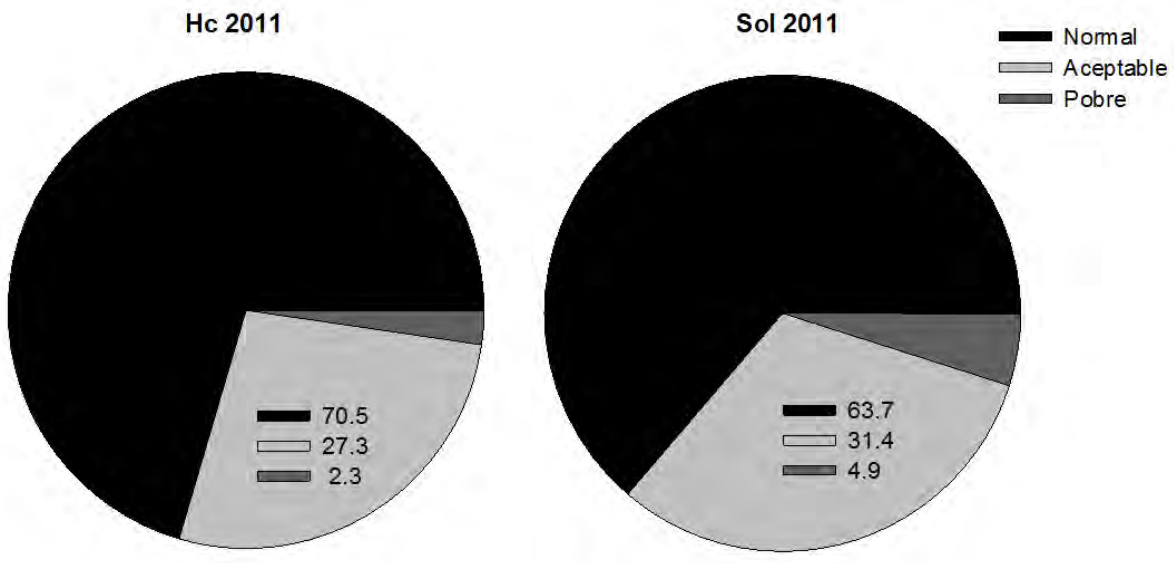

Figura 16. Proporción, expresada en porcentaje, de individuos clasificados para las categorías de condición corporal de los grupos hembras con cría (Hc) y solos (Sol) de la temporada 2011.

Comparación inter-anual de la condición corporal para las Hc

Para las Hc, la categoría de condición corporal que tuvo las proporciones más altas para todos los años fue la normal, con su valor máximo en la temporada del 2010 sin presentar individuos con características de flaqueza, mientras que los individuos clasificados dentro de la categoría pobre únicamente se observaron en la temporada 2011. (Figura 17; Tabla VII).

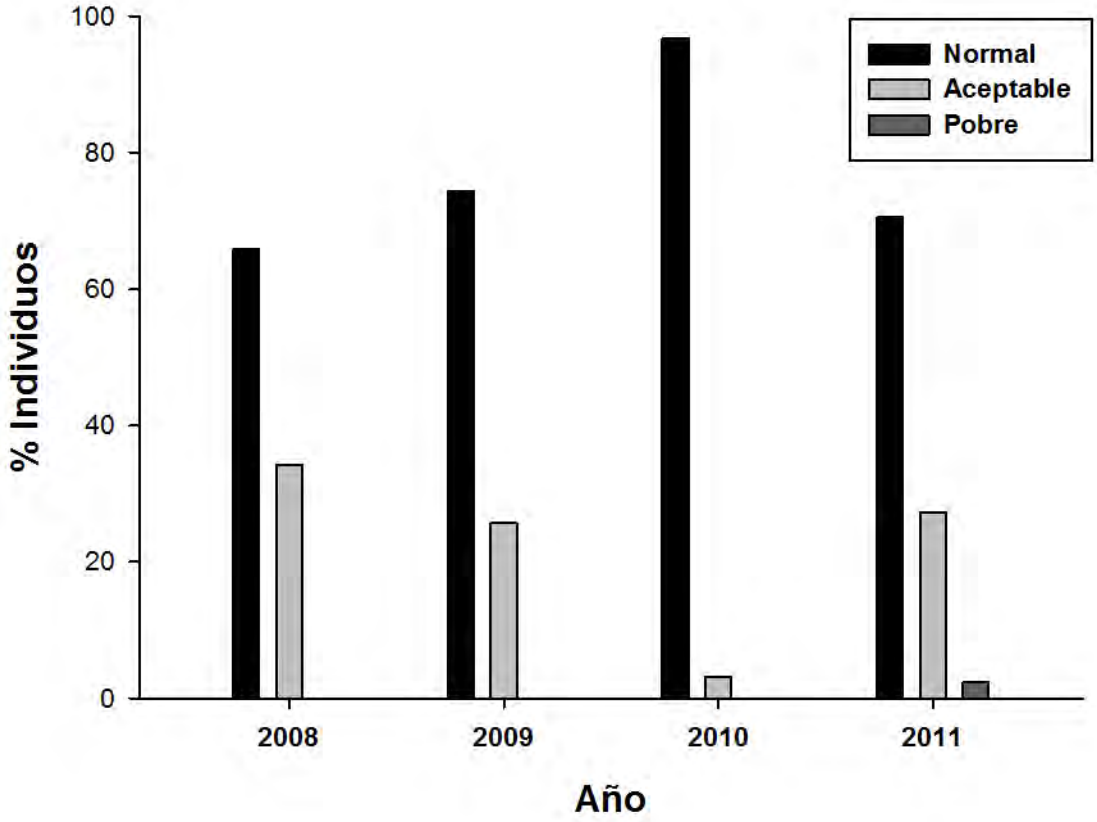

Figura 17. Proporción de hembras con cría (Hc) por categorías de condición corporal (normal, aceptable y pobre) durante las temporadas invernales (2008-2011) en Laguna San Ignacio.

Comparación inter-anual de la condición corporal para los Sol

El grupo de Sol presentó proporciones mayores en las cuatro temporadas de estudio para la categoría normal respecto a las otras categorías, siendo el 2011 el año que registró la proporción más alta, mientras que para la categoría pobre se tuvieron los valores más bajos con valores inferiores al 10% (Figura 18; Tabla VII).

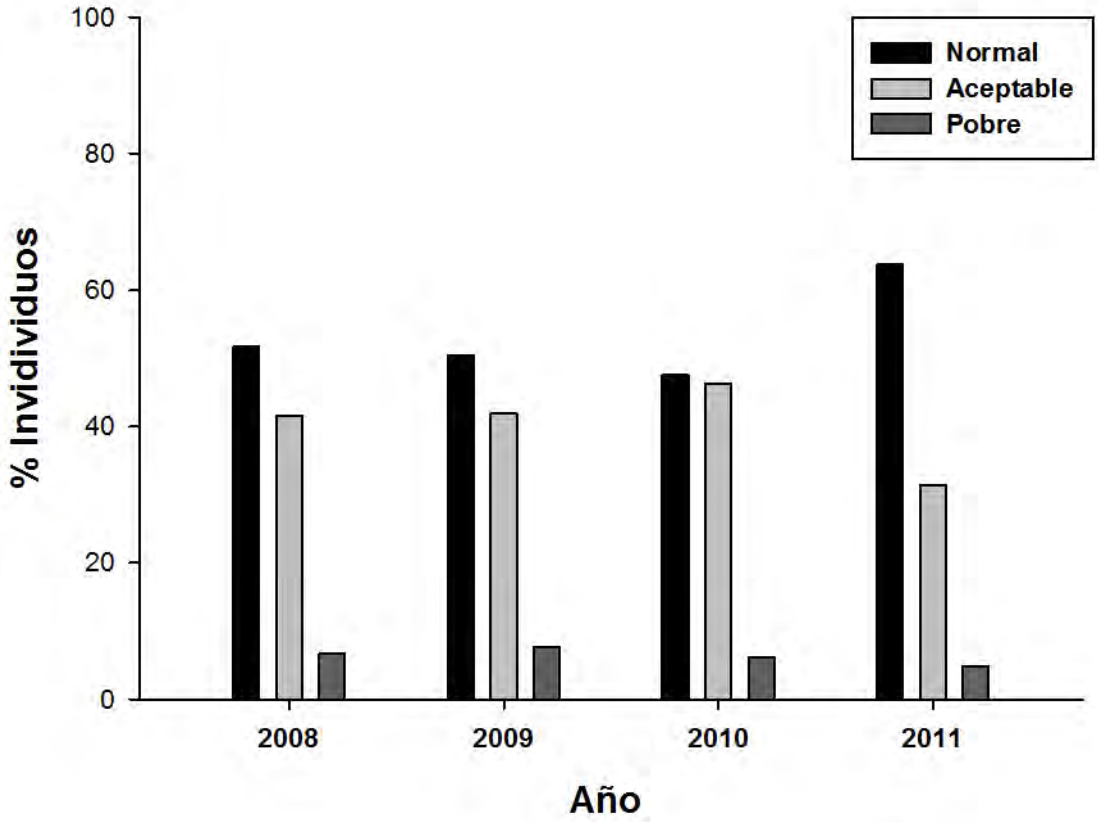

Figura 18. Proporciones de ballenas solitarias (Sol) por categorías de condición corporal (normal, aceptable y pobre) durante las temporadas invernales (2008-2011) en Laguna San Ignacio.

Tabla VII. Porcentajes de hembras con cría (Hc) y Solos por categoría de condición corporal (normal, aceptable y pobre) durante las temporadas invernales (2008-2011) en Laguna San Ignacio.

	Hc			Sol			Todos		
	Normal	**Aceptable**	**Pobre**	**Normal**	**Aceptable**	**Pobre**	**Normal**	**Aceptable**	**Pobre**
2008	65.8	34.2	0	51.7	41.6	6.7	58.8	37.9	3.4
2009	74.3	25.7	0	50.4	41.9	7.6	62.4	33.8	3.8
2010	96.8	3.2	0	47.6	46.2	6.2	72.2	24.7	3.1
2011	70.5	27.3	2.3	63.7	31.4	4.9	67.1	29.4	3.6

Comparación inter-anual de individuos con condición pobre

Se observó que las proporciones de la categoría de condición corporal pobre variaron entre años observándose un mayor porcentaje de ballenas con esta condición en 2009 para el grupo de Sol y en 2011 para las Hc. El año en el que se observó una menor proporción de individuos solos con condición pobre fue 2011 mientras que para las Hc no se observaron individuos con esta condición para ninguna otra temporada. (Figura 19).

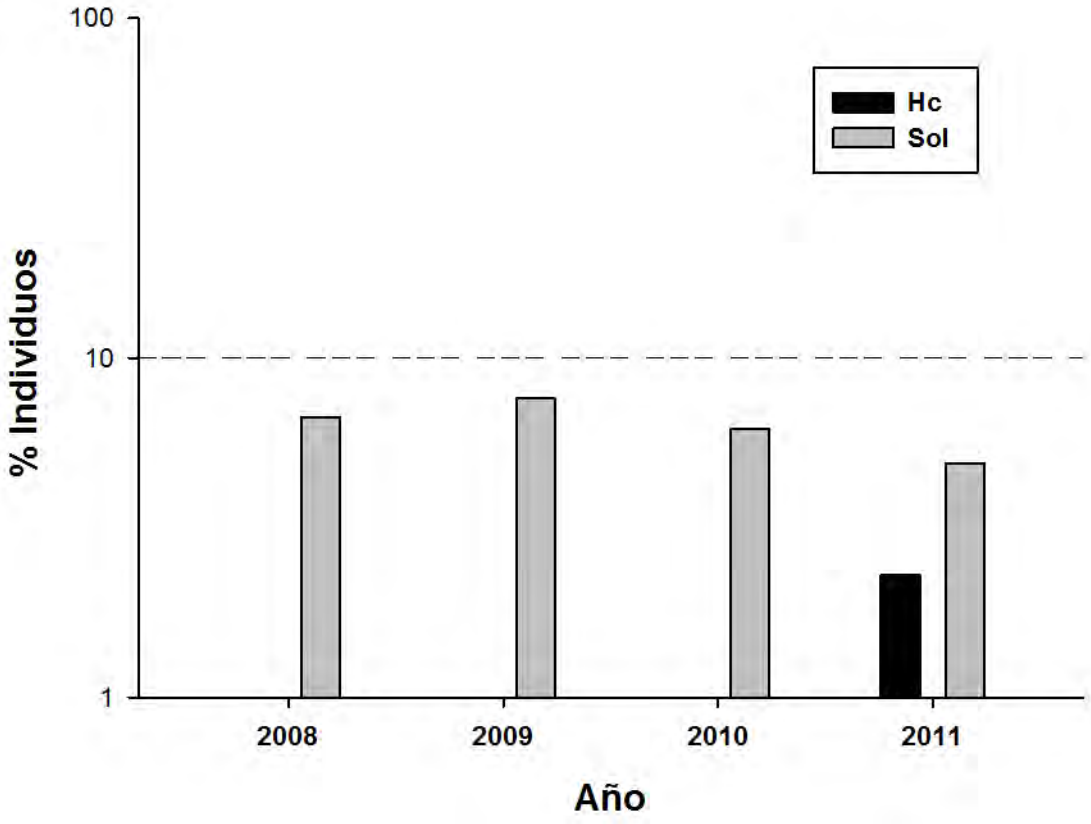

Figura 19. Fracción de hembras con cría (Hc) y solos (Sol) con categoría de condición corporal pobre para la temporadas de estudio (2008-2011) en Laguna San Ignacio. Se gráfico en escala logarítmica para destacar las diferencias de un orden de magnitud que existen entre las Hc y Sol en algunos años.

Perfiles mensuales

Los cambios mensuales en la condición corporal indican en general que los individuos con condición normal predominaron a lo largo de la temporada. Específicamente para el grupo de Hc esta condición sobresalió durante todos los meses de los cuatro años, mientras que para lo Sol, durante el mes de marzo, fue dominante la condición aceptable. En general la condición pobre durante la temporada tuvo una tendencia a aumentar a partir de marzo, esto destaca para las Hc en 2011, mientras que los Sol mostraron su valor más alto para esta categoría (pobre), durante en el mes de marzo de 2010 (Figura 20).

Considerando los cuatro años en conjunto, se observó que para el grupo de Hc la categoría normal descendió para final de temporada y corresponde directamente con un aumento en los individuos con condición aceptable. En cuanto a la condición pobre, se observó un aumento para fin de temporada. Un patrón similar se observó para el grupo de Sol pero en el mes de marzo existe una mayor proporción de individuos con condición aceptable que corresponde con la proporción más baja de individuos con condición normal. La condición pobre para este grupo, al igual que las Hc, también tuvo una tendencia a aumentar para el mes de marzo (Figura 21).

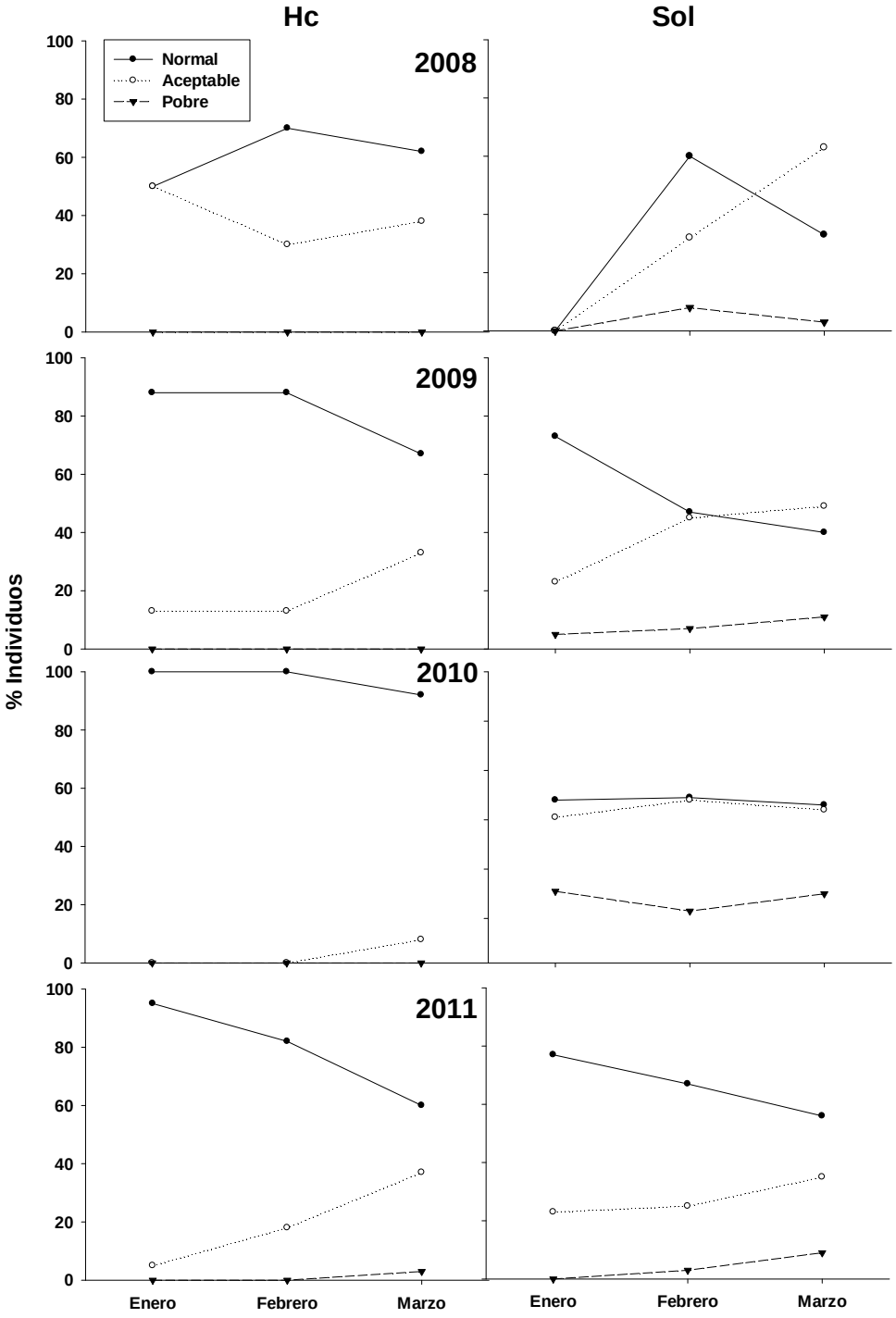

Figura 20. Promedio de perfiles mensuales de condición corporal de las ballenas grises que visitaron Laguna San Ignacio durante los inviernos 2008-2011. Los valores se indican en porcentaje.

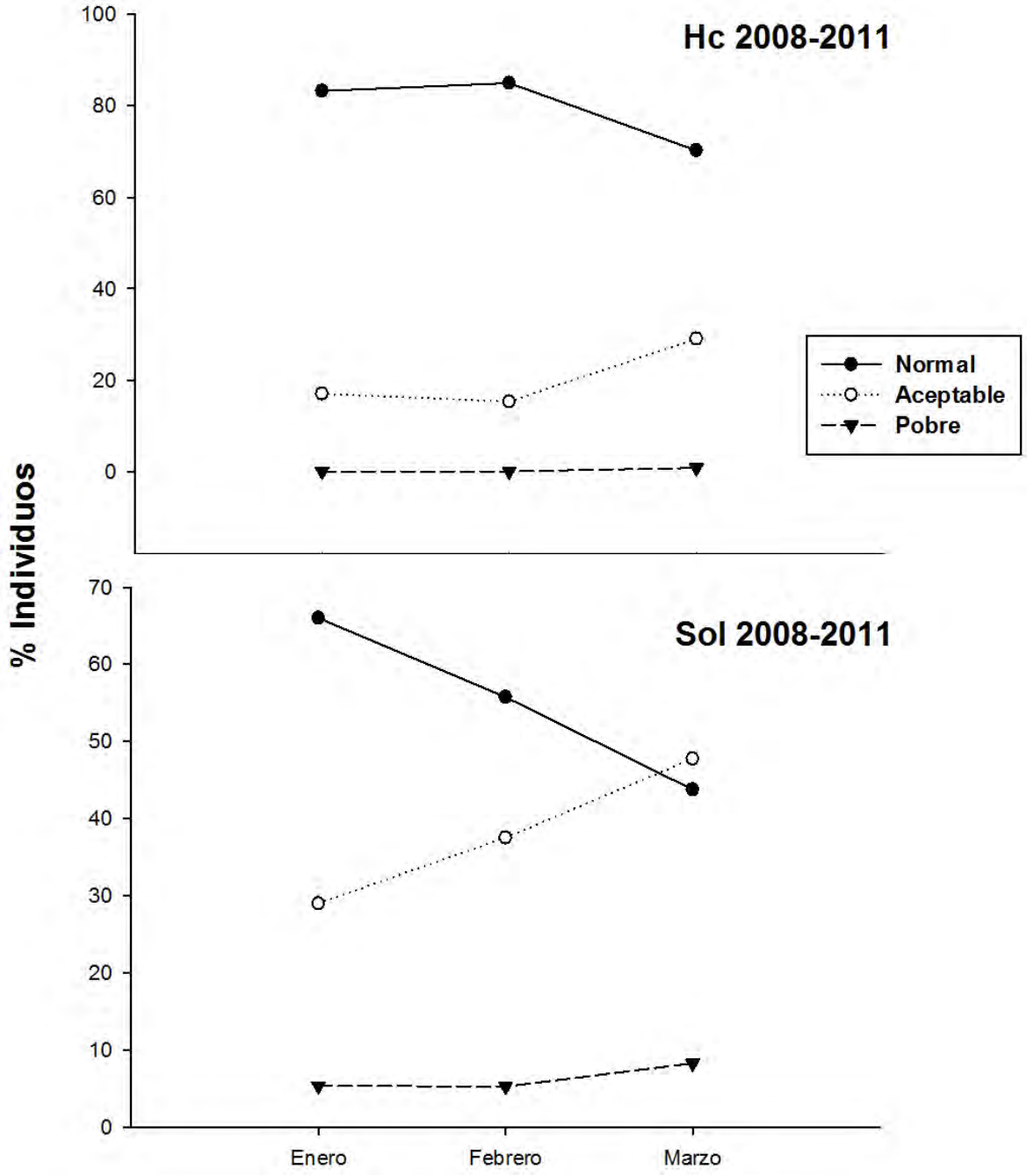

Figura 21. Promedio de los perfiles mensuales de condición corporal de las ballenas grises que visitaron Laguna San Ignacio durante el periodo de estudio. Los valores se indican en porcentaje.

Análisis estadístico

Las pruebas de normalidad para los dos tipos de agrupación por año, de las agrupaciones para todos los años en conjunto, y para todos los individuos en conjunto sin considerar agrupación, indicaron que los datos del ICC no tenían una distribución normal (P<0.050), por lo que se procedió a utilizar pruebas no paramétricas de comparación por rangos de Mann-Whitney, para comparar dos grupos de datos, y de Kruskall-Wallis para comparar más de dos grupos.

Las pruebas de Mann-Whitney utilizadas para comparar la condición corporal de las ballenas grises (Hc vs Sol) indicaron que para el 2008 no existió diferencia significativa (P=0.150). Para el 2009 y el 2010 la diferencia de medianas entre los grupos fue mayor a la que se esperaría por azar, observando diferencias significativas (P=<0.001) para ambos años, siendo la agrupación de animales Sol la que presentó los valores más bajos de condición corporal en ambos años. El 2011 también mostro diferencias significativas entre Hc y Sol (P=0.032; Figura 22).

Los resultados indican que también existen diferencias entre Hc y Sol si se consideran los datos de los cuatro años en conjunto, teniendo los Sol valores de condición corporal significativamente más bajos (P = <0.001; Figura 23).

Por último, utilizando la prueba de Kruskal-Wallis se realizó la comparación de todos los individuos entre años sin distinguir entre grupos (Hc y Sol). La prueba indicó que existieron diferencias significativas entre los años, para las ballenas grises que visitaron la laguna entre el 2008 y el 2011 (p = <0.001). Para determinar que años eran significativamente diferentes la prueba de Dunn indicó que 2011 presentó diferencias significativas con respecto a 2008 y 2010 con un ICC mayor (2.97; Figura 24).

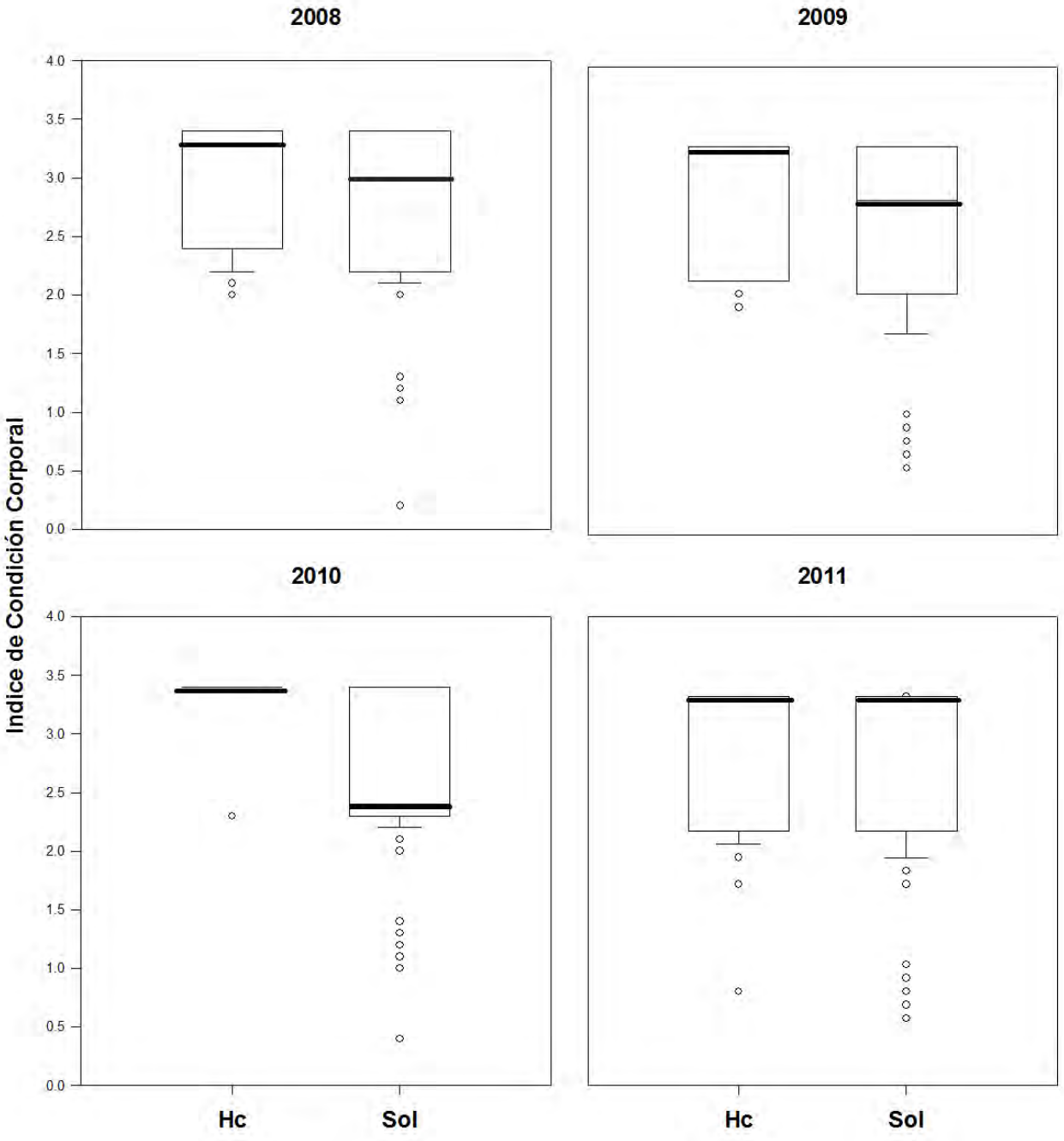

Figura 22.Índice de condición corporal de las ballenas grises que visitaron Laguna San Ignacio para los inviernos de 2008 a 2011 donde se comparan ambos grupos para cada año. Se indican los valores máximos y mínimos, la mediana y los valores extremos.

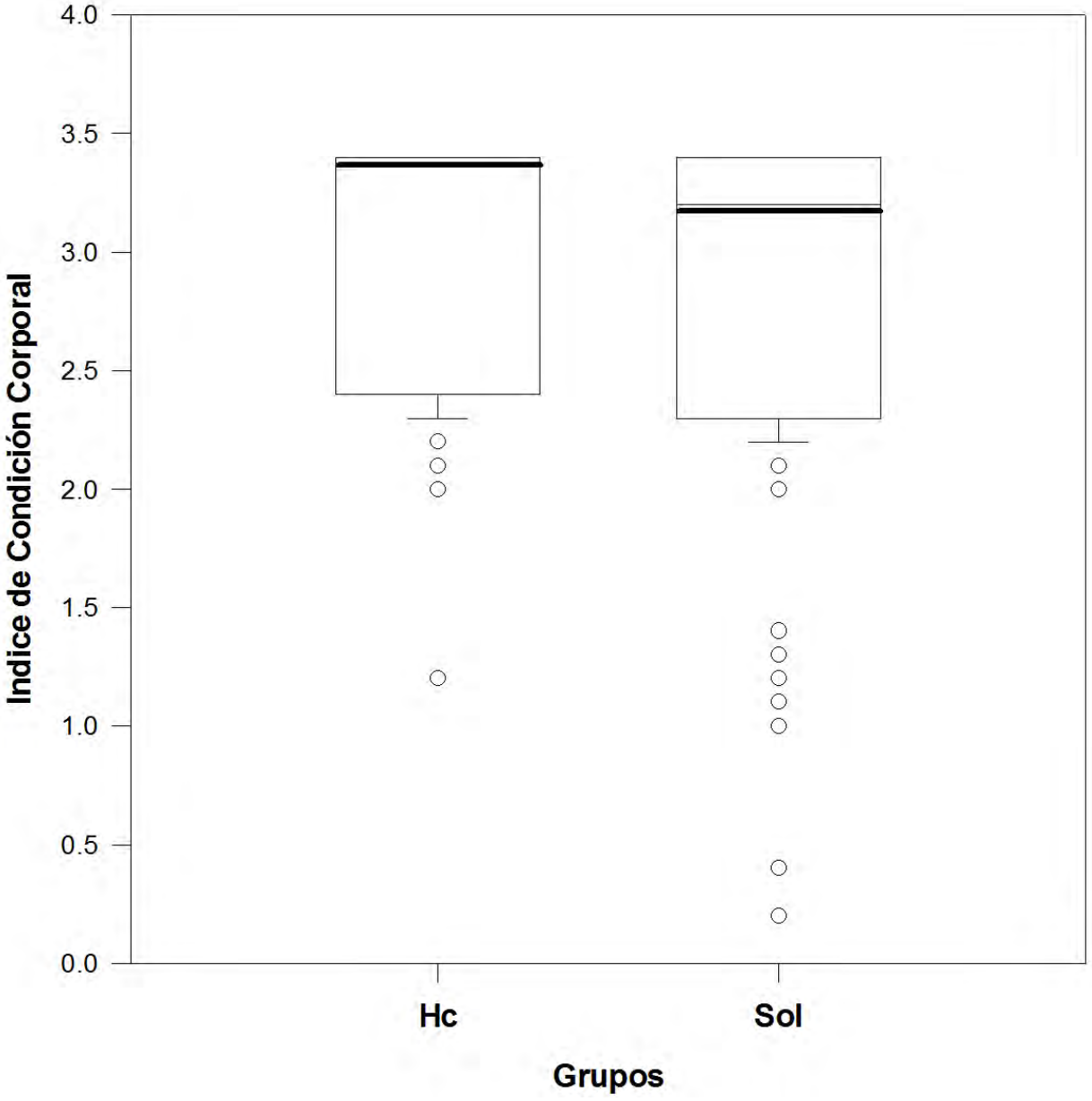

Figura 23. Índice de condición corporal de las ballenas grises para los cuatro años de estudio 2008 a 2011, por tipo de agrupación (hembras con cría y animales solos), que visitaron Laguna San Ignacio. Se indican los valores mínimos y máximos, mediana y valores extremos.

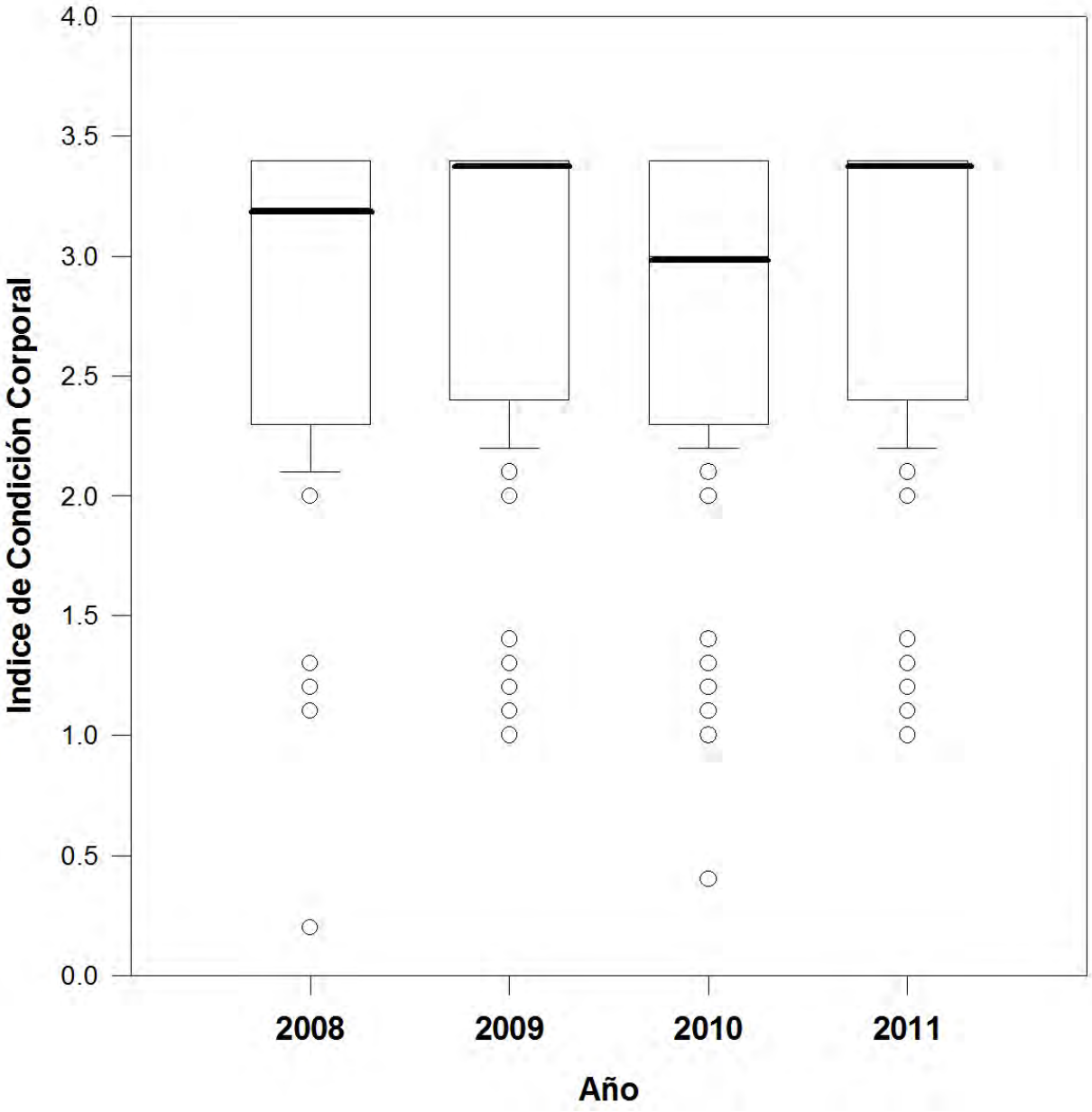

Figura 24. Índice de condición corporal de las ballenas grises que visitaron Laguna San Ignacio (sin tomar en cuenta tipo de agrupación) para los inviernos de 2008 a 2011. Se indican los valores mínimo y máximo, así como extremos y la mediana.

Extensión de hielo

Los datos de cobertura de hielo marino indican que el promedio de cobertura de hielo en el Polo Norte fue de 9.4 millones de km^2 para el período comprendido entre 1981-2011. Los datos indican que existe un patrón consistente de pérdida de cobertura de hielo marino, el cual ha ido disminuyendo de un valor arriba de 10 millones de km^2 en los ochentas a poco menos de 9 millones de km^2 para finales de 2010 (Tabla VIII).

Tabla VIII. Extensión de hielo marino en el ártico en millones de km cuadrados. Se muestra una serie de años que corresponde con eventos como "El Niño" y "La Niña". Datos tomados de NSIDC.

Extensión de hielo (millones km^2)							
Año	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**	**Promedio**
1981	13.9	12.6	10.6	7.9	7.3	9.2	10.3
1982	14.2	12.7	10.7	8.3	7.5	10	10.6
1983	13.5	12.4	10.9	8.4	7.5	9.6	10.4
1996	13.1	12.1	10.4	8.2	7.9	9.4	10.2
1997	13.3	11.9	9.6	7.3	6.7	8.8	9.6
1998	13.8	11.9	9.6	7.5	6.6	8.9	9.7
1999	13.9	12.1	9.6	7.4	6.2	9.1	9.7
2000	13.2	11.7	9.8	7.2	6.3	8.9	9.5
2001	13.7	11.7	9.2	7.5	6.8	8.6	9.6
2007	12.9	11.5	8.1	5.4	4.3	6.8	8.2
2008	13.2	11.4	9	6	4.7	8.4	8.8
2009	13.4	11.5	8.8	6.3	5.4	7.5	8.8
2010	13.1	10.8	8.4	6	4.9	7.7	8.5
2011	12.8	11	7.9	5.5	4.6	7.1	8.2

Los datos de cobertura de hielo marino obtenidos a través de imágenes, indicaron que existe una disminución de la capa de hielo en el ártico. Al empatar estos datos con los valores de ICC se observa que la disminución de hielo se corresponde con un aumento en el valor de ICC. La cobertura de hielo marino en la zona disminuyo mientras que el período en el que se alimentan las ballenas grises aumento, por lo tanto, el estado de condición corporal mejoró (Figura 25).

.

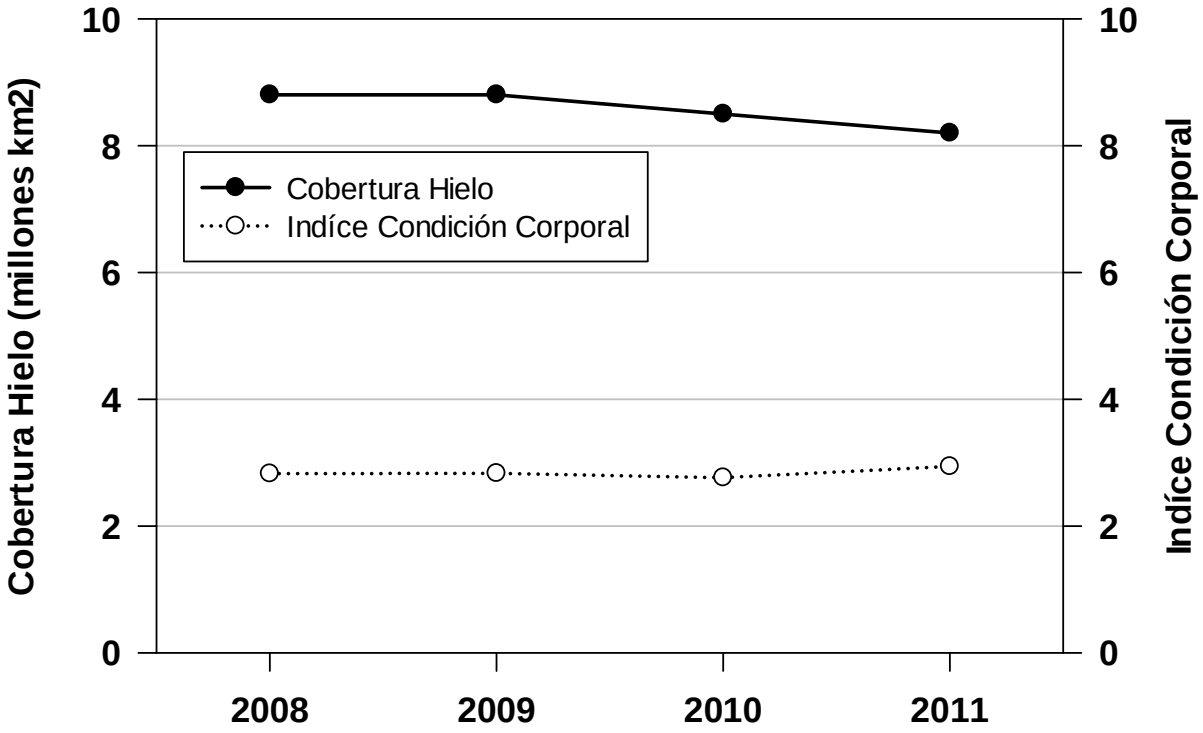

Figura 25. Relación entre el ICC de las ballenas grises de Laguna San Ignacio y la cobertura de hielo en el ártico.

Recapturas

De las comparaciones entre todos los individuos fotoidentificados entre el 2008 y el 2011, se encontraron 39 individuos con recapturas en diferentes años, de los cuales 19 fueron animales solos y 20 se vieron como solos y Hc (Tabla IX). En el análisis de la condición corporal entre años no se observó ningún patrón en las variaciones de la condición corporal en los dos tipos de agrupación, teniendo individuos que mejoraron su condición y otros que empeoraron. Por último entre años consecutivos tampoco hubo un patrón, ya que hubo individuos que mantuvieron su condición, otros que mejoraron y otros que empeoraron (Tabla IX). El individuo 3, por ejemplo, fue visto en el periodo 2008-2010 (únicamente no se observó en 2011) con condición normal, pobre y de nuevo normal, respectivamente, y como Hc en 2008 y Sol en 2009 y 2010. Lo anterior sugiere que las variaciones observadas a nivel de agrupación (ver Figura 23) se deben a procesos que afectan en escala poblacional y no en escala individual.

Tabla IX. Condición corporal de las ballenas grises con recaptura durante el periodo de estudio. Se muestran los años en que los individuos fueron observados, la condición corporal con que fueron clasificados en cada año y el grupo al que perteneció.

Recapturas									
Individuo		**Año**			**Condición**			**Grupo**	
1	2008	2009	2011	aceptable	Normal	normal	Hc	Sol	Hc
2	2008	2010	2011	normal	Normal	normal	Hc	Sol	Hc
3	2008	2009	2010	normal	Pobre	normal	Hc	Sol	Sol
4	2008	2010		normal	Normal		Hc	Sol	
5	2008	2011		normal	Normal		Hc	Sol	
6	2008	2009		normal	Normal		Hc	Sol	
7	2008	2011		aceptable	aceptable		Sol	Hc	
8	2009	2010		normal	Normal		Sol	Hc	
9	2010	2011		normal	Normal		Sol	Hc	
10	2010	2011		normal	Normal		Sol	Hc	
11	2009	2010		normal	Normal		Sol	Hc	
12	2009	2011		normal	Normal		Sol	Hc	
13	2009	2011		normal	aceptable		Sol	Hc	
14	2010	2011		normal	Normal		Sol	Hc	
15	2010	2011		aceptable	Normal		Sol	Hc	
16	2010	2011		normal	Normal		Sol	Hc	
17	2010	2011		normal	Normal		Sol	Hc	
18	2010	2011		normal	Normal		Sol	Hc	
19	2010	2011		normal	Pobre		Sol	Hc	
20	2009	2010	2011	normal	Normal	normal	Sol	Sol	Hc
21	2008	2009	2010	normal	Normal	normal	Sol	Sol	Sol
22	2009	2011		aceptable	Normal		Sol	Sol	
23	2008	2009		pobre	aceptable		Sol	Sol	
24	2008	2009		normal	Normal		Sol	Sol	
25	2008	2009		normal	Normal		Sol	Sol	
26	2009	2010		aceptable	Normal		Sol	Sol	
27	2009	2011		normal	aceptable		Sol	Sol	
28	2010	2011		aceptable	aceptable		Sol	Sol	
29	2009	2011		normal	Pobre		Sol	Sol	
30	2009	2011		normal	Normal		Sol	Sol	
31	2009	2011		normal	Normal		Sol	Sol	
32	2009	2011		normal	Normal		Sol	Sol	
33	2009	2010		aceptable	aceptable		Sol	Sol	
34	2010	2011		aceptable	Normal		Sol	Sol	
35	2010	2011		aceptable	Pobre		Sol	Sol	
36	2010	2011		aceptable	Normal		Sol	Sol	
37	2010	2011		normal	aceptable		Sol	Sol	
38	2010	2011		aceptable	aceptable		Sol	Sol	
39	2010	2011		aceptable	aceptable		Sol	Sol	

IX. DISCUSIÓN

Un total de 2,396 individuos fueron foto-identificados durante los cuatro años (2008-2011) que abarcó el presente estudio, sin embargo sólo 1,461 (~61%) fueron utilizados para el análisis de las categorías de condición corporal. El hecho de que cerca del 40% de los individuos fueran clasificados en la categoría de desconocidos, se debió principalmente a que no se contó con fotografías del área postcraneal (Figura 4). De acuerdo con Bradford *et al*. (2012), esta zona es, de las tres evaluadas, la más importante o sensible en lo que se refiere a la pérdida de grasa subcutánea (por lo que también es el área que tiene mayor peso en el índice que clasifica la categoría de condición corporal de los individuos; Tabla I). El método arriba descrito también ha sido aplicado a otras especies de ballenas (Pettis *et al*., 2004) Por lo que las claves utilizadas para determinar la condición corporal de cada individuo están regidas por el valor que obtenga esta zona, a pesar de que existen ejemplos de individuos donde no es representativo.

Durante los últimos años se ha documentado que el análisis de la condición corporal de distintas especies de mamíferos (Shulte-Hostedde *et al.*, 2001; Pettis *et al.,* 2004; Bradford *et al*., 2012), es útil si se considera que las reservas de energía de un organismo se reflejan en su condición corporal, como una medida de la vinculación entre el estado físico individual y el ambiente (Bradford *et al*., 2012), entonces esta variación en el contenido de grasa almacenada, es una respuesta de la condición nutricional y las demandas o señales ambientales a la que los organismos están sometidos (Batzliy y Esseks, 1992). Por lo anterior, es de esperar que las poblaciones sin importar el tamaño, estén sujetas a condiciones fisiológicas y ambientales que limitan su viabilidad (Bradford *et al*., 2012). Con esto en mente, el análisis de la condición corporal se perfila como una herramienta importante para conocer las tendencias en las que se encuentra una población (Wilson *et al*., 1997 y Weller *et al.,* 2000)

En el caso particular de las ballenas, recientemente se ha explorado la factibilidad de estos análisis en distintas especies y a través de distintas técnicas (Naess *et al*., 1998; Pettis *et al*., 2004; Bradford *et al*., 2012). En este sentido el análisis de la condición corporal de algunas especies de ballenas a través de métodos visuales, aunque con sus limitaciones, han mostrado ser útiles, entre ellas las ballenas grises (Pettis *et al*., 2004; Bradford *et al*., 2012). Este tipo de análisis han permitido analizar las variaciones en la condición corporal de las ballenas a través del tiempo, tanto intra como interanualmente

(Pettis *et al*., 2004; Bradford *et al*., 2012). La evaluación de la salud de los cetáceos en libertad es difícil debido a la limitada visibilidad del cuerpo entero. Las mediciones de longitud y anchura de la ballena gris utilizando la fotogrametría aérea puede ser una opción fiable para detectar cambios en la condición corporal, asociados con el ayuno durante la migración de invierno (Perryman y Lynn, 2002).

El presente estudio es el primero en analizar la condición corporal de las ballenas grises en sus zonas de reproducción en el Pacífico Mexicano. Los análisis realizados son útiles para conocer las relaciones entre la condición corporal de las ballenas grises que visitan las lagunas de reproducción en el Pacífico mexicano en relación con parámetros ambientales. Es posible establecer una línea base para monitorear la condición corporal que podrá ser utilizado para detectar los vínculos demográficos y ambientales de cambios en los ecosistemas en el futuro (Bradford *et al.,* 2012)

Los análisis indican que en general la condición corporal de las ballenas grises que visitaron laguna San Ignacio durante los inviernos de 2008 a 2011, estuvo dentro del rango de condición normal para todos los individuos en general, hembras con cría y adultos sin cría (ya sean machos o hembras; Figura 13 a 18). El 2010 fue el año en el que hubo un menor número de individuos solos con categoría normal (47.6%), mientras que las Hc presentaron el valor más alto de todos los años en dicha categoría (96.8%). No obstante el valor mostrado por los individuos solos en 2010, no se aleja del promedio para los cuatro años en esta categoría, que fue del 53.3% (ver Figura 15 y 17). Sin embargo, el alto valor mostrado para esa misma categoría, en el caso de las Hc en 2010, si se aleja del promedio registrado para los cuatro años (76.8%; Figura 17). Lo anterior puede deberse a que durante el verano del 2009, las hembras tuvieron acceso a una mayor cantidad de alimento o se alimentaron durante más tiempo, en comparación con los otros años, lo cual concuerda con Perryman *et al. (*2002*)*, quienes probaron la correlación entre la longitud de la temporada de la alimentación (los períodos libres de hielo) y las estimaciones de producción de crías para las temporadas de primavera; dando a conocer que tal correlación lleva un retraso de un año. Es decir, una reducción en el tiempo de alimentación influye en la probabilidad de que una hembra embarazada lleve un feto a terminó, por lo tanto una reducción en la producción de crías debe ocurrir en la temporada posterior al evento de hielo. Posteriormente Salvadeo *et al.* (2013), refuerzan lo anterior con la propuesta de que el calentamiento global será favorable para la población de

ballenas grises, debido a que se ha documentado que los años con una amplia extensión de hielo estacional, reducen el tiempo que las zonas de alimentación están disponibles para las hembras preñadas, resultando en una condición nutritiva subóptima y como consecuencia una baja producción de crías. Por lo tanto una extensión de hielo menor implica un tiempo más largo y un área más grande para que las ballenas se alimenten, favoreciendo su condición corporal y la producción de crías. Sin embargo, cuando se considera la fracción de Hc en relación con los solos, para los cuatro años, se puede observar que 2010 fue el año con el valor más bajo, por cada Hc hubo 19 Sol (Tabla II y V). Por el contrario los años de 2008 y 2011, que presentaron valores de 2 Sol por cada Hc (con base a TMT) indican que una de cada tres ballenas que visitaron la laguna durante esos años fueron hembras con cría (ver Tabla III y VI). Lo cual sugiere que durante los veranos de 2007 y 2010 en las zonas de alimentación hubo abundancia de alimento o más tiempo para alimentarse, porque la proporción de Hc respecto a Sol fue mayor; sin embargo, observando la proporción de Hc con condición normal para ambos años, fue menor en comparación a los años 2009 y 2010. A pesar de lo anterior, la proporción mayor de Hc con condición pobre en el 2011 no fue significativa porque el valor promedio del ICC para este grupo se mantuvo dentro del valor obtenido para los otros años (Figura 13 a 16 y 22).

La categoría de condición corporal pobre, presentó valores notablemente menores para la agrupación de las Hc en comparación con los animales solos, en promedio para los cuatro años, las Hc presentan valores de 0.6% de individuos con esta categoría, en comparación con el 6.3% de los animales solos (Figura 19). Lo anterior contrasta y da seguimiento al ciclo de migración con lo reportado por Bradford et al. (2012), en las zonas de alimentación. Estos autores encontraron que las Hc presentan valores de condición corporal más pobres en comparación con los animales sin cría, lo cual concuerda con su ciclo migratorio, ya que a diferencia de las zonas de alimentación, en las cuales las crías ya tienen varios meses alimentándose de las hembras, en las zonas de reproducción las crías aún son pequeñas y el desgaste energético de las hembras apenas empieza, por lo que es congruente encontrar dicha diferencia entre ambas zonas. Se ha documentado que la condición corporal de las ballenas grises en las zonas de alimentación, mejora conforme avanza el verano y que estas mismas reservas van disminuyendo conforme los animales comienzan a salir de las zonas de alimentación para realizar su migración hacia

las lagunas de reproducción en la costa del Pacífico Mexicano (Rice y Wolman, 1971; Bradford et al., 2012).

Proporción de individuos analizados (TMA) en relación con el total de individuos fotoidentificados (TMT).

Para el 2008 los tamaños de muestra analizados (TMA), es decir, el total de individuos que fueron clasificados de cada grupo (Hc y Sol) bajo cualquier categoría, de Hc y Sol (79 y 89 respectivamente) son similares. La fracción de individuos analizados con respecto al tamaño de muestra total (TMT), refiriéndonos al total de individuos fotoidentificados para cada grupo (Hc y Sol) por temporada, fue la más baja para ambas clases de sexo (70% y 36% de Hc y Sol respectivamente), sin embargo el porcentaje de categorías de condición corporal es parecido al del resto de los años (Tabla II). En cambio, para la temporada 2009, los promedios de los valores para cada categoría de condición corporal están dentro del promedio obtenido para los años en conjunto. Sin embargo, el TMT fue muy dispar, pues para Hc fueron 79 por 588 Sol; el TMA fue para Hc 70 y 236 Sol, que representó un 88.6% y 40% respectivamente (Tabla II).

En relación con el TMT, en 2010 el alto porcentaje de Hc en categoría normal de la temporada 2010 no es un sesgo del TMA respecto al TMT, es decir, 31 individuos analizados en relación con 38 individuos fotoidentificados. El grupo de Sol tuvo 718 individuos fotoidentificados de los cuales 433 fueron analizados; lo que representó el 60.3%, mientras que para las Hc se analizó el 81.6% (Tabla II). El porcentaje de Hc con condición normal fue alto para este año, sin embargo, también fue el año con menor presencia de Hc en Laguna San Ignacio. Por lo contrario, durante 2011 el TMA en relación al TMT tuvo los valores más altos, con el 81.8% del total de Sol y 93.6% fueron analizadas. El porcentaje de individuos Sol con categoría normal estuvo por arriba del promedio observado para todos los años 63.7% con respecto a 53.3%, mientras que las Hc, el valor de categoría pobre (2.3%) estuvo por arriba del promedio de los cuatro años (0.5%; Tabla II y VII).

Lo arriba mencionado, junto con las pruebas estadísticas realizadas como comparar la condición corporal, indican que existen diferencias en los promedios de las distintas categorías de condición corporal, teniendo valores extremos para las distintas

categorías en distintos años. La temporada de 2011 fue el año con mayor porcentaje de individuos Sol con condición normal, y estadísticamente es el año donde se observaron más diferencias entre Hc y Sol (ver Figura 22), 2010 fue el año con mayor porcentaje de Hc con esta misma condición 96.8%. A su vez, para la categoría de condición pobre 2009 fue el año con el valor más alto para los solos (7.6%) y para las Hc fue 2011 (2.3%; Tabla II, V, VII, VIII; ver Figura 19). Lo anterior corresponde al resultado de la prueba de Dunn, la cual indicó que la temporada de 2011 tuvo diferencias significativas con los años 2008 y 2010 (Figura 24).

Hipótesis inanición o disminución de alimento

Coyle *et al.* (2007), plantean que el forrajeo de las ballenas grises es la principal causa de la caída en producción de anfípodos y está relacionado con que estos organismos tienen tasas de crecimiento lentas y tiempos generacionales largos, por lo que se estima que requieren décadas para recuperarse. Por lo anterior, cambios en la condición corporal observados en el periodo de estudio, pueden relacionarse con los efectos sobre la abundancia de anfípodos por la depredación de las ballenas grises. Mencionan también que, aunque los datos disponibles en su análisis no mostraron un fuerte impacto climático en la comunidad de anfípodos, las tendencias a largo plazo del calentamiento global podrían mermar o detener la recuperación de sus poblaciones alterando la estructura de la comunidad bentónica. Sin embargo, Moore *et al.* (2003) mencionan que las ballenas grises se alimentan de una amplia variedad de presas y en varios lugares a lo largo de su área de distribución, por lo que suponer que los eventos de mortalidad de 1999-2000 fueron únicamente por la falta de alimento sería incorrecto, aunque la Cuenca de Chirikov, lugar importante dentro de sus zonas de alimentación, ha sufrido cambios significativos en cuanto a la abundancia y calidad de presas de las ballenas grises.

Perfiles mensuales

El desgaste energético que conlleva la migración (pérdida 30% aprox. del peso corporal) para las ballenas solas es menor que para las hembras gestantes o lactantes, para quienes los requerimientos energéticos de la gestación y lactancia es mucho mayor. Lo anterior porque el principal propósito de los animales es alimentarse en mayor cantidad y tiempo para reponer sus reservas de grasa (Jones y Swatrz, 2002).

Durante su estancia en las lagunas de reproducción, el desgaste energético o pérdida de grasa depende de su condición individual, es decir, dependerá si es un animal solo que viene a reproducirse o bien una hembra que llega con el propósito de parir y amamantar a su cría. La competencia para reproducirse, el movimiento entre lagunas, la lactancia y cuidado de la cría son algunos de los factores que afectan y consumen energía y peso de las ballenas grises (Jones y Swartz, 2002). Christiansen *et al.* (2013), sugieren que las hembras en condiciones corporales deterioradas reducen la inversión energética que representa el feto, es decir, lo hacen de manera proporcional a su condición corporal para sobrevivir. Lo anterior puede verse reflejado en el éxito reproductivo y la producción de crías, tal como lo reporta Brownell y Weller (2001; 2002), quienes mencionan que el resultado de la mortalidad neonatal está relacionado con las reservas de grasa de las hembras que son fisiológicamente capaces.

En el transcurso de la temporada las ballenas grises tienen importantes pérdidas energéticas debido a que no se encuentran en zonas donde puedan llevar a cabo la alimentación, aunque se sugiere que son animales oportunistas (Jones y Swartz, 2002; Moore *et al.,* 2003), no existen en las lagunas de reproducción con la cantidad necesaria para satisfacer las necesidades nutricionales y energéticas de los individuos. Es por esto que se sugiere, con base en las observaciones (Figura 20 Figura 21), que mientras pasa el tiempo en las lagunas, se produce un decremento en la condición corporal de las ballenas grises que visitan la laguna San Ignacio. El mismo efecto lo observaron Bradford y colaboradores (2008) en Sakhalin, Rusia, donde observaron que las hembras lactantes que llegaban a las zonas de alimentación, presentaban una condición relativamente pobre y conforme iba avanzando la temporada de alimentación, mejoro en general la condición de las ballenas. Lo anterior puede tener en mismo resultado en las zonas de reproducción

y crianza, cuando llegan las ballenas a ésta, su condición corporal tiende a ser normal y conforme avanza la temporada decae.

Se ha registrado durante el mes de febrero un pico en la abundancia de ballenas grises en Laguna San Ignacio (Swartz, 1986), que es el punto máximo de actividad reproductiva por parte de los animales solos así como de hembras lactantes (Figura 20 y Figura **21**), y es justamente en estas fechas cuando se puede observar el máximo de abundancia que corresponde al pico de condición normal.

Se observa un gran flujo de individuos que usan la laguna de manera transitoria. La residencia en la laguna es muy variable, el recambio de individuos solos es muy alto a partir del pico de temporada al final de ésta, mientras las hembras con cría llegan a pasar hasta un mes y medio en las lagunas (Swartz, 1986). En general se observa una abrupta diferencia durante el mes de febrero para la condición normal. Durante el 2008 para los solos, el descenso de la condición normal correspondió al ascenso en la condición aceptable, al igual que en el 2009 para ambos grupos. En el 2010, el descenso se observó para la condición normal y aceptable, la condición pobre subió su valor en el grupo de Sol. En el 2011 los picos en las condiciones aceptable y pobre suben, a diferencia de la condición normal que baja (Figura), lo que puede estar relacionado con lo mencionado anteriormente, un alto recambio de individuos.

La residencia de los individuos presenta valores bajos (19.1 Hc y 2.6 Sol, Gómez-Gallardo, 2004), lo cual coincide con lo reportado por Swatz (1986), quien reportó que algunas hembras utilizan diferentes lagunas en años distintos y algunas incluso en el mismo año, mientras que los individuos solos (tomando en cuenta los machos) más de una laguna en el mismo año. Rosales *et al.* (2012) reportan valores aún más bajos para estas lagunas de reproducción y crianza (Laguna San Ignacio: 13.2 Hc y 1.4 Sol; Laguna Ojo de Liebre: 3.8 Hc y 1.2 Sol; Bahía Magdalena: 3.9 Hc y 1.2 Sol), lo cual sugiere un fluido dinámico de entrada y salida de las ballenas, quienes están empleando menos tiempo en las zonas más sureñas ya que su actividad principal es el apareamiento. Esto puede explicar que no se observó una disminución en el estado de condición corporal de las ballenas durante su estancia invernal en LSI, sugiriendo que el aumento en el número de individuos solos con condición aceptable en el mes de marzo, puede estar relacionado con una oleada de individuos que no se encuentran en su mejor condición y llegan hacia

el final de la temporada, quizás alargando su estancia en las zonas de alimentación buscando mejorar su condición corporal.

Diversos autores han apuntado a que la gran incidencia de individuos con condición nutricional pobre, las altas tasas de mortalidad y la baja producción de crías observados durante 1999 y 2000, estuvo relacionada con cambios en el ambiente relacionados con eventos intensos de El Niño y La Niña, que pudieron haber provocado una competencia intensa por el alimento, lo cual afectó de manera directa la condición nutricional de las ballenas. Dicha competencia pudo haber estado aumentada por el hecho de que la población de ballenas grises parecía haber alcanzado su límite de capacidad de carga (Urbán *et al*., 1999, 2003b; Grebmeier y Dunton 2000; Le Boeuf *et al.*, 2000; Perryman *et al.,* 2002; Cárdenas-Hinojosa, 2004). Gulland *et al.* (2002) mencionan que el estrés nutricional puede afectar a las ballenas grises por medio de diferentes mecanismos dependiendo de la edad y estado reproductivo. Si se considera que las hembras preñadas son las primeras en regresar a las áreas de alimentación, dado que requieren pasar más tiempo alimentándose para almacenar suficiente grasa para el próximo invierno en el que darán a luz y deberán lactar a la cría, resalta el hecho de que son éstas el grupo más vulnerable a cambios en su ambiente provocados por eventos climáticos intensos como el observado en 1999-2000 (Le Boeuf *et al.,* 2000; Perryman *et al.,* 2002 Salvadeo *et a.l,* 2013). Así, al tener las hembras lactantes una demanda energética mayor durante el periodo de lactancia, son más vulnerables al estrés nutricional, lo cual pudo verse reflejado en una mayor tasa de mortalidad de crías o en una menor tasa de nacimientos.

Un factor clave relacionado con la alimentación de las ballenas grises y por ende con la producción de crías, es la cobertura de hielo marino, debido a que la alimentación durante el verano se limita a zonas de aguas poco profundas libres de hielo (Pike 1962, Moore y DeMaster 1997, Moore *et al.,* 2000; Perryman y Lynn, 2002; Perryman *et al.,* 2002). Se ha documentado que distintas características climáticas, como son la Oscilación Décadal del Pacífico (PDO) y el ENSO probablemente interactúan para impulsar la escala y la duración de la capa de hielo (Cavalieri y Parkinson 1987, Francis y Hare 1994, Trenberth y Hurrell 1995, Maslanik et al., 1996, Mantua et al., 1997, Parkinson 2000). Perryman *et al*., (2002) mostraron que los cambios estacionales en la distribución de hielo en el mares de Bering y Chukchi, pueden influir en la duración del tiempo de

alimentación de las ballenas y por lo tanto en el estado nutricional de éstas, ya que existe una correlación entre el tiempo que dura la cubierta de hielo y la producción de crías al siguiente año. Relacionado con lo anterior se ha propuesto la "hipótesis de inanición", que sugiere que la biomasa de presas bentónicas de la ballena gris ha disminuido por el efecto combinado del aumento de las temperaturas anuales de agua en el mar de Bering y el sobrepastoreo de las zonas de alimentación por una población de ballenas grises, que en la actualidad puede incluso superar los niveles previos a su explotación. Así, la "hipótesis de la capacidad de carga" propone que la población de ballenas grises ha crecido tanto, que la abundancia de presas bentónicas disponibles ya no puede sostenerla. Otros factores que pudieron haber contribuido a una alta mortalidad y baja producción de crías son los de interacciones entre las comunidades bentónicas y los parámetros ambientales tales como el hielo, la temperatura del agua y clorofila (Brownell y weller 2001).

En los últimos años se ha propuesto que el derretimiento de la capa de hielo, relacionado con los efectos del Cambio Climático en las áreas de alimentación de las ballenas grises, potencialmente favorecerá a estos animales aumentando el tiempo y el área de alimentación que está disponible para que las ballenas se alimenten (Perryman *et al.*, 2002). A su vez estos mismos cambios ambientales propiciarán un retiro temprano del hielo marino, dando lugar a un florecimiento temprano de fitoplancton y por lo tanto, a temporadas de producción más prolongadas debido a la eliminación de la barrera de hielo y a una mayor penetración de luz en la columna de agua durante la primavera, resultando en un mayor flujo de carbono a la comunidad de anfípodos y por lo tanto una mayor producción.

El Niño (fase cálida) y La Niña (fase fría) han tenido una variedad de efectos sobre las poblaciones y los ecosistemas marinos. Los efectos de El Niño pueden presentarse en la mortalidad o en el éxito reproductivo y se sugiere una influencia mayor en las poblaciones dependientes de zonas exclusivas para alimentarse (Fiedler, 2002) como lo es la ballena gris. Los efectos que pueden recaer en los mamíferos marinos por fenómenos como ENSO incluyen la una clara relación con la extensión de hielo marino (Tynan y DeMater, 1997). Una reducción de la extensión de hielo marino del ártico está vinculada a una teleconexión de ENSO (Niebauer and Day, 1989). Otros efectos también pueden ser cambios regionales y estacionales en la disponibilidad de las presas dando

como resultado una alteración en el estado nutricional de las ballenas. También afectan el éxito reproductivo y en especies que migran como la ballena gris pueden observarse variaciones en los patrones de migración, lo puede producir cambios en la distribución (Tynan y DeMater, 1997). Urbán *et al.* (2003b) proponen que fenómenos como El Niño y La Niña tienen al menos dos efectos importantes sobre las ballenas grises. Tomando en cuenta el cambio en la distribución inviernal como resultado de los cambios en la temperatura superficial del mar y, el aumento en la mortalidad y disminución de la producción de crías debido a la reducción de la abundancia de presas en sus áreas de alimentación.

Durante los cuatro años del periodo de estudio, se observaron individuos con condición corporal pobre, aunque el porcentaje de estos fue bajo. si bien en el presente trabajo no se pudo determinar que fenómeno es el responsable de la presencia de ballenas flacas, es importante determinar si la presencia y recurrencia de individuos con esta condición es un fenómeno que refleja los cambios en el clima (eventos ambientales de macroescala como El Niño, La Niña y la PDO), los cuales se relacionan con la escasés de alimento por intenso forrajeo de las ballenas grises debido a que la población oriental de ballenas grises ha alcanzado niveles cercanos a su capacidad de carga, o bien si la presencia de ballenas con está condición corporal pobre es el resultado de un fenómeno multifactorial y que ocurre normalmente y a lo largo del ciclo de vida de estas ballenas.

La técnica utilizada en este trabajo, aunque es perfectible, mostró ser útil para evaluar el ICC de los individuos. Así, el análisis presentado en la presente tesis apoya la propuesta, que el análisis visual puede dar información adecuada referente a la condición corporal de los individuos, lo cual ya había sido propuesto para ésta y otras especies de ballenas. Si bien esta técnica requiere de ajustes, parece ser lo suficientemente sensible para discernir las fluctuaciones anuales a nivel poblacional. Por lo que el siguiente paso será probar qué tan bien funciona la técnica aplicándola a los mismos individuos dentro y entre años.

Como se pudo observar, el éxito reproductivo de las ballenas está fuertemente influenciado por la condición corporal de las mismas, por lo tanto este método se presenta como una opción para examinar la relación entre el éxito reproductivo y la condición corporal tanto a nivel individual, como a nivel población.

X. CONCLUSIONES

- La condición corporal predominante de las ballenas grises fue la categoría normal con tasas entre 58% y 73 % a lo largo de las cuatro temporadas (2008-2011) de estudio en Laguna San Ignacio para ambos grupos, Hc y Sol.

- Las Hc presentaron las proporciones más altas para la categoría de condición corporal normal durante los cuatro años, con su valor máximo en la temporada del 2010.

- Los Sol presentaron los porcentajes más altos para la categoría de condición corporal normal, en comparación con las otras categorías dentro del mismo grupo, para las cuatro temporadas siendo el 2011 el año con la mayor proporción.

- Para la categoría pobre (ballenas flacas), las proporciones variaron entre los años estudiados con tasas de entre 3% y 4% para ambos grupos (Hc y Sol).

- El grupo Sol presentó los valores de condición corporal más bajos y fueron significativamente distintos a los que presentaron las Hc. La temporada del 2009 presentó el mayor porcentaje de ballenas solas flacas, sin embargo fue la temporada del 2010 donde se observa el número más alto de estas. La temporada del 2011 fueron las hembras con cría quienes tuvieron los valores más altos de ballenas flacas. Por lo anterior se considera que el aumento de ballenas flacas pudo estar relacionado con la extensión de hielo del verano anterior en sus zonas de alimentación.

XI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar el seguimiento en los análisis de la condición corporal ya que está sugerido que el monitoreo del estado de salud de distintas poblaciones y especies de ballenas, es fundamental para entender cambios en los niveles poblacionales, incluido cambios en las tasas de reproducción.

- Hace falta realizar con series de tiempo continuas, que nos permitan saber si existen cambios en la condición general de las ballenas en el tiempo. Lo anterior permitirá determinar si los valores de ICC observados en el presente estudio son parte de una dinámica natural de la especie o si por el contrario son la respuesta a eventos multifactoriales. Si logramos determinar lo anterior estaremos en posición de determinar cuáles son las variables responsables de estos cambios y cómo estos pueden afectar en el mediano y largo plazo.

- Ya que las categorías se determinan por medio de una combinación de números que reflejan la cantidad de grasa, se sugiere que las combinaciones de dichos números sean más marcados y así haya una diferencia mayor entre una y otra categoría de condición corporal (normal, aceptable y pobre).

- Además de la fotoidentificación los esfuerzos deben enfocarse en obtener fotos que reflejen las características necesarias para asignar una categoría de condición corporal, ya que muchas ballenas no se pudieron analizar debido a que se clasificaron como individuos desconocidos y podría ser la diferencia entre una categoría y otra.

XII. BIBLIOGRAFÍA

Alexander M. A., Blade I., Newman M., Lanzante J. R., Lau N. C. y J. D. Scott, 2002. The Atmospheric Bridge: the Influence of ENSO Teleconnections on Air-Sea Interaction Over the Global Oceans. *J. Climate*, Vol. 15, 2205-2231.

Anónimo. 2000. El efecto del Niño 1997-1998, memoria, retos y soluciones. Vol.III: Colombia. Corporación Andina de Fomento. 232p.

Anónimo. 2007. Conclusiones del taller sobre ballena azul en Sudáfrica. Centro de Conservación Cetácea.

Barnes L.G. y S.A. MacLeod. 1984. The fossil record and phyletic relationships of gray whales. 3-32Pp. En: Jones M.L., S.L. Swartz Y Leatherwood S.. (eds). The Gray Whale *(Eschrichtius robustus).*Academic Press Orlando.600p.

Batzli G. O. y E. Esseks. 1992. Body fat as an indicator of nutritional condition for the brown lemming. Journal of Mammalogy Vol. 73:431–439.

Blokhin S.A. y V.A. Pavlyuchkov. 1983. Feeding of Gray Whale off Chukotka. *Rep. Int. Whal. Commn.* 33:549-552.

Bogoslovskaya L.S., Votrogov L.M. y T.N. Semenova. 1981. Feeding Habits of the Gray Whale off Chukotka. *Rep. Int. Whal. Commn.* 31:505-510p.

Bogoslovskaya L.S., Votrogov L.M. y T.N. Semenova. 1982. Distribution and feeding of Gray whale Off Chukotka in the Summer and Autumn of 1980. *Rep. Int. Whal. Commn.*32:385-389.

Bradford A. L., Weller D. W., Ivashchenko V. Y., Burdin M. A. y Brownell L. R. Seasonal and annual variation in body condition of western gray whales off northeastern Sakhalin Island, Russia. 2008. Paper SC/60/BRG16 presented to the International Whaling Commission Scientific Committee, June 2008, Santiago, Chile. 14pp.

Bradford A. L., Weller D. W.; Punt A. E.; Ivashchenko, Y. V.; Burdin A. M.; VanBlaricom G. R. y Brownell R. L. 2012. Leaner leviathans: body condition variation in a critically endangered whale population. Journal of Mammalogy, Vol. 93(1): 251-266.

Brownell R.L. y D. W. Weller. 2001. Is the 'carrying capacity hypothesis' a plausible explanation for the 'skinny' gray whale phenomenon? Paper SC/53/BRG20 presented to the IWC Scientific Committee, 2001, London (unpublished). 8pp.

Brownell R. Jr. y D.W. Weller. 2002. Prolonged calving intervals in western gray whales: nutritional stress and pregnancy. Rep. Intl. Whal. Commission, SC/54/BRG12. 13 pp.

Busch R. H. 1998. *Gray Whales, wandering giants*. Orca Book Publishers.Canadá. 137p.

Cárdenas–Hinojosa G. 2004. Análisis Histórico de la Mortalidad de Ballena Gris *Eschrichtius rohustus* En la Costa Occidental de la Península de Baja California México. Tesis de licenciatura UABCS*. 66p*

Carwadine M. 1995. *Ballenas, Delfines y Marsopas*. Editorial Omega. Barcelona, España. 225p.

Cavalieri, D. J. y C. L. Parkinson. 1987. On the relationship between atmospheric circulation and the fluctuations in the sea ice extents of the Bering and Okhotsk Seas, J. Geophys. Res.,92(C7), 7141–7162

Christiansen F., Víkingsson G. A., Rasmussen M. H. y D. Lusseau1. 2013. Female body condition affects foetal growth in a capital breeding mysticete. Paper SC/F13/SP5.

Coyle K. O. y R. C. Highsmith, 1994. Benthic amphipod community in the northern Bering Sea analysis of potential structuring mechanisms. Marine Ecology Progress Series, Vol. 107: 233–244.

Coyle K.O., Bluhm B. Konar, Blanchard A. y R.C. Highsmith. 2007. Amphipod prey of gray whales in the northern Bering Sea: Comparison of biomass and distribution between the 1980's and 2002-2003. Deep Sea Res. II. 54:2906-2918

Dedina S. E. y E. Young. 1995. Conservation and Development in the Gray Whale (*Eschrichtius robustus)* Lagoons of Baja California Sur, México. Report to the *U.S. Marine Mammal Commission*. 56pp.

Fiedler, P. C. 2002. Environmental change in the eastern tropical Pacific Ocean: review of ENSO and decadal variability. *Marine Ecology Progress Series* 244: 265–283.

Francis C. Y S. R. Hare. 1994. Decadal-scale regime shifts in the large marine ecosystems of the North-east Pacific: A case for historical science. Fisheries Oceanography 3:279-291.

Galina P. S., Alvarez A., González R. y S. Gallina. 1991. Aspectos Generales sobre la fauna de Vertebrados- CIB. 243p.

Guerrero-Ruiz M., Urbán R. J. y L. Rojas-Bracho. 2006. Las Ballenas del Golfo de California. Secretaria Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) Instituto Nacional de Ecología (INE). México. 444p.

Grebmeier J. M. y K. H. Dunton, 2000. Benthic processes in the Northern Bering/Chukchi Seas: Status and global change. Pp 80-93 En*:* H.P. Huntington (ed.).*Impacts of Changes in Sea Ice and Other Environmental Parameters in the Arctic*. Final Report of the Marine Mammal Commission Workshop, Girdwood, Alaska, February 2000. Marine Mammal Commission, Bethesda, Maryland.

Grebmeier J. M., Overland J. E., Moore S. E., Farley E. V., Carmack E. C., Cooper L. W., Frey K. E., Helle J. H., McLaughlin F. A. y S. L. McNutt. 2006. A major ecosystem shift in the northern Bering Sea*. Science*, Vol. 311: 1461-1464.

Gómez-Gallardo A. 2004. Uso de la Laguna San Ignacio por la Ballena Gris *(Eschrichitus robustus)*, durante las temporadas invernales de 1996 y 1997. Tesis de maestría IPN-CICIMAR. 86p.

Gulland F. M. D., Pérez -Cortes H., Urbán R., Rojas Bracho L., Ylitalo G. y T. Rowles. 2002. Eastern north Pacific Gray Whale (*Eschrichtius robustus)* unusual mortality event 1999-2000. a compilation. Paper SC/54/BRG23 presented to the International Whaling Commision. Scientific Cornmittee. Shimonoseki Japón.

Jones M.L. y S.L. Swartz. 1984. Demography and Phenology of Gray Whale and Evaluation of Whale-watching Activities in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. 309pp.

Jones M. L., y S. Swarts. 2002. Gray Whale. En: Encyclopedia of Marine Mammals (eds: W.F. Perrin., B. Wursig y J. G.. M. Thewissen. 1st. Academic Press, 1473pp

Jones M. L., y S. Swarts. 2008. Gray Whale. En: Encyclopedia of Marine Mammals (eds: W.F. Perrin., B. Wursig y J. G.. M. Thewissen. 2nd Academic Press, 1355pp

Highsmith R. C. y K. O. Coyle. 1992. Productivity of arctic amphipods relative to gray whale energy requirements. Marine Ecology Progress Series. Vol. 83:141–150.

Konishi Kenji, Tsutomu Tamura, Ryoko Zenitani, Takeharu Bando, Hidehiro Kato, Lars Walloe. 2008. Decline in energy storage in the Antarctic minke whale (*Balaenoptera bonaerensis*) in the Southern Ocean. *Polar Biology* 31: 509-1520.

Leatherwood S., Reeves R. R., Perrin W. F. y W. E. Evans. 1982. Whales, dolphins and porpoises of the eastern North Pacific and adjacent Arctic waters: A guide to their identification. NOAA Technical Report, NMFS. 245 pp.

Leatherwood S. y R. Reeves. 1983. The Sierra Club Handbook of Whales & Dolphins. Sierra Club Books. USA. 302pp.

Le Boeuf B. J., Pérez-Cortés M., Urbán R. J., Mate B. R. y F. Ollervides U. 2000. High gray whale mortality and low recruitment in 1999: potential causes and implications. *J. Cetacean Res. Management Vol.* 2(2):85-99.

Mantua J., Steven R. Hare, Yuan Zhang, John M. Wallace y Robert C. Francis. 1997. A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78, 1069–1079

Maslanik J.A., Serreze, M.C. y Barry, R.G. 1996. Recent decreases in Arctic summer ice cover and linkages to atmospheric circulation anomalies. *Geophysical Research Letters 23: doi: 10.1029/96GL01426. issn: 0094-8276.*

Matsuno K., Yamaguchi A., Hirawake T. y Imai I. 2011. Year-to-year changes of the mesozooplankton community in the Chukchi Sea during summers of 1991, 1992 and 2007, 2008. *Polar Biology* Vol. 34(9): 1349–1360.

Moore S.E. y D.P. DeMaster. 1997. Cetacean habitats in the Alaskan Arctic. J. Northwest Atl. Fish. Sci. Vol. 22:55-69.

Moore S.E., DeMaster D.P. y Dayton P.K. 2000. Cetacean habitat selection in the Alaskan Arctic during summer and autumn. Arctic, Vol. 53: 432–447.

Moore S. Urbán R, J., Perryman W., Gulland F., Péréz-Cortés H., Rojas-Bracho L. y T. Rowles 2001. Are gray whales hitting 'K' hard? *Mar. Mammal Sci. Vol.* 17(4):954-8.

Moore S.E., Grebmeier J.M. y J.R. Davis. 2003. Gray whale distribution relative to forage habitat in the northern Bering Sea: current conditions and retrospective summary. *Can. J. Zool. Vol.* 81: 734-742.

Moore S.E., Wynne K.M., Kinney J.C. y J.M. Grebmeier. 2007. Gray whale occurrence and foraging southeast of Kodiak Island, Alaska. *Mar. Mammal Sci*. Vol. 23:419–428.

Naess Anders, Haug T. y Nilssen E. M. 1998. Seasonal variation in body condition and muscular lipid contents in northeast Atlantic minke whale *Balaenoptera acutorostrata*. *Sarsia*, Vol. 83:211-218. Bergen. ISSN 0036-4827.

Nerini M. K. y J. S. Oliver. 1983. Gray whales and the structure of the Bering Sea benthos. Oecologia. Berlin. Vol. 39: 224-225.

Niebauer H.J. y R. H. Day. 1989. Causes of interannual variability in the sea ice cover of the eastern Bering Sea. GeoJournal. Vol. 18.1:45–59.

Norman S.A., Muto M.M., Rugh, D.J. y S.E. Moore. 2000. Gray whale strandings in 1999 and a review of stranding records in 1995- 1998. Paper SC/52/AS5 presented to the IWC Scientific Committee, June 2000, Australia. (Unpublished).36pp.

Oliver J. S., Slattery F. N., Silberstein M. A. y E. F. Connor. 1983. A Comparison of Gray whale (*Eschrichtius robustus)* feeding in the Bering Sea and Baja California. *Fish Bull. Vol.* 81:513-522

Oliver J. S. y P. N. Slattery, 1985. Distribution and opportunity on the sea floor: effects of gray whale feeding. Ecology. Vol. 66: 1965–1975.

Parkinson C.L. 2000. Variability of Arctic sea ice: The view from space, an 18-year record. Arctic, Vol. 53: 341-358.

Perryman W.L., Donahue M.A., Perkins P.C., y S.B. Reilly. 2002. Gray whale calf production 1994-2000: Are observed fluctuations related to changes in seasonal ice cover? *Mar. Mamm. Sci. Vol.* 18(1):121- 144.

Perryman W.L. y M.S. Lynn. 2002. Evaluation of nutritive condition and reproductive status of migrating gray whales (*Eschrichtius robustus*) based on analysis of photogrammetric data. J. Cetacean Res. Manag. Vol. 4: 155–164.

Pettis H. M., Rolland R. M., Hamilton P.K., Brault S., Knowlton A.R. Y S. D. Kraus. 2004. Visual health assessment of North Atlantic right whales (*Eubalaena glacialis*) using photographs. Canadian Journal of Zoology, Vol. 82:8–19.

Pike G. C. 1962. Migration and feeding of the gray whale. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. Vol. 19:815-838.

Reeves R.R. 1977. The problem of Gray whale (*Eschrichtius robustus)* harassment at the breeding lagoons. *U.S.* Department of Commerce, N.T.I.S. P. B.-272-506. 60pp.

Rice D.W. y A.A. Wolman. 1971. The life history and ecology of the gray whale *(Eschrichtius robustus). Spec. Publ. Am. Soc. Mammal Vol.* 3: 1-142.

Rosales N. H., Urban J.R., Swartz S.L., Robles-Mercado J., Alonso-Lozano L. y Gómez-Gallardo A. 2012. Gray Whales at Bahía Magdalena Lagoon Complex México, During Winter 2012. Reporte Técnico. Universidad Autónoma De B.C.S., MÉXICO.

Rugh D.H., Muto M., Moore S.E. y D. DeMaster. 1999. Status review of the eastern north Pacific stock of gray whales. U.S. Dep. of Commerce., *NOAA Tech. Memo. NMFS-AFSC-103*, 96c pp.

Rugh D. H., Breiwick J., Hobbs R., Shelden K. y Muto M. 2008. Eastern North Pacific gray whale abundance in the winter of 2006-2007. National Marine Mammal Laboratory, Alaska.

Salvadeo J. C., Lluch-Cota E. S., Maravilla-Chávez O.M., Álvarez-Castañeda T. S. , Mercuri M. Y A. Ortega-Rubio. 2013. Impact Of Climate Change On Sustainable Management Of Gray Whale (*Eschrichtius Robustus)* Populations: Whale-Watching And Conservation. *Arch. Biol. Sci*., Belgrade, 65 (3), 997-1005.

Stafford K. M., Moore, S. E., Spillane, M. y S. Wiggins. (2007). Gray whale calls recorded near barrow, Alaska, throughout the winter of 2003- 04. Arctic 60, 167–172.

Swartz S. L. y M. L. Jones. 1981. Demographic studies and habitat assessment of Gray whale, *Eschrichtius robustus*, in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. U.S. Dep. Of commerce, N.T.I.S. P.B. 56pp.

Swartz S. L. 1986. Gray whale migratory, social and breeding behavior. Rep. Int. Whaling Comm. (Special Issue 8):207-229.

Schulte-Hostedde A.I., Millar J.S. y Hickling G.J. 2001. Evaluating body condition in small mammals. Can. J. Zool. Vol. 79: 1021–1029.

Schwing F. B., Mendelssohn R., Bograd S. J., Overland, J. E., Wang M., y Ito, S. 2010. Climate change, teleconnection patterns, and regional processes forcing marine populations in the Pacific. Journal of Marine Systems, Vol. 79: 245–257.

Tomilin A. G. 1957. Mammals of the U.S.S.R. and adjacent countries. Vol. IX. Cetacea. Nauk S.S.S.R., Moscú. (Traducción al inglés en1967, por Program for Scientific Translations). 717 pp.

Trenberth K.E. y J.W. Hurrell, 1995. Decadal Coupled Atmospheric-Ocean Variations in the North Pacific Ocean. In Climate Change and Northern Fish Populations. Canadian Special Publication Fisheries Aquatic Sciences. R.J. Beamish. Ed. 121 15-24.

Tynan C.T., y DeMaster D.P. 1997. Observations and predictions of Arctic climate change: potential effects on marine mammals. *Arctic*. Vol 50:308-322.

Tyurneva O.Y., Yakovlevl Y.M. y V.V. Vertyankin 2008. Photographic identification of the Korean-Okhotsk Gray Whale (Eschrichtius robustus) Offshore Northeast Sakhalin Island and Southeast Kamchatka Peninsula (Russia), 2008. *Rep. Int. Whal. Commn. SC*/61/BRG26.

Ugalde A.C. 2008. Abundancia y tasa de supervivencia de ballenas azules en el Golfo de California. Tesis de maestría. IPN-CICIMAR. 70p.

Urbán R. J., Gómez-Gallardo U. A., Flores De Sahagún V., Palmeros R. M. y S. Ludwig. 1999. Gray whales at Laguna San Ignacio, México, During El Niño and La Niña, 1997-1999. 190pp. Abstracts of The 13th Biannual Conference on The Biology of Marine Mammals 1999, Hawaii.

Urbán R. J. y A. Gómez-Gallardo. 2000. Demografía y ecología de ballena gris en La Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. Reporte Final Para La Secretaria Del Medio Ambiente, Recursos Naturales Y Pesca. Permiso INE No. D00 02-0503.

Urbán R. J., Rojas-Bracho L., Pérez-Cortez H., Gómez-Gallardo A., Swartz S. L., Ludwing S. y R.L. Brownell Jr. 2003a. A review of Gray whale (*Eschrichtius robustus)* on their wintering grounds in mexican waters. *J. Cetacean Res.* Manage*. Vol.* 5(3):281-295p.

Urbán R.J., Gómez-Gallardo A. y S. Ludwing. 2003b. Abundance and mortality of Gray whale at Laguna San Ignacio, México, during 1997-98 El Niño and 1998-99 La Niña. *Geofísica internacional.* 42,(3):439-446.

Urbán R.J., Swartz S.L. y A. Gómez-Gallardo. 2009. La ballena gris en Laguna San Ignacio B.C.S. México, durante las temporadas invernales 2008 Y 2009. Reporte Técnico. Universidad Autónoma De B.C.S., MÉXICO. 47p.

Weller D.W., Wursig B., Burdin A.M., Reeve S.H. y A.L. Bradford. 2000. Gray whales off Sakhalin Island, Russia: June-October 1999. A joint U.S. Russian scientific investigation. Final contract report to Sakhalin Energy Investment Company, 69 pp. Available from Texas A&M University, Marine Mammal Research Program, Galveston TX 77551.

Wilson B., Thompson P.M. y P.S. Hammond. 1997. Skin lesions and physical deformities in bottlenose dolphins in the Moray Firth: population prevalence and age–sex differences. Ambio, Vol. 26: 243–247.

Winant C. D. y G. Gutiérrez de Velasco. 1999. Impacto del desarrollo de los Salitrales de San Ignacio sobre las Corrientes y Propiedades del agua de la Laguna San Ignacio, B.C.S. Reporte Técnico Final. Convenio con la UABCS No. 971343. Center for Coastal Studies, Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego. 59p.

Wolman A.A. 1985. Gray whale, *Eschrichtius robustus* (Lilljeborj, 1861). Pp. 67-90. En: Ridway S.H. y R.J. Harrison (eds.).*Handbook of Marine Mammals. Vol. 3: The Sirenians and Baleen Whales*. Academic Press, Londres, Gran Bretaña. 362 pp.

Würsing B. y T.A. Jefferson. 1990. Methods of Photo-Identification for small cetaceans. *Rep. Int.Whal.Commn. Special issue* Vol. 12: 43-52.

Zimushko V. V. y M. V. Ivashin.1980. Some results of soviet investigations and whalings of Gray whales *(Eschrichtius robustus,* Liijeborg 1961), *Rep. Int. Whal. Common* 30:237-246.

- http://nsidc.org/arcticseaicenews/

ANEXOS

Tabla X. Base de datos para el análisis estadístico del ICC. Se las claves de identificación de ballenas flacas. Donde el espacio en blanco hace referencia a que no existe fotografía, 1: condición muy flaca, 2: flaca, 3: normal. Estos criterios son para cada una de las partes del cuerpo fotografiadas que en conjunto dan una combinación para la clasificación de la condición corporal.

POBRE	1			1.00
	1	1		1.10
	1		1	1.10
	1		2	1.20
	1	1	1	1.20
	1	1	2	1.30
	1	2	1	1.30
	1	2	2	1.40
ACEPTABLE	2			2.00
	2	1		2.10
	2	1		2.10
	2		1	2.10
	2	1	1	2.20
	2	2		2.20
	2		2	2.20
	2	1	2	2.30
	2	2	1	2.30
	2	2	2	2.40
NORMAL	3			3.00
	3	1		3.1
	3		1	3.1
	3	1	1	3.20
	3	2		3.20
	3		2	3.20
	3	1	2	3.30
	3	2	1	3.30
	3	2	2	3.40

Tabla XI. Base de temperaturas para el índice oceánico ENSO donde se detallan los episodios fríos y calientes (números de color azul y rojo; umbral de + / - 0,5 ° C) cuando el umbral se alcanza un mínimo de 5 temporadas consecutivas.

1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.3	0.2	0.2	0.3	**0.5**	**0.7**	**0.8**	**0.7**	**0.7**	**0.8**	**1.2**	**1.4**
1992	**1.6**	**1.5**	**1.4**	**1.2**	**1.0**	**0.7**	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.2	0.0
1993	0.2	0.3	0.5	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	**0.5**	**0.7**	**1.0**	**1.2**
1995	**1.0**	**0.8**	**0.6**	0.3	0.2	0.0	-0.2	-0.4	**-0.7**	**-0.8**	**-0.9**	**-0.9**
1996	**-0.9**	**-0.8**	**-0.6**	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.2	**0.7**	**1.2**	**1.5**	**1.8**	**2.1**	**2.3**	**2.4**	**2.3**
1998	**2.2**	**1.8**	**1.4**	**0.9**	0.4	-0.2	**-0.7**	**-1.0**	**-1.2**	**-1.3**	**-1.4**	**-1.5**
1999	**-1.5**	**-1.3**	**-1.0**	**-0.9**	**-0.9**	**-1.0**	**-1.0**	**-1.1**	**-1.1**	**-1.3**	**-1.5**	**-1.7**
2000	**-1.7**	**-1.5**	**-1.2**	**-0.9**	**-0.8**	**-0.7**	**-0.6**	**-0.5**	**-0.6**	**-0.6**	**-0.8**	**-0.8**
2001	**-0.7**	**-0.6**	**-0.5**	-0.4	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3
2002	-0.2	0.0	0.1	0.3	**0.5**	**0.7**	**0.8**	**0.8**	**0.9**	**1.2**	**1.3**	**1.3**
2003	**1.1**	**0.8**	0.4	0.0	-0.2	-0.1	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
2004	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	**0.5**	**0.7**	**0.8**	**0.7**	**0.7**	**0.7**
2005	**0.6**	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	-0.2	**-0.5**	**-0.8**
2006	**-0.9**	**-0.7**	**-0.5**	-0.3	0.0	0.1	0.2	0.3	**0.5**	**0.8**	**1.0**	**1.0**
2007	**0.7**	0.3	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	**-0.6**	**-0.8**	**-1.1**	**-1.2**	**-1.4**
2008	**-1.5**	**-1.5**	**-1.2**	**-0.9**	**-0.7**	**-0.5**	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	**-0.5**	**-0.7**
2009	**-0.8**	**-0.7**	**-0.5**	-0.2	0.2	0.4	**0.5**	**0.6**	**0.8**	**1.1**	**1.4**	**1.6**
2010	**1.6**	**1.3**	**1.0**	**0.6**	0.1	-0.4	**-0.9**	**-1.2**	**-1.4**	**-1.5**	**-1.5**	**-1.5**
2011	**-1.4**	**-1.2**	**-0.9**	**-0.6**	-0.3	-0.2	-0.2	-0.4	**-0.6**	**-0.8**	**-1.0**	**-1.0**

Figura 26. Mapa donde se muestra la migración de las ballenas grises.