



“Abundancia relativa, distribución espacio-temporal y preferencias de hábitat de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en Los Cabos, B.C.S., México, de 2004 a 2011”.

T E S I S

Que para obtener el grado académico de

Maestra en Ciencias

Biología Marina

P r e s e n t a

Biól. Rocío Pamela Martínez Loustalot

Director de Tesis: Jorge Urbán Ramírez

Comité Tutorial: Dr. Héctor Reyes Bonilla

Dr. Ricardo Rodríguez Estrella

Asesores externos: Dra. Aurora Breceda

Dra. Úrsula González Peral

Ciudad de Universitaria, CDMX, 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



DEDICATORIAS

Le dedico este trabajo a mis motores, mi razón de ser, la luz en mi camino, simplemente lo más importante de mi vida: mi mamita, mi hermanita, mis pimpollitos Maori y Mikel y mi papá. Los amo con todo mi corazón, y sé que, de no ser por ustedes, no hubiera podido lograr absolutamente nada, gracias por su apoyo, gracias por confiar en mí y compartir mi sueño. ¡Gracias por ser, gracias por estar y gracias por hacerme increíblemente feliz!

A mis abuelos Adolfo y Tere; A mis tí@s: Lulú, Vero, Edgar, Nelda, Poncho, Normis; a mis prim@s: Lulita, Pepichili, Dianita, Dieguito, Adrián, Isra, Edgar, Michel y a mis sobrinas Sophie, July e Isabelita, gracias por todo su apoyo, los quiero mucho!

A mi banda chilanga: Gaby, Ingrata, Ana Alí, Ayami, Anita, Otaku, Carlitos, Enano, Fa, Julini, Picach, Chut, Simon, Ursus, Rechy, Gerson, Deni, Gori, Dianita, Alux, Aramara, Panda, André, Caro, los adoro y gracias por toda una vida de amistad y diversión!

A mis amigos de La Paz: Sole, Pat, March, Afe, Vare, Marki, Ciri, Lucas, Paco, Mikey, Car, Cris, Osi, Rub, Timon, Andy, Lu, Sandruvi, Nolan, Manolo, Diegote, Clau, doy gracias de haberlos conocido, por su gran amistad, por todas las buenas fiestas y las risas.

¡A mis hermosas ballenitas, por darme la oportunidad de poder contemplarlas y quererlas!!!



AGRADECIMIENTOS

A mi alma máter Universidad Nacional Autónoma de México, por abrirme las puertas al conocimiento y permitirme representarla con mucho orgullo. Gracias a la Universidad Autónoma de Baja California Sur por abrirme sus puertas.

Yorch (Dr. Jorge Urbán), quiero agradecerte infinitamente por abrirme las puertas al mundo de los mamíferos marinos, por brindarme de tu gran conocimiento, por tu apoyo incondicional, por darme la oportunidad de ser tu estudiante, por darme las herramientas necesarias para lograr realizar este tan bonito e importante proyecto, por permitirme ser parte de tu equipo, y por darme la oportunidad de pertenecer a mi tan querido Programa de Investigación de Mamíferos Marinos (PRIMMA), del cual soy una muy orgullosa integrante. Y, sobre todo, gracias por tu invaluable amistad. ¡Gracias, gracias!

A Héctor (Dr. Reyes), por tu gran apoyo y por guiarme en las herramientas necesarias para poder lograr realizar este tan bonito proyecto, por tus muy acertadas observaciones y por tu gran amistad. ¡Gracias!!!!

A los miembros de mi comité: Dr. Ricardo Rodríguez Estrella, Dra. Úrsula González Peral, Dra. Aurora Breceda, Dr. Emilio Beier y Dr. Enrique Martínez Meyer, por su tiempo, dedicación y sus invaluable observaciones. A la Dra. Gaby y David Petatán, por todo su apoyo y paciencia. Al Dr. Hugo Herrera por su apoyo y proporcionarme las adecuadas herramientas.

A Ivan Texta, por todo tu invaluable apoyo y amistad. ¡Muchas gracias por todo!

A Alex Gómez Gallardo, por tu guía y grandiosa amistad, aunque le vayas al Cruz Azul, jeje. Muchas gracias por todo tu apoyo!!!

Gracias Hiram, por tu grandiosa amistad, por tu enseñanza, por otorgarme tu apoyo incondicional y por ayudarme en la realización de este tan bonito proyecto. Gracias por tus pláticas, por las risas. Te quiero amigo, gracias!!!

PRIMMOS gracias por los grandes momentos en campo, por el aprendizaje, por la amistad, por la diversión, por las miles de ballenitas que hemos compartido y las que nos faltan, gracias Úrsula, Lore, Marianita, Serch, Taba, Carlitos, Esther, Dianita, y los peques Vinnie, Chio, Omar, Miwako.

Kerri, amiga, hermana gringa, gracias por todos los años y momentos que vivimos en campo, las risas, los desvelos, las preocupaciones, los increíbles avistamientos. Te quiero mucho amiga!!



INDICE

1. RESUMEN	-----1
2. INTRODUCCIÓN	-----3
3. ANTECEDENTES	-----4
• 3.1. <i>La ballena jorobada</i>	
• 3.2. <i>Explotación y recuperación de la especie. Protección</i>	
• 3.3. <i>Distribución. Pacífico Norte y Pacífico mexicano</i>	
• 3.4. <i>Métodos de Estudio de la Distribución De La Jorobada</i>	
4. JUSTIFICACIÓN. HIPÓTESIS. OBJETIVOS	-----14
5. ÁREA DE ESTUDIO	-----16
• 5.1. <i>Ubicación</i>	
• 5.2. <i>Características de la zona</i>	
6. MÉTODOS	-----18
• 6.1. Muestreo	
• 6.2. Estimación de la Abundancia Relativa (AR)	
6.2.1. <i>Análisis estadístico</i>	
• 6.3. Distribución Espacio – Temporal	
• 6.4. Datos oceanográficos	
6.4.1. <i>Capas</i>	
• 6.5. Modelación de la distribución. Áreas de concentración	
• 6.6. Zonas de concentración	
7. RESULTADOS	-----26
• 7.1. Números Totales	
• 7.2. Análisis de Abundancias Relativas (AR)	



7.2.1. Esfuerzo

7.2.2. AR por Mes y Año

- **7.3. Distribución Espacio – Temporal**

7.3.1. Avistamientos Totales (Todos los años juntos)

7.3.2. Avistamientos Totales por cada año

7.3.3. Avistamientos Totales por mes

7.3.4. Preferencia de hábitat

- **7.4. Modelos de la Distribución. Áreas de concentración**

7.4.1. Predicción de Todos los Años para Mc y Agrupaciones sin cría

7.4.2. Predicción de Mc en los meses febreros, marzos y abriles

7.4.3. Predicción de Agrupaciones sin cría en los meses eneros, febreros, marzos y abriles

7.4.4. Predicción de Madres con cría y Agrupaciones sin cría de los años 2008 (Frío) y 2010 (Cálido)

7.4.5. Zonas de concentración

8. DISCUSIÓN	-----	56
9. CONCLUSIONES	-----	64
REFERENCIAS	-----	65
ANEXOS	-----	74



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ballena Jorobada (<i>Megaptera novaeangliae</i>)	5
Figura 2. Áreas de alimentación de la ballena jorobada en el Pacífico Norte.	7
Figura 3. Zonas de reproducción de la ballena jorobada en el Pacífico Norte.	8
Figura 4. Áreas de distribución de la ballena jorobada en el Pacífico Mexicano.	8
Figura 5. Área de estudio. Municipio y zona marítima de Los Cabos, B.C.S.	16
Figura 5bis. (A) Embarcación pequeña tipo panga (Foto: Hiram Rosales). (B) Embarcación mediana (Foto: PRIMMA).	18
Figura 6. Promedio de temperaturas de 2004 a 2011.	21
Figura 7. Batimetría de la zona de estudio. (Realizado con el programa ArcGIS)	27
Figura 8. Distancia a la costa. (Realizado con el programa ArcGIS)	28
Figura 9. Pendiente marina (°). (Realizado con el programa ArcGIS)	24
Figura 10. Individuos contabilizados en avistamientos por año por agrupación. Gran TOTAL de 2714 individuos por año.	28
Figura 11. Cuento total de Avistamientos por año por agrupación. La categoría TRIO se pasó a GC porque no eran tantos avistamientos. Gran TOTAL de 1315 avistamientos.	28
Figura 12. Abundancias relativas por agrupación en cada mes de las temporadas.	30
Figura 13. A) A) Prueba de ANOVA Mes. B) Prueba de ANOVA agrupaciones dentro de todos los meses.	30
Figura 14. Abundancias relativas por agrupación en cada año de estudio.	
Figura 15. A) Prueba ANOVA para años. B) Prueba de ANOVA para agrupaciones dentro de los años.	31
Figura 16. Avistamientos totales divididos en madres con cría (Mc) y agrupaciones sin cría (Mnsc) de 2004 a 2011.	32
Figura 17A. Avistamientos por cada año del periodo de estudio con clasificación de agrup.	34
Figura 17B. Avistamientos por cada año del periodo de estudio con clasificación de agrupaciones.	
Figura 18. Avistamientos totales por cada mes. Juntos enero, febrero, marzo y abril.	36
Figura 19. A) TSM. Prueba ANOVA agrupaciones. B) Prueba de ANOVA para meses.	38
Figura 20. C) Dist. Costa. Prueba ANOVA para agrupaciones. D) Prueba de ANOVA para meses	39
Figura 21. E) Batimetría. Prueba ANOVA para agrupaciones. F) Prueba de ANOVA para meses	39
Figura 22. G) Pendiente. Prueba ANOVA para agrupaciones. H) Prueba de ANOVA para meses	39
Figura 23. Predicción de la distribución para Mc (A) y Agrupaciones sin cría (B) para todos los años del periodo de estudio. La probabilidad más alta para determinar el hábitat más adecuado y mayor ocurrencia de ballenas se indica con el color vino (A) y rojo brillante (B).	41
Figura 24. Predicción de la distribución para Mc, para los meses: (A) Febreros, (B) Marzos y (C) Abries. La probabilidad más alta para determinar el hábitat más adecuado y mayor ocurrencia de ballenas se indica con el color vino (A) y rojo brillante (B y C).	43
Figura 25. Predicción de la distribución para Mc, para los meses: (A) Enero, (B) Febreros, (C) Marzos y (D) Abries. La probabilidad más alta para determinar el hábitat más adecuado y mayor ocurrencia de ballenas se indica con el color vino (B y D) y rojo brillante (A y C).	46
Figura 26. Predicción de la distribución para Mc, para los años 2008 frío (A) y para 2010 Cálido (B). La probabilidad más alta para determinar el hábitat más adecuado y mayor ocurrencia de ballenas se indica con el color vino (A) y rojo brillante (B).	48
Figura 27. Predicción de la distribución para Mc, para los años 2008 frío y 2010 Cálido con un área de estudio más amplia. La probabilidad más alta para determinar el hábitat más adecuado y mayor ocurrencia de ballenas se indica con el color vino y rojo brillante.	49



- Figura 28.** Predicción de la distribución para Mc, para los meses: (A) 2008 Agrup sin cría y (B) 2010 Agrup sin cría. La probabilidad más alta para determinar el hábitat más adecuado y mayor ocurrencia de ballenas se indica con el color rojo brillante para ambos modelos.-----51
- Figura 29.** Predicción de la distribución para Mc, para los meses: 2008 Agrup sin cría y 2010 Agrup sin cría con una distribución más amplia. La probabilidad más alta para determinar el hábitat más adecuado y mayor ocurrencia de ballenas se indica con el color vino y rojo brillante. -----52
- Figura 30.** Mapa de espacio – temporalidad total y probabilidad total.-----54
- Figura 31.** Ubicación de las áreas de concentración de la ballena jorobada en Los Cabos.-----55

INDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Horas de esfuerzo por mes y por cada año. Las casillas con “NA” es que no hubo esfuerzo en esos meses.-----29
- Tabla 2.** Porcentajes de avistamientos de Mc y Agrupación sin cría a diferentes profundidades.-34
- Tabla 3.** Intervalos de preferencias de hábitat de las agrupaciones por mes.-----37
- Tabla 4.** Porcentajes de contribución y de importancia de permutación de los modelos: 1) Todos los Años Mc y 2) Para modelo de Todos los Años Agrupación sin cría.-----42
- Tabla 5.** Porcentajes de contribución: 1) Febreros Mc y 2) Marzos Mc y 3) Abriles Mc.-----46
- Tabla 6.** Porcentajes de contribución de los modelos: 1) Eneiros Agrup sin cría. 2) Febreros Agrup sin cría, 3) Marzos Agrup sin cría y 4) Abriles Agrup sin cría.-----50
- Tabla 7.** Porcentajes de contribución de los modelos: 1) 2008 Mc y 2) 2010 Mc.-----53
- Tabla 8.** Porcentajes de contribución de los modelos: 1) 2008 Agrup sin cría y 2) 2010 Agrup sin cría.-----56
- Tabla 9.** Periodos Calientes (rojo) y fríos (azules), basados en un umbral de +/- 0.5 °C para el Índice Oceánico del Niño (ONI por sus siglas en ingles).-----65



1. RESUMEN

La región de los Cabos, Baja California Sur, México, es una de las principales zonas de congregación invernal de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en el Pacífico mexicano (PM). Para el adecuado manejo de la especie, es fundamental conocer su abundancia relativa y la caracterización de su hábitat, esto nos permite conocer como han ido cambiando sus números poblacionales e identificar las principales zonas de congregación en el área. En los 8 años del estudio se contabilizaron 1,315 avistamientos (agrupados en Solo, Par, Trio, Mc y GC). Para el análisis de Abundancias Relativas (AR) de las diferentes agrupaciones se tomó en cuenta las horas de esfuerzo con el número de avistamientos. En esos avistamientos se contabilizaron 2,714 ballenas que se utilizaron en los modelos predictivos con el programa Maxent utilizando cuatro variables físicas: Temperatura superficial del mar (TSM), Batimetría, Distancia a la Costa y Pendiente del fondo marino. Se construyeron distintos modelos utilizando dos criterios para el tipo de agrupación: 4 meses de observación (enero, febrero, marzo, abril) y escenarios anuales relacionados con la TSM (frío y cálido). Para el tipo de agrupación se consideraron agrupaciones con cría [avistamientos de Madres con cría (Mc) y Madres con cría y Escolta (McE)]; y agrupaciones sin cría (Mnsc: Solos, Pares o Grupos de Competencia). Para los escenarios de TSM se utilizó el Índice Oceánico de la NOAA (ONI) para diferenciar años normales de años Niño y Niña. Se tomaron en cuenta dos años principalmente: 2008 considerado el más frío ($TSM \leq 0.5$) y 2010 considerado el más cálido ($TSM \geq 0.5$). Los resultados indican que el "nicho potencial" con las variables en conjunto de las agrupaciones con cría aumenta su dispersión en años fríos y se contrae en años cálidos, si bien un área "núcleo" de distribución entre la zona de Cabo Pulmo y San José del Cabo, se conserva independientemente de las condiciones del año. Para las agrupaciones sin cría se observa el mismo patrón en los años fríos; sin embargo, para años cálidos y a diferencia de lo que ocurre para las agrupaciones con cría, se observa un desplazamiento al norte. Las diferencias en la respuesta entre las agrupaciones con y sin cría, durante los años "cálidos", sugieren que existe una respuesta diferencial de los tipos de agrupación, relacionada con el contexto reproductivo (apareamiento o crianza). En cuanto a las variables utilizadas, se observó que las de más inferencia en el modelo de manera individual fueron la distancia de la costa y la temperatura.



ABSTRACT

The Cabos region, Baja California Sur, Mexico, is one of the main winter congregation areas of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in the Mexican Pacific (PM). For proper management of the species, it is essential to know its relative abundance and the characterization of its habitat; this allows us to know how they have been changing their population numbers and identify the main areas of congregation in the area. In the 8 years of the study 1,315 sightings were recorded (grouped in Solo, Par, Trio, Mc and GC). For the analysis of Relative Abundances (RA) of the different groups, the hours of effort with the number of sightings were taken into account. In these sightings, 2,714 whales were counted and used in the predictive models with the Maxent program, using four physical variables: sea surface temperature (SST), bathymetry, distance to the coast and slope of the seafloor. Different models were constructed using two criteria for the type of grouping: 4 months of observation (January, February, March, and April) and annual scenarios related to SST (cold and warm). For the type of grouping we considered groups with breeding [sightings of Mothers with breeding (Mc) and Mothers with breeding and Escort (McE)]; and clusters without breeding (Mnsc: Solos, Pairs or Competence Groups). For the SST scenarios, the NOAA Ocean Index (ONI) was used to differentiate normal years from Niño and Niña years. Two years were taken into account mainly: 2008 considered the coldest ($TSM \leq 0.5$) and 2010 considered the warmest ($TSM \geq 0.5$). The results indicate that the "potential niche" with the combined variables of breeding groups increases their dispersion in cold years and contracted in warm years, although a "core" distribution area between the Cabo Pulmo and San José del Cabo, is conserved independently of the conditions of the year. For the groups without breeding, the same pattern is observed in the cold years; however, for warm years and unlike what occurs for breeding groups, a shift to the north is observed. Differences in the response between groups with and without breeding during the "warm" years suggest that there is a differential response of clustering types, related to the reproductive context (mating or breeding). As for the variables used, it was observed that the ones with more inference in the individual model were the distance of the coast and the temperature.



2. INTRODUCCION

En años recientes las ballenas jorobadas se han convertido en recursos naturales valiosos económicamente, dado el interés turístico de observarlos en su hábitat natural (Hoyt, 2001). La industria del avistamiento de ballenas ha acercado a los habitantes urbanos a los animales en su ambiente natural, lo cual parece estar sensibilizando a las personas en lo referente a la protección de las especies y de sus hábitats (Barstow, 1986). No obstante, el tipo de actividades que ayudan a sensibilizar a las personas sobre la importancia de la protección de la biodiversidad, puede ser también responsable de afectarla de manera directa o indirecta; ejemplo de esto es el tráfico de embarcaciones generado para el avistamiento de ballenas o whale-watching. Así, uno de los objetivos para llevar acabo un adecuado manejo y planeación de la protección de las especies, es el de asegurar que el valor económico y de conservación de las especies tenga un balance adecuado entre la ganancia económica y el efecto que el turismo pueda tener sobre los individuos y sus poblaciones (Williams, 1994).

La ballena jorobada es una especie cosmopolita y migratoria, durante el verano se alimenta en altas latitudes y durante el invierno se aparean y cuidan a sus crías en latitudes tropicales. En la región de Los Cabos, B.C.S., México, la presencia de ballenas jorobadas se ha documentado al menos desde finales de noviembre hasta el inicio de abril con mayor abundancia febrero y marzo (Urbán y Aguayo, 1987).

En el Pacífico Norte, después de haber sido cazada comercialmente de manera intensa hasta 1965, parece haberse recuperado con una abundancia actual de cerca de 20,000 individuos (Barlow *et al.*, 2011). Sin embargo, debido a sus hábitos costeros, la especie tiene interacciones diversas e intensas con algunas actividades humanas, por lo cual sigue siendo vulnerable.

Estas actividades antropogénicas incluyen enredamientos con artes de pesca, colisiones con embarcaciones, asedio de embarcaciones turísticas y contaminación marina (Fleming y Jackson, 2011). En México, las actividades de



observación de ballenas han crecido exponencialmente en particular en las costas de Jalisco, Nayarit y Baja California Sur, básicamente en la región de Los Cabos. (Medrano y Urbán, 2002).

Para la actividad turística se ha reconocido por muchos años que, el acoso de las embarcaciones, puede tener efectos a corto y largo plazo sobre las poblaciones de ballenas jorobadas. La ausencia de controles apropiados, provoca que sea más difícil el crear vínculos causales entre la actividad humana a largo plazo y los cambios en la abundancia y la distribución de los animales (Scheidat *et al.*, 2004; Medrano y Urbán, 2002; Foubert, 2006; Johnson y Tyack, 2003).

En el presente trabajo se estima la variación en la abundancia relativa y se determinan las preferencias de hábitat de las ballenas jorobadas en Los Cabos, B.C.S., con la finalidad de modelar y predecir su abundancia y distribución y así proveer de una línea base necesaria para el adecuado manejo de esta especie en una de las zonas de mayor interés turístico en México.

3. ANTECEDENTES

3.1. LA BALLENA JOROBADA

La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae* Borowski, 1781), pertenece al orden Cetácea, suborden Mysticeti y a la familia Balaenopteridae, que incluye a los rorcuales. Es cosmopolita, se encuentra en todos los océanos del mundo (Johnson y Wolman, 1984). Es una especie migratoria, pasan el verano en lugares de alimentación de altas latitudes y en el invierno migran a zonas tropicales y subtropicales en aguas poco profundas alrededor de islas, sobre bancos y a lo largo de costas continentales donde realizan actividades de reproducción (Mackintosh, 1942; Rice, 1998).



Figura 1. Ballena Jorobada (*Megaptera novaeangliae*)

El promedio de longitud de las crías al nacer es entre 4 y 5 m (Chittleborough, 1965), mientras que en su madurez, alcanza una longitud de cerca de 15.6 m y un peso de 34 a 40 toneladas. El cuerpo es relativamente corto y robusto y se caracteriza por unas aletas pectorales muy largas, de un tercio de su longitud total (Johnson y Wolman, 1984). Existe dimorfismo sexual en cuanto a longitud, en donde las hembras son en promedio poco más grandes que los machos (hembras entre 14 – 16m, machos entre 11 – 14m) (Matthews, 1937).

3.2. EXPLOTACIÓN Y RECUPERACIÓN DE LA ESPECIE.

Dado que la ballena jorobada es una especie de hábitos costeros, fueron vulnerables y susceptibles a la caza comercial excesiva durante el siglo XIX y hasta la primera mitad del siglo XX, llegando casi al borde de la extinción (Rice, 1974).

Con base en datos obtenidos de bitácoras de capturas se pudo calcular que el tamaño de la población original en el Pacífico Norte, para antes de 1905, era de aproximadamente 15,000 individuos (Rice, 1978), y para finales de los 1960's se estimó esta misma población en menos de 1,400 individuos, por lo que estaba gravemente amenazada (Gambell, 1976; Johnson y Wolman, 1984). Sin embargo, de 2004 a 2006, Barlow *et al* (2011), estimaron una abundancia de 21,063 ballenas en el Pacífico Norte, lo que significa una importante recuperación de la especie.



En cuanto a información del Pacífico mexicano, para 1993 se estimó una abundancia de cerca de 2,700 individuos (Urbán *et al.*, 1999), y en 2004 la estimación fue de 5,928 ballenas (Calambokidis *et al.*, 2008). La estimación más reciente es la de Martínez-Aguilar (2011) para el 2008 con 8,168 individuos de esta especie para el Pacífico mexicano.

Protección

La ballena jorobada, ha estado considerada en diferentes categorías para su conservación, dependiendo del momento de su recuperación. En la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), es considerada como “Least Concern” (de preocupación menor), el cual es el nivel más bajo de amenaza para dicha especie, ya que se estimó una población mundial de alrededor de 60,000 individuos y que además está en incremento (Reilly *et al.*, 2008). Para la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies en Peligro de Extinción (CITES), se enlista en el Apéndice I, que corresponde a las especies más amenazadas y prohíbe la exportación comercial de cualquiera de estas especies o de sus partes (CITES, 2008). En cuanto a las leyes mexicanas, se encuentra protegida bajo la Norma Oficial Mexicana 059, con la categoría “Pr: sujeta a protección especial” (NOM-059-SEMARNAT-2010).



3.3. DISTRIBUCIÓN

Pacífico norte

Zonas de alimentación. La estructura de las poblaciones de ballenas jorobadas en el Pacífico Norte es compleja, se sabe que estas ballenas presentan una alta fidelidad a sus áreas de alimentación y que existe muy poco intercambio de individuos entre éstas (Calambokidis *et al.*, 1997) (Figura 2).



Figura 2. Áreas de alimentación de la ballena jorobada en el Pacífico Norte.

Zonas de reproducción. Se presentan cerca de las latitudes de 20° en ambos hemisferios, tanto Norte como Sur (Clapham y Mead 1999, Rasmussen *et al.* 2007) en aguas cálidas (21.1 to 28.3°C) y poco profundas (de entre 15 y 60 m de profundidad) (Whitehead y Moore 1982, Ersts y Rosenbaum 2003, Rasmussen *et al.* 2007). Dependiendo de la organización social y el estatus de reproducción de las ballenas, parece haber diferencia en la utilización del hábitat (Craig y Herman 2000, Ersts y Rosenbaum 2003). Específicamente, las hembras con cría muestran preferencia por áreas de poca profundidad cerca de la línea de costa (Ersts y Rosenbaum 2003, Félix y Botero-Acosta 2011). Es posible que dichos factores, como la temperatura del agua, influyeran la distribución de las ballenas jorobadas a gran escala, mientras que la disponibilidad de un hábitat reproductivo adecuado



puede influenciarlas a escala local (Aguilar y Contreras, 2003; Berta *et al.*, 2006; Rasmussen *et al.* 2007).

Se reconocen tres zonas de reproducción: (1) La Asiática: Islas Ryukyu (Japón), Taiwán, Islas Marianas (EUA), e Islas Ogasawara (Japón); (2) La del Pacífico Central: El Archipiélago de Hawai, incluyendo las islas de Kahuai, Oahu, Maui y Hawai; y (3) La Americana: del Pacífico mexicano (Golfo de California, Archipiélago de Revillagigedo y parte de continente) hasta Centro América (Johnson y Wolman, 1984; Calambokidis *et al.*, 2008) (Figura 3).

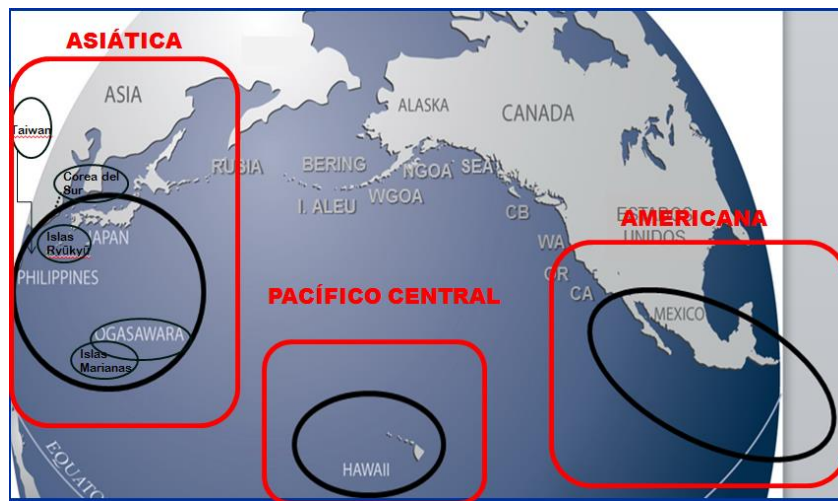


Figura 3. Zonas de reproducción de la ballena jorobada en el Pacífico Norte.

Pacífico mexicano

Existen 3 principales congregaciones de la ballena jorobada en el Pacífico Mexicano, en: (1) Las costas de la Península de Baja California, Isla Cedros hasta Cabo San Lucas en la costa occidental y dentro del Golfo de California hasta Loreto. (2) La costa continental mexicana, desde el sur de Sinaloa hasta Jalisco, principalmente Islas Marías e Isla María Isabel, Nayarit y Bahía de Banderas, Jalisco, hasta la frontera con Guatemala. (3) El Archipiélago de Revillagigedo, incluyendo Isla San Benedicto, Isla Socorro e Isla Clarión (Rice, 1974; Urbán y Aguayo, 1987).

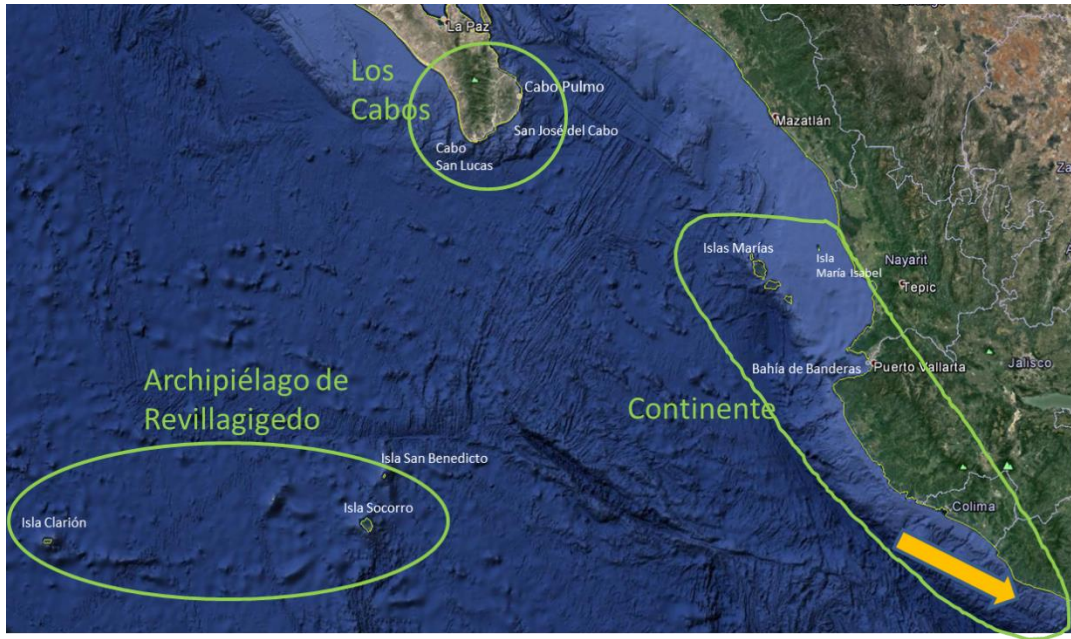


Figura 4. Áreas de distribución de la ballena jorobada en el Pacífico Mexicano. Continente se extiende hasta Guatemala.

Por medio de análisis de foto-identificación y moleculares, González-Peral (2011), concluyó que las ballenas jorobadas que se concentran en el Pacífico mexicano cada temporada invernal pertenecen a dos unidades poblacionales:

- Unidad Poblacional Costera: conformada por ballenas que se alimentan en California- Oregon, y se reproducen en Continente y/o Centroamérica, utilizando como área de tránsito o corredor las regiones de Baja California y Continente.
- Unidad Poblacional Oceánica: conformada por ballenas provenientes de diferentes zonas de alimentación, principalmente el Oeste del Golfo de Alaska, Mar de Bering y el Norte del Golfo de Alaska, y que se reproducen en el Archipiélago de Revillagigedo, Baja California o Continente presentando movimientos entre las tres regiones.

En Baja California Sur, cada temporada cambia la proporción de ballenas jorobadas que provienen de las diferentes zonas de alimentación. Los factores que



influyen para que se den estos cambios podrían estar relacionados con cambios en la temperatura del mar (Mate y Urbán, 2003), y de acuerdo al estudio de Salinas- Vargas (1999), la abundancia relativa tuvo una variación a lo largo de los años, en donde entre 1989 y 1993, se presentaron variaciones significativas, mismas que podrían asociarse al incremento significativo de la TSM ocasionado por fenómenos oceanográficos de gran escala. Se necesita caracterizar debidamente a las variables ambientales naturales y antropogénicas que afectan a las ballenas y desarrollar métodos de validez científica para monitorear los efectos poblacionales de dichas variables (Medrano y Urbán, 2002).



3.4. MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA JOROBADA

Una característica fundamental para comprender la ecología de las comunidades de mamíferos marinos, es conocer la estructura de su distribución y abundancias (Magurran y Henderson, 2003; Tittensor *et al.*, 2009). Se han desarrollado métodos que relacionan datos de presencia junto con las características ambientales de las localidades para predecir las condiciones en las cuales es posible encontrar a las especies y poder delinear su distribución, y lo que realmente se modela es el nicho real de una especie (Hutchinson, 1957).

La realización de modelos predictivos para el análisis de la distribución geográfica de especies basados en condiciones ambientales de sitios conocidos, constituye una importante técnica en biología analítica, con aplicaciones en conservación y planeación de reservas, ecología, evolución, manejo de especies y entre otros (Philips *et al.*, 2006).

Existen varias herramientas que se utilizan para la obtención precisa de modelos predictivos, los cuales se acoplan a sistemas de Información geográfica, que son programas de computadora para el análisis y el despliegue de datos distribuidos espacialmente, que han sido utilizados para extrapolar información ecológica y biogeográfica y con el objetivo de obtener una representación lo más precisa y realista de la distribución de una especie o de un grupo de especies. En general, la modelación basada en SIG consiste de 3 pasos principales: (1) compilación de una base de datos, (2) calibración y desarrollo del modelo, y (3) la validación del modelo. El conjunto de datos son compilados de estudios en campo o estudios observacionales, mapas impresos o digitalizados, datos de sensores remotos (imágenes de satélites y fotografías aéreas digitalizadas), y mapas creados mediante operaciones en SIG (Rodríguez-Estrella y Bojórquez, 2004).

Gregg y Trites (2001) realizaron modelos lineales generalizados (GLM's) de predicción de hábitat de 5 especies de ballenas, incluyendo la ballena jorobada, en las costas de British Columbia, utilizando datos de barcos balleneros en el periodo de 1948 a 1967 y utilizando 6 variables predictivas (mes, profundidad, pendiente,



clase de profundidad, temperatura superficial del mar y salinidad), en donde su modelo anual confirma una fuerte asociación de las ballenas jorobadas con las aguas costeras. Para Tynan *et al* (2005), en el Sistema de Corrientes de California del norte, la temperatura superficial del mar (TSM), profundidad y distancia a la costa resultaron ser las variables de mayor importancia para las ballenas jorobadas en un modelo de regresión logística múltiple en la primavera del 2000 y salinidad superficial del mar (SSM), latitud y profundidad fueron las variables más predictivas durante el verano.

Se han realizado estudios que combinan sistemas de información geográfica con imágenes satelitales en la modelación del hábitat de cetáceos, y algunos incluyen procesos oceanográficos como fronteras en la superficie del mar y una alta resolución espacial y datos temporales. Dalla Rosa *et al* (2012), realizaron un estudio en el cual incorporaron variables explicativas que últimamente se encuentran disponibles para los investigadores y han demostrado el valor de utilizar datos de sensores remotos cuando los datos de las muestras in situ no están disponibles. Las ballenas jorobadas fueron fuertemente asociadas con la latitud y características de batimetría, indicando la preferencia hacia la plataforma. TSM y salinidad fueron también seleccionadas como variables explicativas en los modelos.

Para mamíferos marinos, los datos de ausencia a menudo pueden ser difíciles y costosos de obtener, particularmente en grandes escalas espaciales (Phillips *et al.* 2006). Un método de modelación que realiza con precisión la predicción a partir de datos sólo de presencia es el MaxEnt, que se utiliza para una amplia gama de aplicaciones ecológicas (Phillips *et al.* 2006, Elith y Leathwick 2009). Este modelo utiliza la máxima entropía, la cual modela esencialmente la distribución de las especies de una distribución probable del área geográfica de interés (datos antecedentes) que se aproxima al promedio empírico de una distribución objetivo o un conjunto de puntos de ocurrencia conocidos (distribución más cercana a la uniformidad) (Phillips *et al.* 2006; Elith *et al.* 2010) y las coberturas geográficas con parámetros ambientales que pueden, potencialmente, limitar la capacidad de supervivencia de la especie. Conduce a una rutina de optimización que



iterativamente provee una medida de ajuste al modelo como la ganancia, la cual está relacionada con la desviación, una medida de bondad de ajuste utilizada en modelos aditivos generalizados y lineales, que indica cuan cerca el modelo se concentra alrededor de la presencia de las muestras. La ganancia está definida como el promedio de la probabilidad del log de presencia de muestras, menos una constante que provoca que la distribución uniforme tenga cero de ganancia. La iteración incrementa el valor de la probabilidad sobre localidades con condiciones similares a las de las muestras, y se escoge la de mayor probabilidad de distribución, que es la de máxima entropía. Para MaxEnt, los valores más altos de salida corresponden a la predicción de mejores condiciones y una alta probabilidad de ocurrencia. (Phillips et al. 2006, Phillips & Dudík 2008; Smith., 2012), las cuales están impuestas por los valores de las variables ambientales en las localidades conocidas de la especie (Liras, 2008).

Para Elith *et al.*, (2010), Ainley *et al.*, (2011) y Friedlaender (2011), los modelos basados en máxima entropía tienen un gran desempeño con datos de solo presencia. Ainley *et al* (2011), modelaron las preferencias de hábitat de las ballenas Minke Antárticas (*Balaenoptera bonaerensis*), tomando en cuenta su proximidad en el límite de la plataforma antártica y al límite sur de la Corriente Circumpolar Antártica, incluyendo profundidad y clorofila como variables. Se observó que la variable más importante para su distribución es la distancia a la costa, seguida por la profundidad y la concentración del hielo oceánico.

Smith *et al* (2012), realizaron un estudio utilizando MaxEnt, sobre la identificación del hábitat de reproducción de la ballena jorobada en la Gran Barrera Arrecifal en Australia, tomando en cuenta variables ambientales como son temperatura, batimetría, distancia a la costa y pendiente marina. Ellos lograron identificar dos áreas clave de probabilidad de presencia de las jorobadas en donde observaron que las variables de mayor afectación para la distribución de las jorobadas en esa zona fueron la temperatura y la profundidad.



4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Las ballenas jorobadas son un recurso natural explotado comercialmente por el turismo por medio de la observación de las ballenas en su medio natural. El conocimiento de su distribución en el espacio y tiempo, y las variables ambientales que influyen en sus variaciones nos permitirá caracterizar el hábitat de las distintas agrupaciones dentro de la zona de estudio, identificar las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia, con lo cual se sientan bases sólidas para proponer áreas prioritarias para la protección y manejo de esta especie.

HIPÓTESIS

Las características del hábitat influyen de manera selectiva en la distribución de las diferentes agrupaciones de las ballenas jorobadas. En particular las madres con cría se distribuirán en aguas más someras y más cálidas que las agrupaciones sin cría.

Objetivo General:

- Determinar la abundancia relativa y las preferencias de hábitat de la ballena jorobada en Los Cabos, B.C.S., en las temporadas invernales de 2004 a 2011.



Objetivos particulares:

- Determinar la abundancia relativa intra e inter temporada de las ballenas.
- Determinar las preferencias de hábitat de las diferentes agrupaciones de ballenas, entre temporadas y al inicio y final de cada temporada cada inicio y final de temporada.
- Modelar las áreas de concentración a partir de las preferencias de hábitat de la jorobada en la zona.



5. ÁREA DE ESTUDIO

5.1. Ubicación

La congregación de ballena jorobada de Baja California (BC) se concentra en el extremo sur de la península, sin embargo debido a la dificultad de navegar del lado del Pacífico, el área de estudio fue el Golfo de California, abarcando desde Cabo Pulmo hasta Cabo San Lucas, entre los 24.002° y 22.482° (latitud N) y los -110.002° y -109.002° (longitud O). (Fig. 1)

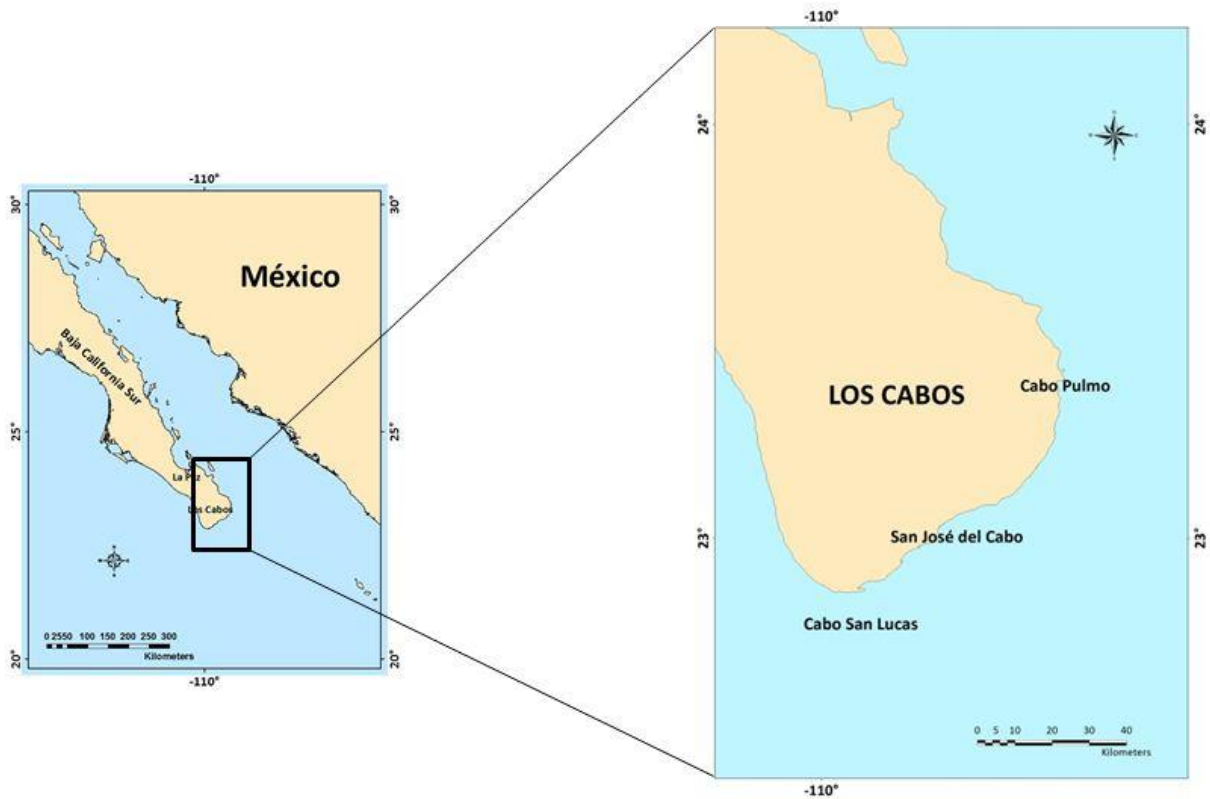


Figura 5. Área de estudio. Municipio y zona marítima de Los Cabos, B.C.S.



5.2. Características de la zona

La región sur del Golfo de California está en comunicación abierta con el Océano Pacífico Tropical Oriental a través de la boca de aproximadamente 200 km de ancho y de cuencas cuya profundidad excede a los 3,600 m. Su estructura hidrográfica es complicada debido a la confluencia de distintas masas de agua en la boca del golfo. El extremo sur de esta región del Golfo de California está fuertemente influenciada por las aguas del Océano Pacífico (Anexo 1, SEMARNAT, 2006).

Temperatura

La entrada del Golfo es considerada como una zona de mezcla. La región de Los Cabos tiene una temperatura media anual de 23° C, con fluctuaciones diarias de 7 a 14° C (Félix – Pico, 1975). El flujo saliente de la Corriente de California, acarrea agua caliente (18°C) hacia el sur y a la altura de Cabo San Lucas se encuentra la corriente de California. Esta última se caracteriza por transportar agua fría (15°C – 20°C) y viaja hacia el sureste (Tovilla, 1991).

Batimetría

La plataforma continental es irregular, que por lo general no rebasa los 5 km, sólo es notable frente a Punta Soledad, Cabo Pulmo y Punta Gorda; ocasionalmente se ve interrumpida en Los Frailes debido al cañón existente en esa zona que corta la plataforma desde la costa. Sin embargo, aun cuando la plataforma desaparece hasta los 180 m, el talud presenta una serie de terrazas y escarpes a lo largo de toda la pendiente, la cual interrumpe en forma irregular la batimetría de toda la costa Oriental de la Península (Tovilla, 1991). En San José del Cabo existe una falla, perteneciente a un sistema extenso de fallas activas del sur del Golfo, que mide 150 Km aprox., con un escarpe topográfico de más de 1000 m y forma el límite oriental del bloque de Los Cabos (Fletcher *et al.*, 2000).



6. MÉTODOS

6.1. MUESTREO

En las temporadas invernales (enero a abril) de 2004 a 2011, como parte del Programa de Investigación de Mamíferos Marinos (PRIMMA) de la UABCS, se realizaron 229 días de navegación que comprendieron 1,489.48 horas de esfuerzo de observación; en algunos años no hubo esfuerzo de campo en algunos meses, por lo que fueron considerados con “NA”, los cuales no se tomaron en cuenta para el análisis estadístico. Se utilizaron embarcaciones pequeñas tipo panga y embarcaciones medianas (Fig. 5bis) desde Ensenada de Muertos hasta la zona Cabo San Lucas, B.C.S. Durante las navegaciones se anotó la fecha, la hora y la posición geográfica con la ayuda de un posicionador geográfico en cada avistamiento y se registró el tipo de agrupación (Madre con cría; Madre, cría y escolta; Par; Solo; Grupo de competencia; Trío).



Figura 5bis. (A) Embarcación pequeña tipo panga “Yubarta” (Foto: Hiram Rosales). (B) Embarcación mediana “Amigo” (Foto: PRIMMA).



6.2. ESTIMACIÓN DE LA ABUNDANCIA RELATIVA (AR)

La abundancia relativa de las agrupaciones se calculó a partir del número de avistamientos por agrupación dividido entre el número de horas navegadas en cada mes por cada año de estudio, ya que en cada año y mes, el esfuerzo fue diferente:

- Meses: Enero, Febrero, Marzo, Abril
- Años: 2004 - 2011

Abundancia Relativa (AR):
$$\frac{\text{\# De Avistamientos por agrupación}}{\text{\# De horas navegadas (por mes y por año)}}$$

6.2.1. Análisis estadístico

Para determinar si existía una diferencia significativa entre las medias de las abundancias relativas, se decidió realizar la prueba de **ANOVA**, y a partir de ahí, se realizaron comparaciones *a posteriori* mediante la prueba de **Tukey** para determinar la diferencia significativa y grupos homogéneos entre las ANOVAS, conocer las diferencias entre los años y las agrupaciones



6.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL

Se realizaron mapas con la distribución espacial de las ballenas jorobadas diferenciando entre agrupaciones en diferentes momentos del tiempo de muestreo. Fueron los siguientes:

- Todos los años, en el cual solo se diferenciaron dos agrupaciones generales (Madres con cría y Agrupaciones sin cría).
- Cada año, en los cuales si se diferenciaron todos los tipos de agrupaciones (Mc, McE, Solos, Pares, GC)
- Meses juntos (todos eneros, todos febreros, todos marzos, todos abril). En donde se diferenciaron las agrupaciones observadas en cada mes.

Se hizo un análisis de preferencias de hábitat proyectando los avistamientos con las diferentes capas de información y posteriormente, con la ayuda de la herramienta Spatial Analyst Tools (Extraction, Extract Values to Points) se extrajeron los valores por punto, lo cual nos da la información de los intervalos de preferencias de las agrupaciones para cada una de las 4 variables (Tabla 3). Se realizaron pruebas de ANOVA y Tukey HSD para conocer las diferencias significativas para cada una de las variables.

6.4. DATOS OCEANOGRÁFICOS

Se seleccionaron cuatro variables: batimetría, temperatura superficial del mar (TSM), distancia a la costa y pendiente del fondo, basados en la importancia identificada en estudios previos publicados en los cuales se encontró una relación significativa entre la distribución de las ballenas jorobadas y dichas variables (Ersts y Rosenbaum, 2003; Johnston *et al.*, 2007; Rasmussen *et al.*, 2007; Oviedo y Solís, 2008; Smith *et al.*, 2012). Las capas obtenidas se encuentran a una resolución de 4 km. Se utilizó el programa ArcMap 10.1 para crearlas utilizando la herramienta de Spatial Analyst Tool (Smith., *et al* 2012). Las capas de temperatura



y batimetría se construyeron a partir de información de datos satelitales de diferentes herramientas de visualizaciones correspondientes a cada dato, y las de distancia a la costa y pendiente del fondo fueron construidas.

6.4.1. CAPAS

- **Temperatura Superficial del Mar (TSM)**

En cuanto a la variable de **TSM**, se obtuvieron los datos de las capas del satélite Giovanni MODIS-TERRA del Ocean Color Radiometry Online Visualization and Analysis, de la NASA, con una resolución de 4 km. Se obtuvieron los datos de cada año separando las temperaturas por cada mes de la temporada (enero-febrero-marzo-abril). Las temperaturas mensuales fueron promediadas para poder determinar las anuales, que van de los 21.6° – 23° Centígrados. Los datos se proyectaron en el programa ArcGIS 10.1 y se crearon capas definidas.

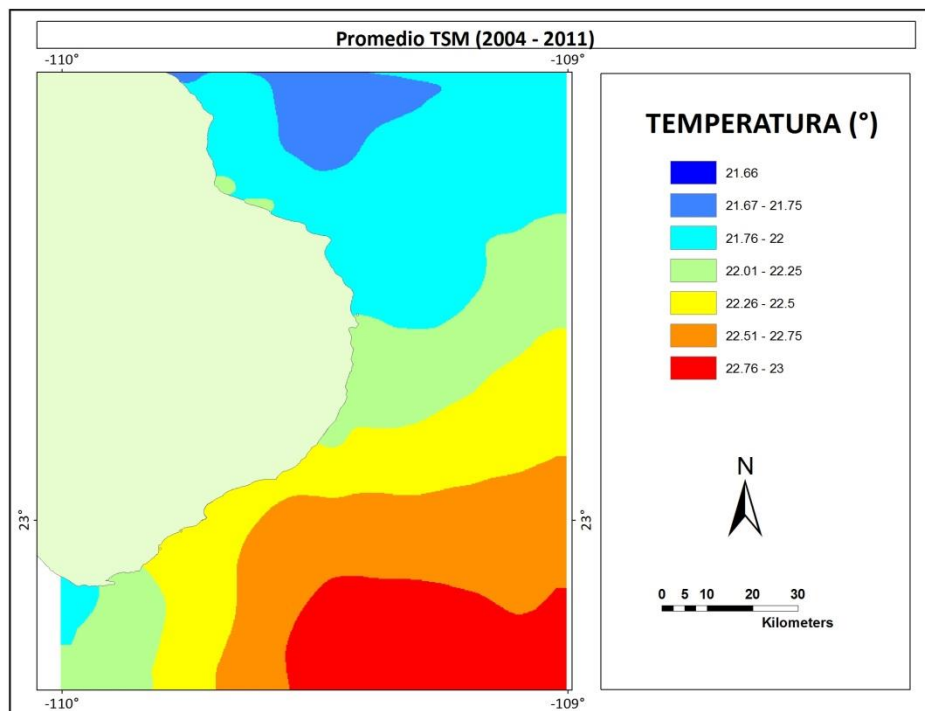


Figura 6. Promedio de temperaturas de 2004 a 2011.



- **Batimetría**

La variable fue obtenida a partir del modelo ETOPO1 (Global Relief Model) del National Geophysical Data Center de la NOAA de la zona de estudio, a una resolución de 4 km.

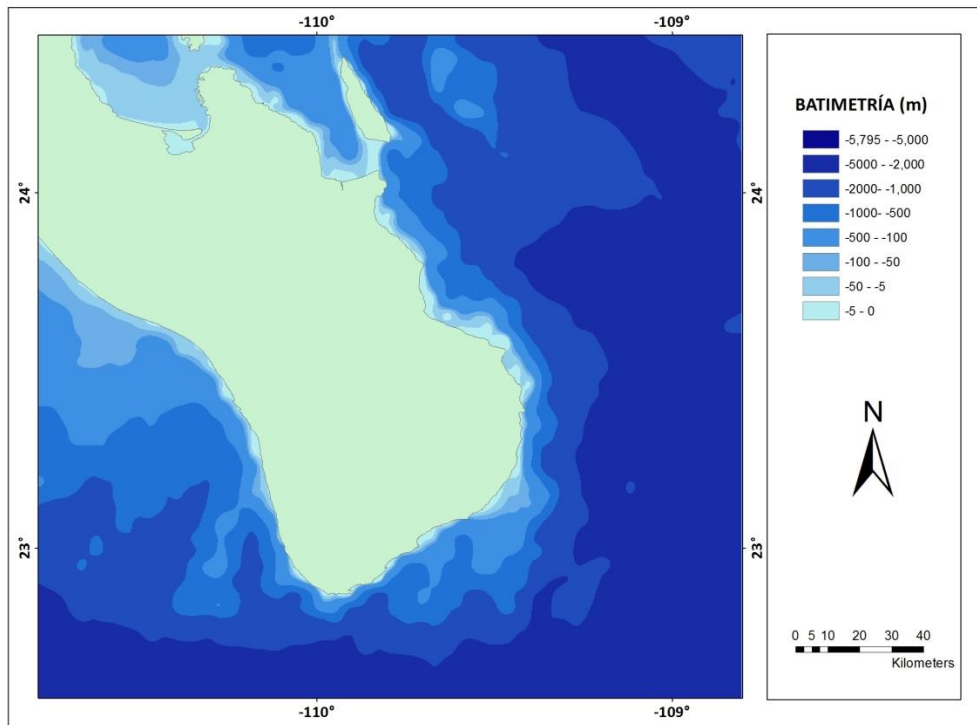


Figura 7. Batimetría de la zona de estudio. (Modificado con el programa ArcGIS)



- **Distancia de la costa**

La variable fue obtenida con la ayuda del Programa ArcMap 10.1, con la función Spatial Analyst Tool (Distance, Euclidean Distance) a partir de la cual se fue delimitando cierta distancia por km para la creación de isolíneas que dividen el área en distancias determinadas hacia la costa. Dicha función va midiendo a partir de los grados de posición geográfica, las cuales posteriormente fueron convertidas a kilómetros.

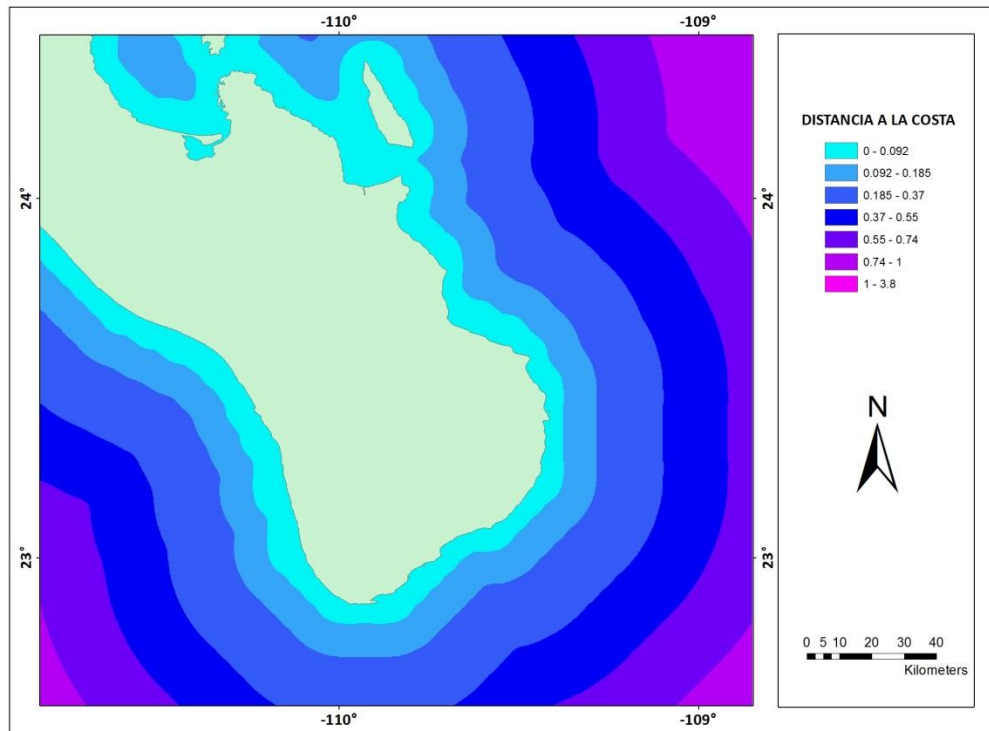


Figura 8. Distancia a la costa. (Realizado con el programa ArcGIS)



- **Pendiente Marina**

Para la variable Pendiente, se generó a partir del programa Arc MAP 10.1, utilizando la herramienta Spatial Analyst Tool (Surface, Slope), lo cual calcula la tasa de cambio máximo en la elevación sobre la distancia entre la celda y sus vecinas, identifica el descenso cuesta abajo más empinado. La máxima pendiente encontrada en la zona fue de 12°.

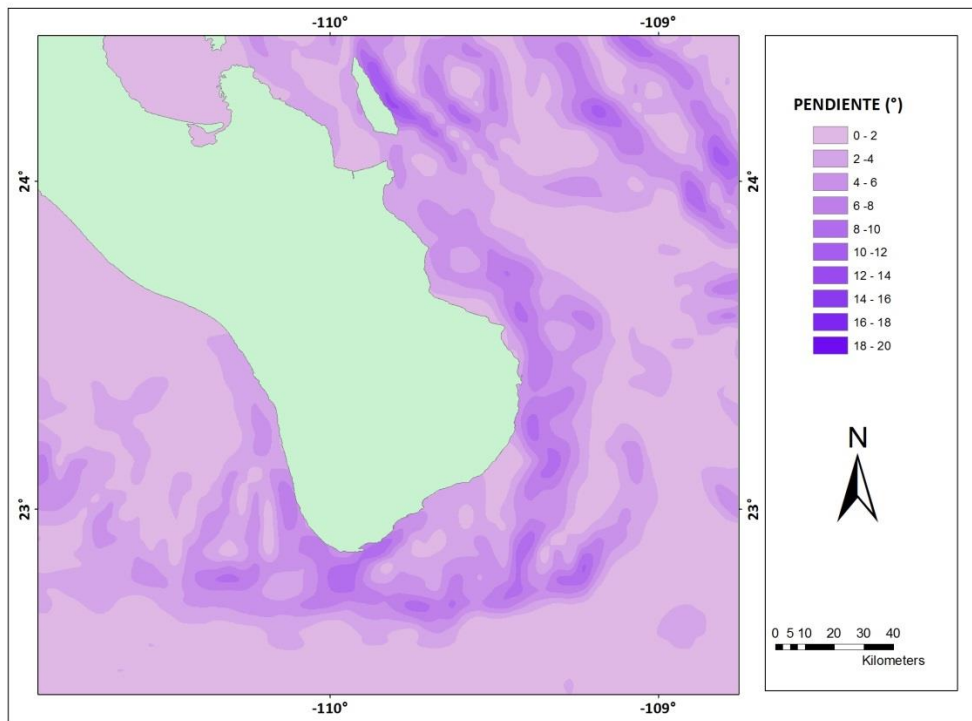


Figura 9. Pendiente marina (°). (Realizado con el programa ArcGIS)



6.5. MODELACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN. ÁREAS DE CONCENTRACIÓN.

Los modelos predictivos para el análisis de la distribución de la ballena jorobada se desarrollaron con el programa MaxEnt. Se decidió que el estudio se desarrollara con varios modelos, con respecto a los avistamientos totales obtenidos intra e inter anual y los años de contraste, el más frío y el más cálido para ver si existía una diferencia en cuanto a su distribución en años extremos. Los datos se dividieron en solo dos agrupaciones generales, que fueron Madre con cría (Mc) y adultos sin cría (Mnsc).

Los modelos fueron los siguientes:

1. TODOS AÑOS
2. ENEROS
3. FEBREROS
4. MARZOS
5. ABRILES
6. 2008 EL MÁS FRÍO y 2010 CÁLIDO (se estableció esa convención de acuerdo a la información obtenida del Climate Prediction Center de la NOAA con respecto a las temperaturas anuales)

En cuanto a las capas obtenidas, fueron convertidas a archivos ASCII, ya que es el único formato compatible con el programa MaxEnt (Cervantes-Hernández, 2014); posteriormente, fueron examinadas junto con los datos de los avistamientos correspondientes al mes y año de registro, con el programa para poder generar un modelo de idoneidad de hábitat, lo cual nos dará información a partir de los datos ingresados sobre la ocupación de hábitat de la especie y las variables que más afectan a su distribución.

Cada modelo predictivo fue evaluado utilizando el Área Bajo la Curva (AUC), la cual evalúa que tan bien discriminan las predicciones del modelo entre localidades



en donde las observaciones estuvieron presentes. La estadística de AUC puede fluctuar de 0 a 1, en donde una AUC de 0.5 indica que el rendimiento del modelo es igual al de la predicción al azar, y un valor de 1 sugiere una discriminación perfecta entre el hábitat adecuado y el no adecuado (Phillips et al. 2006, Phillips & Dudík 2008; Smith., 2012).

6.6. Zonas de concentración

De acuerdo a la distribución espacio-temporal y los modelos de idoneidad de hábitat con su probabilidad de presencia, se hizo un traslape de mapas y establecieron las zonas de concentración de la ballena jorobada.

7. RESULTADOS

7.1. Números totales

De acuerdo a los avistamientos obtenidos en los 8 años (Tabla 1), se contabilizaron un total de $n=2,714$ ballenas encontradas en $n=1,315$ avistamientos. Para el modelo predictivo, se utilizaron los totales de ballenas observadas (Figura 10), lo cual nos da una idea de la cantidad de ballenas (diferenciadas sólo entre madre con cría y agrupaciones sin cría) por zona; y para el análisis estadístico se utilizó el número de avistamientos (Figura 11), para que nos pudiera dar los datos de la abundancia relativa por año de cada agrupación. Se muestra que los números se mantienen de manera uniforme a lo largo de los años, a excepción de los años 2004 y 2005.

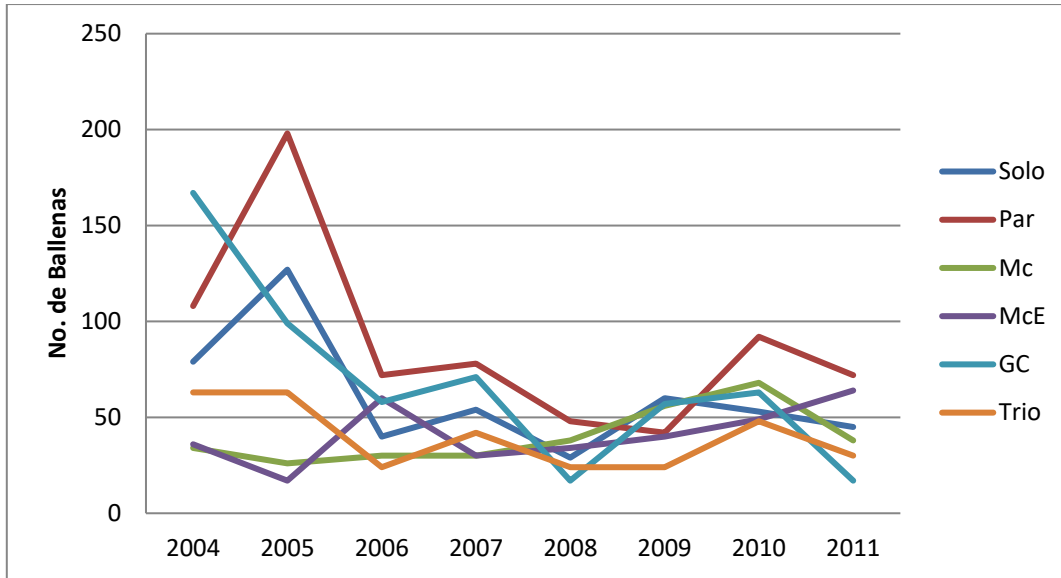


Figura 10. Individuos contabilizados en avistamientos por año por agrupación. Gran TOTAL de **2714** individuos. (Mc=madre con cría; McE=madre, cría y escolta; GC=grupo de competencia)

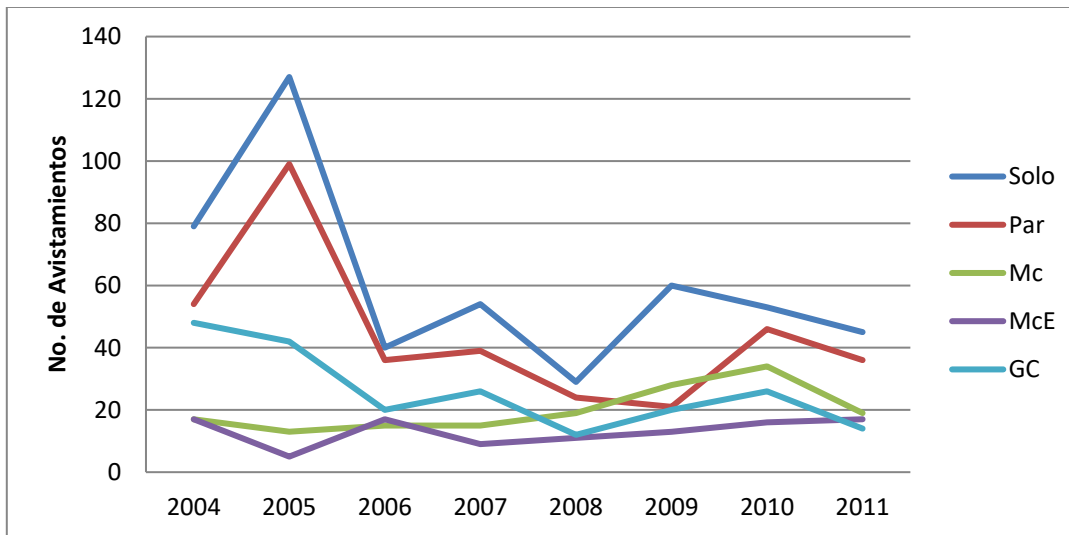


Figura 11. Conteo total de Avistamientos por año por agrupación. La categoría TRIO se pasó a GC al ser pocos avistamientos (106). Gran TOTAL de **1315** avistamientos. (Mc=madre con cría; McE=madre, cría y escolta; GC=grupo de competencia)



7.2. Análisis de Abundancias Relativas (AR)

7.2.1. Esfuerzo

El esfuerzo total en los 8 años en los que se basa este estudio fue de **229 días y 1,489.48 h** y en donde se registró el mayor esfuerzo fue en Marzo de 2004 (153.7 hrs) (Tabla 1).

Tabla 1. Horas de esfuerzo por mes y por cada año. Las casillas con “NA” es que no hubo esfuerzo en esos meses.

Esfuerzo / 1 hr	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	TOTAL
ENERO	98.50	124.85	16.30	NA	NA	NA	5.25	NA	244.9
FEBRERO	133.73	49.97	27.82	81.53	54.60	46.27	69.27	33.70	496.89
MARZO	153.70	128.20	70.45	52.06	NA	85.46	55.95	42.08	587.9
ABRIL	27.42	17.50	7.65	NA	67.05	NA	5.00	35.17	159.79
TOTAL	413.35	320.52	122.22	133.59	121.65	131.73	135.47	110.95	1489.48

7.2.2. AR por Mes y por Año

La AR se calculó a partir del número de avistamientos entre las horas de esfuerzo en cada año, diferenciando entre las abundancias encontradas en cada mes y las encontradas en cada año por cada agrupación.

AR por mes

Se documentaron variaciones marcadas tanto a nivel de agrupación como entre meses, siendo las agrupaciones de animales **Solos** la de mayor abundancia y las **McE** las menos abundantes (Figura 12). Se observó que existe una gran diferencia entre los meses y las agrupaciones; por una parte, las agrupaciones de Solos, Pares y GC, comienzan con un número elevado y van aumentando desde enero, hasta llegar a su pico más alto para el mes de febrero y van disminuyendo hacia el mes de Abril; por otra parte, las agrupaciones de Mc y McE comienzan la



temporada con números bajos y van aumentando hasta llegar a su pico en el mes de marzo y comienzan su descenso de abundancia).

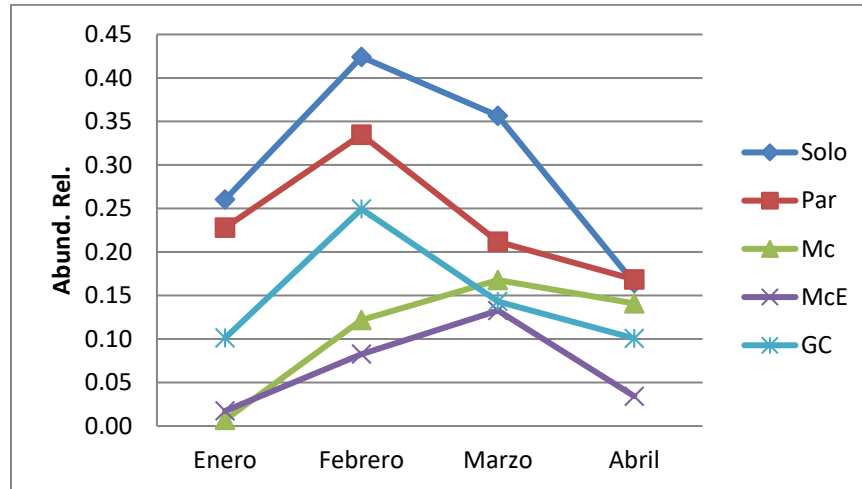


Figura 12. Abundancias relativas por agrupación en cada mes de las temporadas.

Comparando la AR entre meses por medio de un análisis de varianza, se encontró que existen diferencias significativas [$F(3,12)=5.8397$, $p=0.01068$] entre los meses (Gráfica 13 A). Comparando entre agrupaciones dentro de los meses, se encontró que también existen diferencias significativas entre ellas respectivamente [$F(4,15)=5.9618$, $p=0.00446$] (Gráfica 13 B).

En la prueba *a posteriori* Tukey HSD, enero, y abril no presentaron diferencias significativas entre sí, pero si presentan con febrero el cual no difiere con marzo (Anexo 1). Para las ANOVAS de agrupaciones dentro de los meses, se observó que McE, Mc y GC) no presentan diferencias significativas entre sí, pero si con las agrupaciones Par y Solo, que entre ellas no presentan una diferencia significativa (Anexo 2).

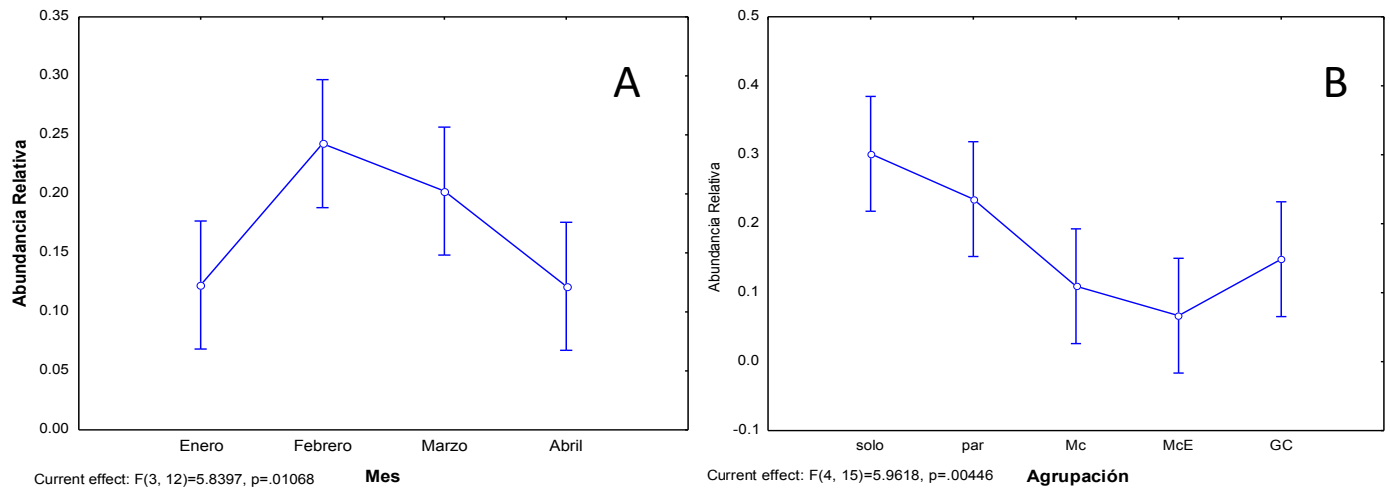


Figura 13. A) Prueba de ANOVA Mes. B) Prueba de ANOVA agrupaciones dentro de todos los meses.

AR por año

Se documentaron también variaciones marcadas tanto a nivel de agrupación como entre años, siendo las agrupaciones de animales **Solos** la de mayor abundancia y las **McE** las menos abundantes tanto entre meses como entre años (Figura 14). Se observa que existe una gran diferencia entre los años y las agrupaciones, ya que en los años 2004, 2005 y 2006, se observa un número elevado de las agrupaciones Solo y Par, ya que fueron los años que hubo un mayor esfuerzo, sin embargo, para la agrupación Par, los números fueron disminuyendo. Las agrupaciones Mc, McE y GC, han mantenido una similitud en cuanto a sus abundancias anuales, pero mostrando cierto aumento para los últimos años.

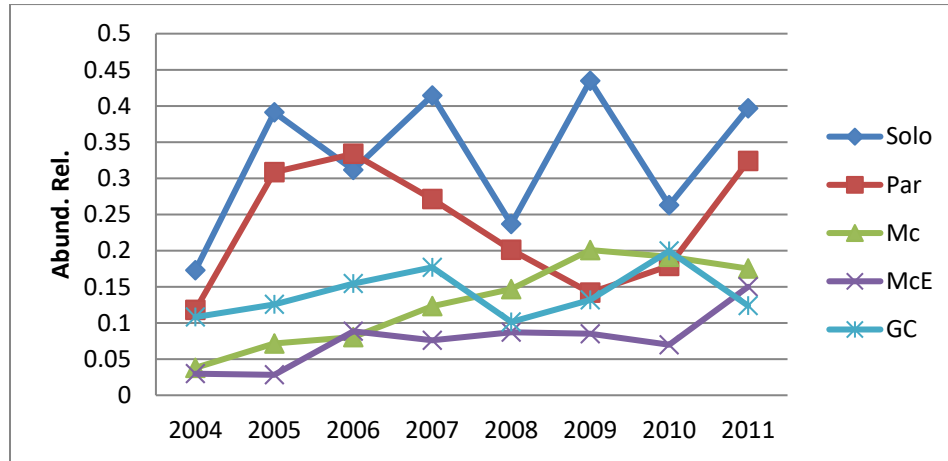


Figura 14. Abundancias relativas por agrupación en cada año de estudio.

Comparando la AR entre meses, se encontraron diferencias significativas [$F(7,28)=0.03189$, $p=0.03189$] entre los años (Figura 15A). Comparando entre agrupaciones dentro de los años, se encontró que también existen diferencias significativas entre ellas respectivamente [$F(4,35)=17.404$, $p=0.0000$] (Figura 15B). En la prueba *a posteriori* demostró que existe diferencia significativa solo entre 2004 y 2011 (Anexo 3). Para agrupaciones dentro de los años, nos confirma que Mc, McE y GC son significativamente diferentes a Solo y Par (Anexo 4).

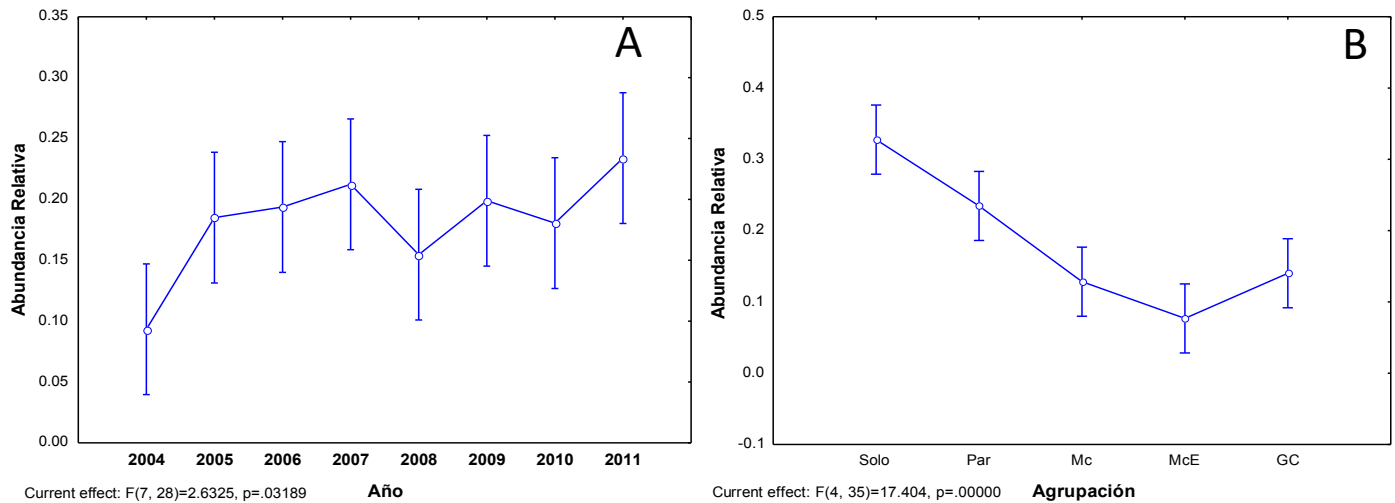


Figura 15. A) Prueba ANOVA para años. B) Prueba de ANOVA para agrupaciones dentro de los años.



7.3. Distribución Espacio- Temporal

Los avistamientos encontrados en cada año de muestreo, fueron proyectados en mapas de acuerdo a varias categorías:

7.3.1. Avistamientos Totales (Todos los años juntos)

Se observó que las madres con cría tienden a permanecer más cerca de la costa que los grupos que no presentan cría (Figura 16, Tabla 2). Se identificó un área de mayor concentración (círculo) de individuos, que comprende Punta Gorda, La Fortuna, el Cardoncito (más abundancia), Los Frailes y Cabo Pulmo.

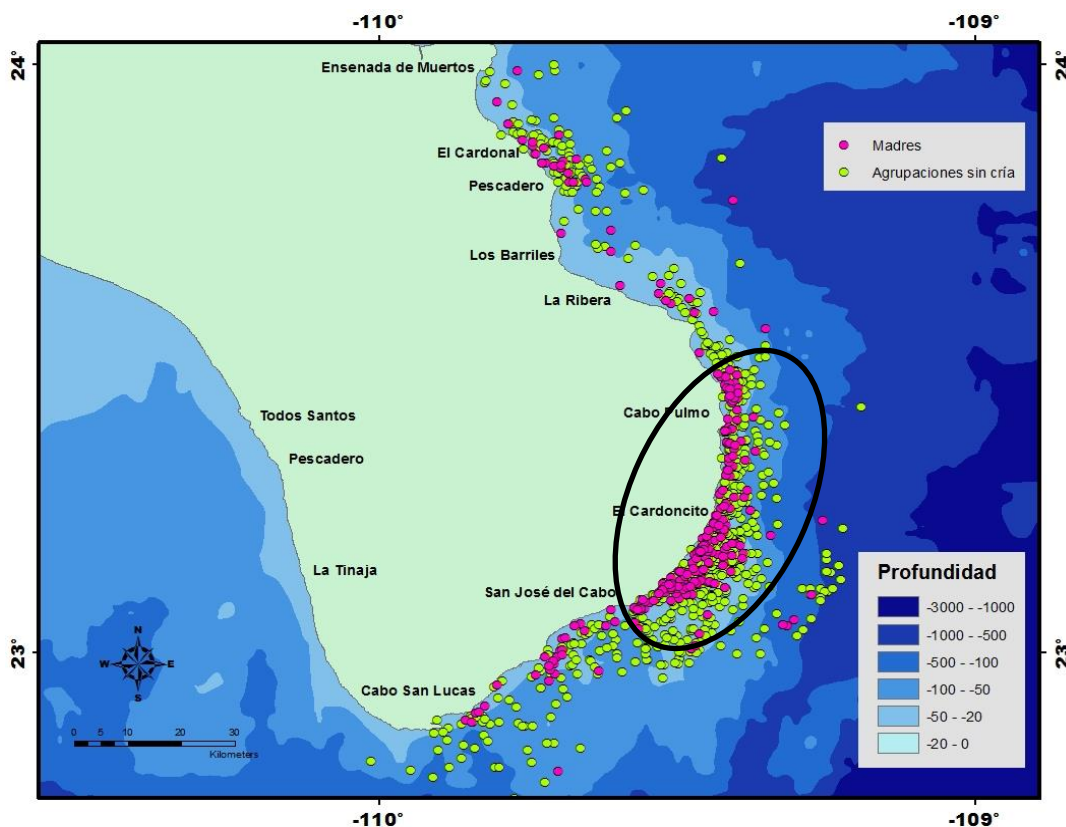


Figura 16. Avistamientos totales divididos en madres con cría (Mc) y agrupaciones sin cría (Mnsc) de 2004 a 2011.



Tabla. 2. Porcentajes de avistamientos de Mc y Agrupación sin cría a diferentes profundidades.

Profundidad (-)	Mc %	Agrup s/c %
0-20	35	20
20-50	23	16
50-100	9	10
100-300	19	23
300-500	5	10
500-3000	9	21

7.3.2. Avistamientos Totales por cada año

Se proyectaron los mapas de cada año con respecto a sus avistamientos totales (Figuras 17A y 17B), clasificando en todas las agrupaciones (Mc, McE, Solo, Par, GC), en donde se muestra la distribución para cada agrupación a lo largo de cada año del periodo de estudio. Se puede observar que en algunos años como 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008, la concentración de ballenas se encuentra más hacia el sur, y en otros años como son 2009, 2010 y 2011, más pegados a la costa pero más hacia el norte.

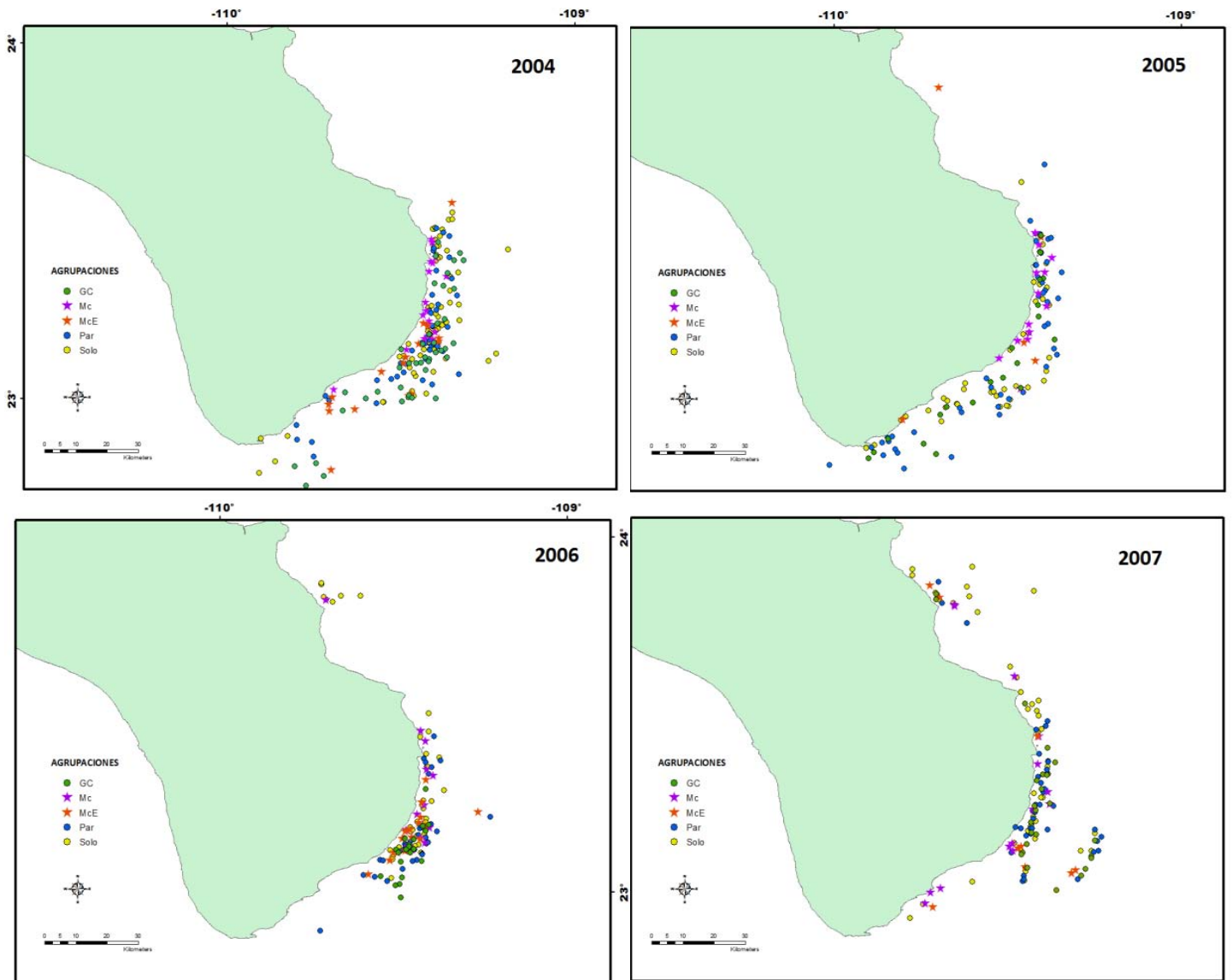


Figura 17A. Avistamientos por cada año del periodo de estudio con clasificación de agrupaciones.

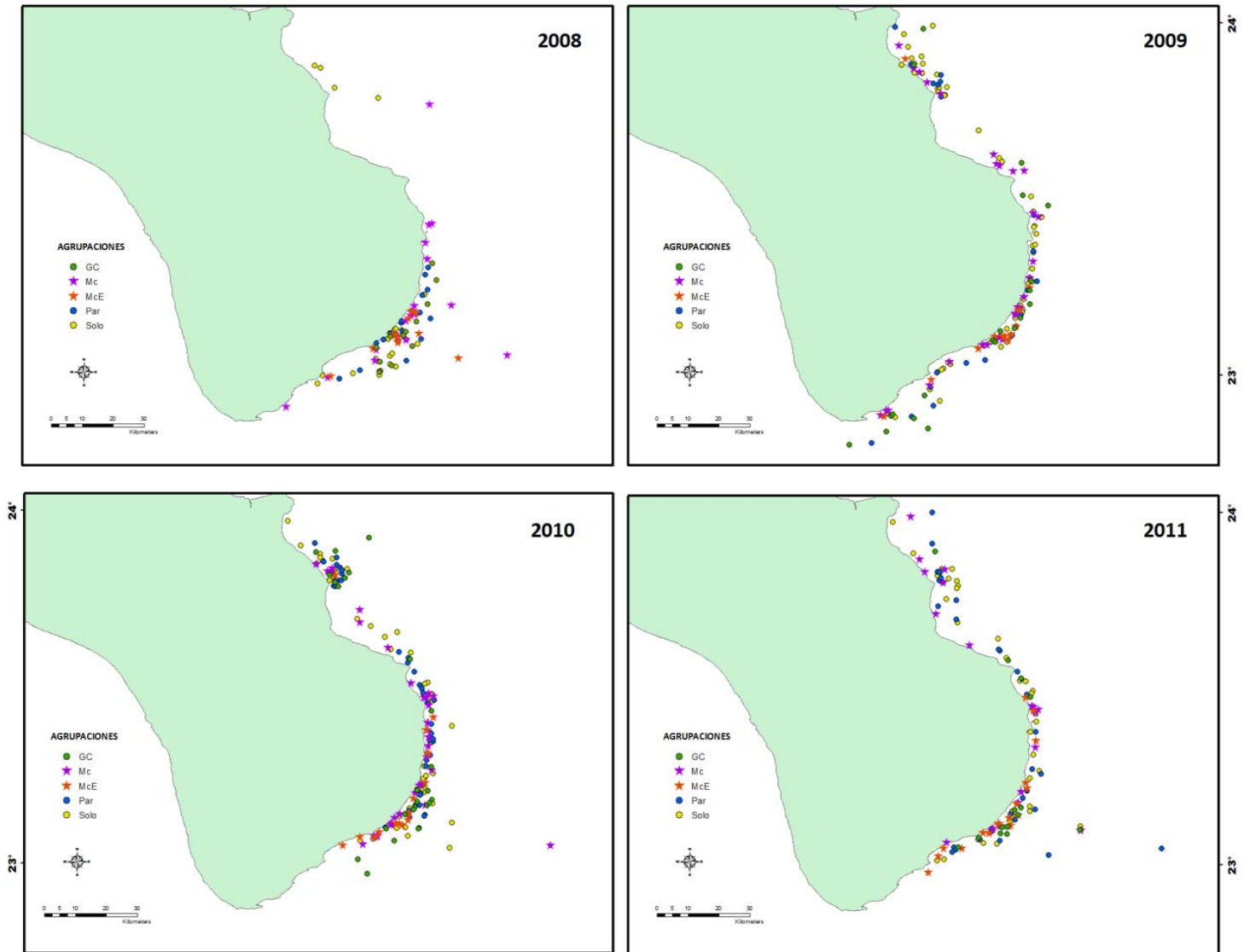


Figura 17B. Avistamientos por cada año del periodo de estudio con clasificación de agrupaciones.



7.3.3. Avistamientos Totales por mes

Se proyectaron los mapas del total de avistamientos observados en los meses de estudio juntos de todos los años (Figura 18), con la intención de identificar inicio y final de las temporadas, clasificando en todas las agrupaciones (Mc, McE, Solo, Par, GC); Se observa que la distribución varía en cada mes de muestreo, conservando la misma área de concentración mayor.

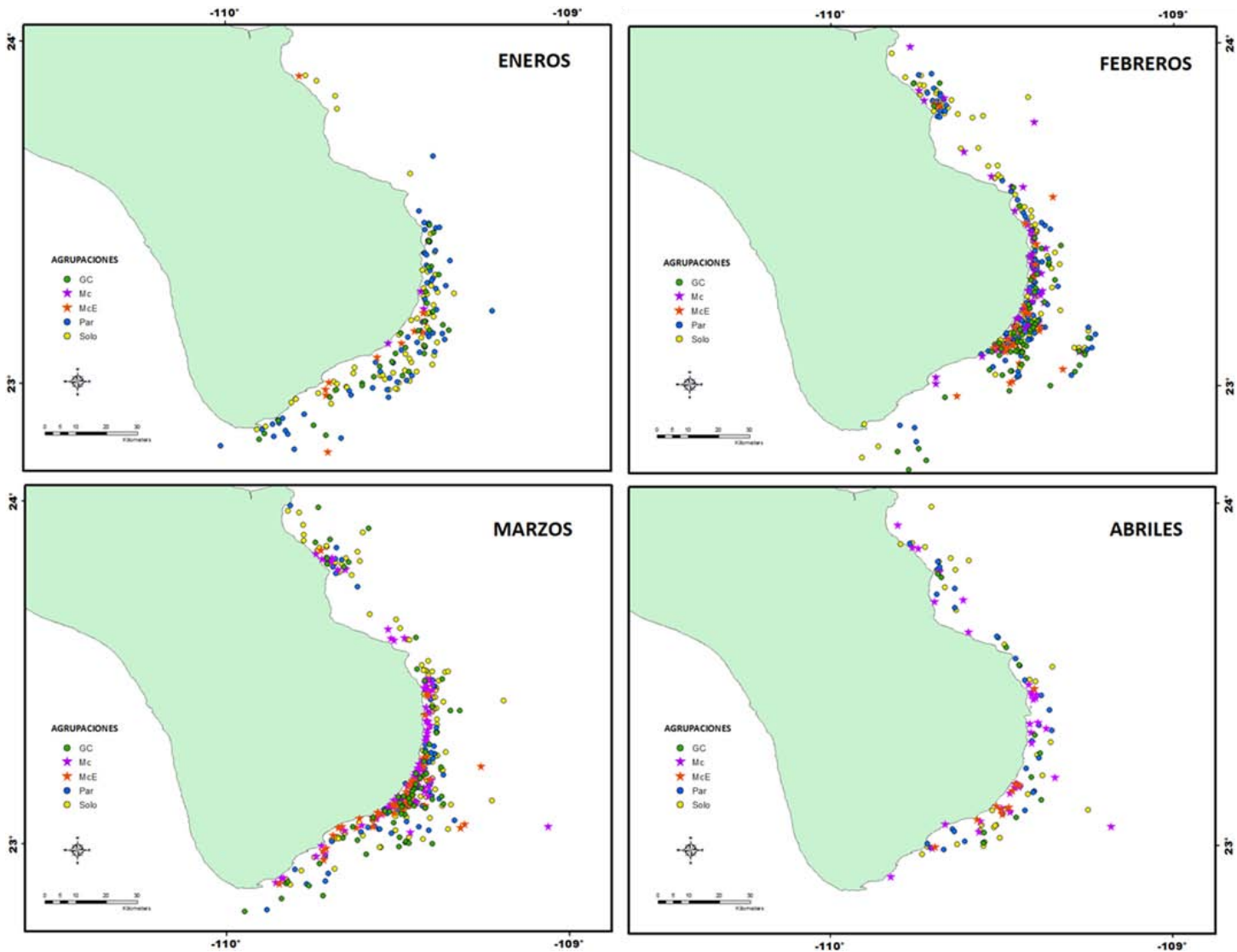


Figura 18. Avistamientos totales por cada mes. Se juntaron los Eneros, Febreros, Marzos y Abriles.



7.3.4. Preferencia de hábitat

Información de los valores por punto para cada una de las variables (Tabla 3). Los valores fueron promediados para cada agrupación.

Tabla 3. Intervalos de preferencias de hábitat de las agrupaciones por mes.

TEMPERATURA								
Agrup/Mes	n	ENERO	n	FEBRERO	n	MARZO	n	ABRIL
SOLO	74	22.49	133	22.24	161	22.31	37	23.65
PAR	64	22.44	150	22.12	78	22.31	36	23.73
Mc	14	22.4	79	22.32	133	22.84	42	24.12
GC	34	22.43	67	22.05	69	22.24	11	23.62

DIST. COSTA								
Agrup/Mes	n	ENERO	n	FEBRERO	n	MARZO	n	ABRIL
SOLO	74	10	133	8.82	161	8.16	37	8.96
PAR	64	10	150	9.2	78	9.36	36	7.66
Mc	14	7.72	79	7.62	133	6.8	42	6.83
GC	34	9.6	67	8.81	69	9.29	11	8.49

BATIMETRÍA								
Agrup/Mes	n	ENERO	n	FEBRERO	n	MARZO	n	ABRIL
SOLO	74	290	133	317	161	232	37	298
PAR	64	408	150	310	78	309	36	235
Mc	14	102	79	122.93	133	105	42	125
GC	34	317	67	532	69	291	11	285

PENDIENTE								
Agrup/Mes	n	ENERO	n	FEBRERO	n	MARZO	n	ABRIL
SOLO	74	4.14	133	3.63	161	3.91	37	3.36
PAR	64	4.54	150	3.63	78	3.84	36	3.95
Mc	14	2.92	79	3.55	133	3.2	42	3.27
GC	34	4.19	67	3.86	69	3.23	11	4.04



Para las pruebas de ANOVA para cada variable, se observa diferencias significativas para TSM [F (3,9)=4.2513, p=0.03961] (Figura 19 A), distancia a la costa [F (3,9)= 12.172, p=0.00161] (Figura 20 C) y batimetría [F (3,9)= 9.9610, p=0.00322] (Figura 21 E), sin embargo para Pendiente [F (3,9)= 3.2558, p=0.07373] no hay (Figura 22 G). En el caso de los meses y las variables, encontramos que existen diferencias significativas para TSM [F (3,12)= 57.176, p=0.000] (Figura 19 B), sin embargo, para distancia a la costa [F (3,12)= 1.2705, p=0.02874] (Figura 20 D), batimetría [F (3,12)= 0.45598, p=0.71797] (Figura 21 F) y pendiente [F (3,12)= 0.57310, p=0.64346] (Figura 22 H) no se observan diferencias significativas.

En la prueba *a posteriori* en el caso de las Temperaturas por agrupación, se observa que las que se muestran diferentes son las Mc (Anexo 5), y en cuanto a Temperatura de los meses, abril se muestra diferente a los demás (Anexo 6). Para Distancia a la Costa, también las Mc son significativamente diferentes (Anexo 7) y para los meses (como ya lo vimos en las ANOVAS) no hay diferencias (Anexo 8). En cuanto a Batimetría y agrupaciones, Mc es significativamente diferente (Anexo 9) y en meses no hay diferencias (Anexo X). Para Pendiente, como observamos en las ANOVAS, no existen diferencias significativas ni en agrupaciones ni en meses (Anexo 11 y 12).

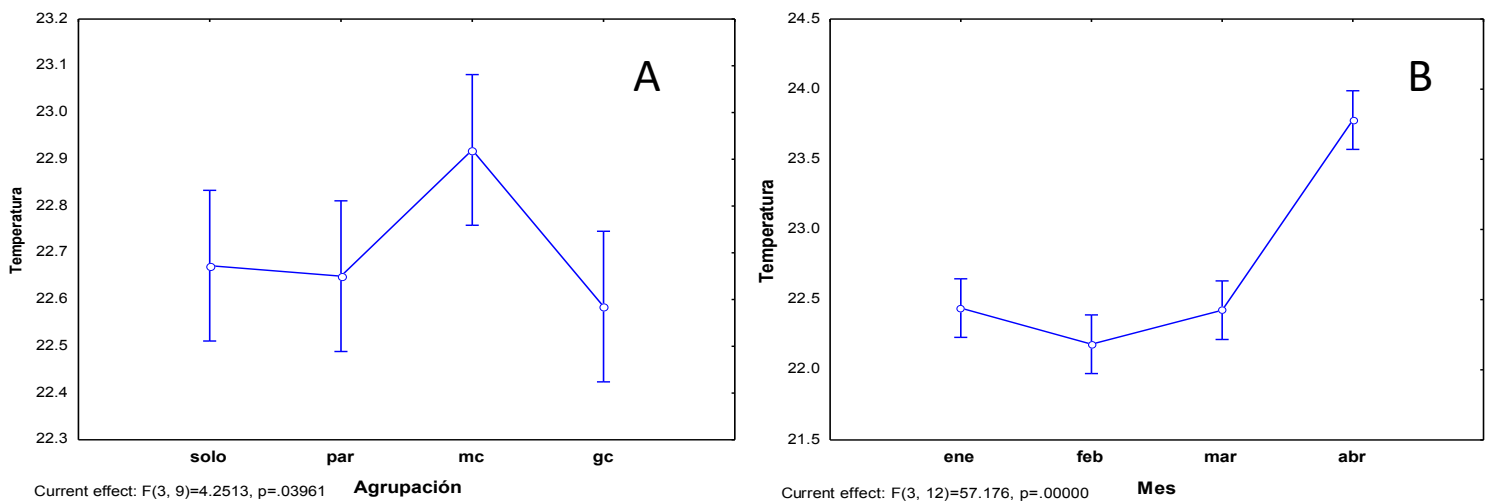


Figura 19. A) Prueba ANOVA agrupaciones. B) Prueba de ANOVA para meses.

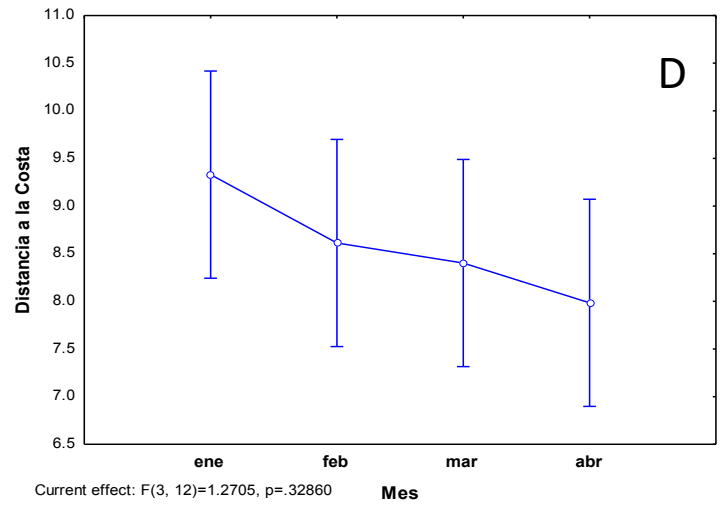
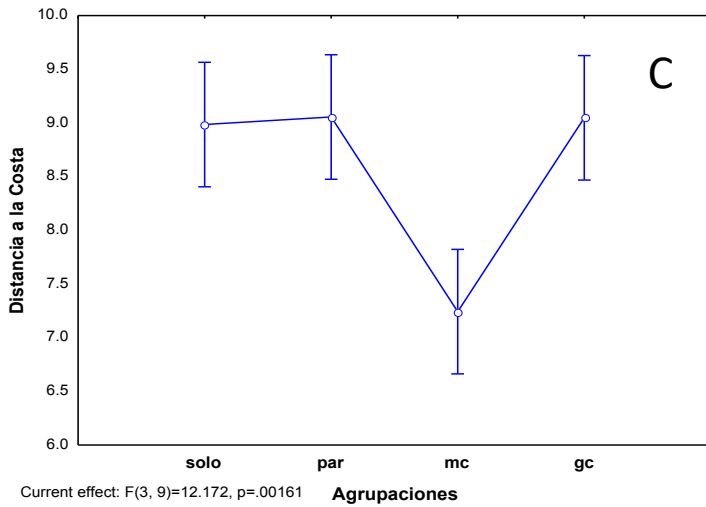


Figura 20. C) Prueba ANOVA para agrupaciones. D) Prueba de ANOVA para meses.

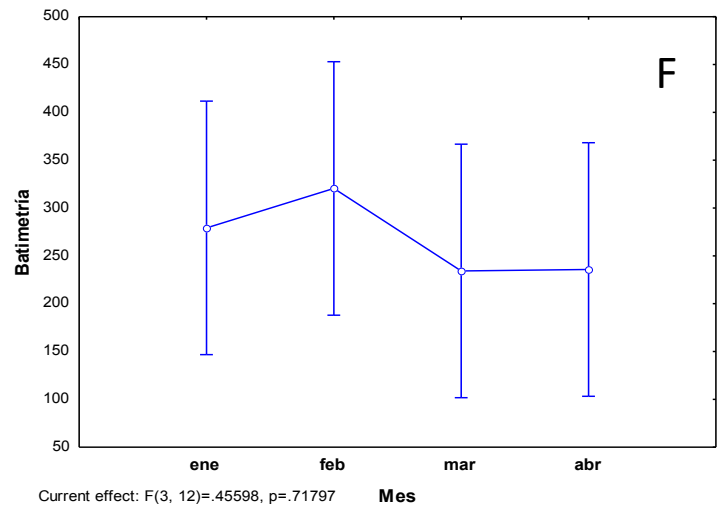
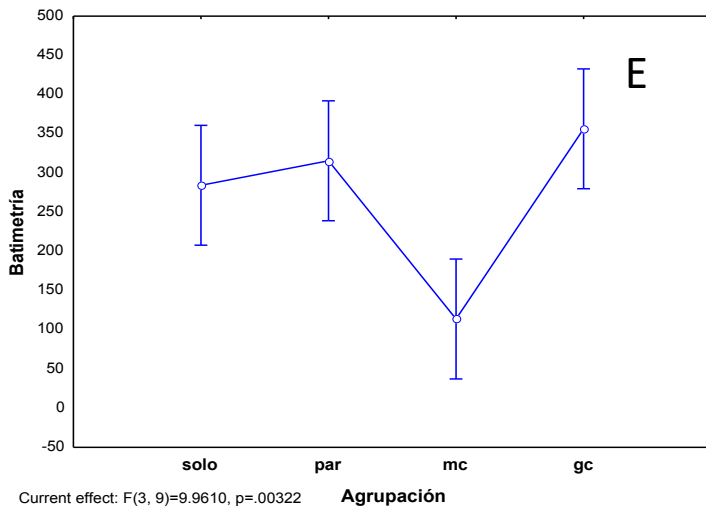


Figura 21. E) Prueba ANOVA para agrupaciones. F) Prueba de ANOVA para meses.

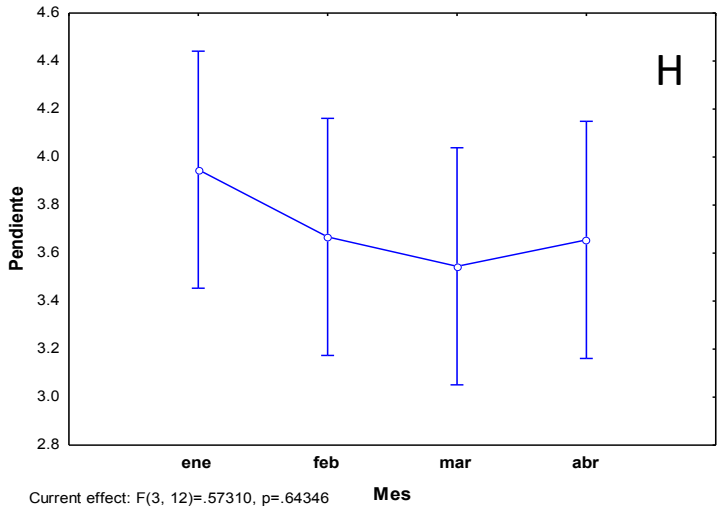
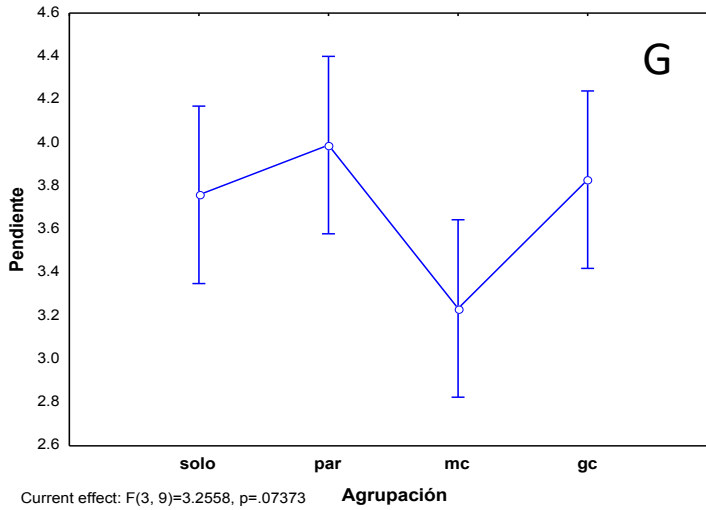


Figura 22. G) Prueba ANOVA para agrupaciones. H) Prueba de ANOVA para meses.



7.4. MODELOS DE LA DISTRIBUCIÓN. ÁREAS DE CONCENTRACIÓN.

7.4.1. Predicción de Todos los Años para Mc y Agrupaciones sin cría

Para la predicción de **Mc**, el modelo arrojó que la mayor probabilidad de presencia (0.8-0.9) (Figura 23 A) comprende toda la costa de la zona de estudio (aproximadamente 8 km de la costa hacia mar adentro) desde el Pacífico hasta el Golfo. En cuanto a los porcentajes de contribución de cada una de las variables al modelo (Tabla 5 - 1), la que más contribuye es Distancia a la Costa con 46.4 % y la que menos afecta a la distribución de las Mc en este modelo fue Batimetría (0).

Para la predicción **Agrupaciones sin cría**, el modelo arrojó que la mayor probabilidad de presencia (0.7-0.8) se observa en toda la costa de la zona de estudio (Figura 23 B), aproximadamente de unos 14 km de la costa hacia mar adentro del Pacífico al Golfo.

En cuanto a los porcentajes de contribución de cada una de las variables al modelo (Tabla 4 - 2), la variable que más contribuye al modelo es Temperatura con el 42.2 %, y la que menos afecta es Batimetría con 1.6 %.

(Resultados de AUC y curvas de respuesta en los Anexos 13 y 14)

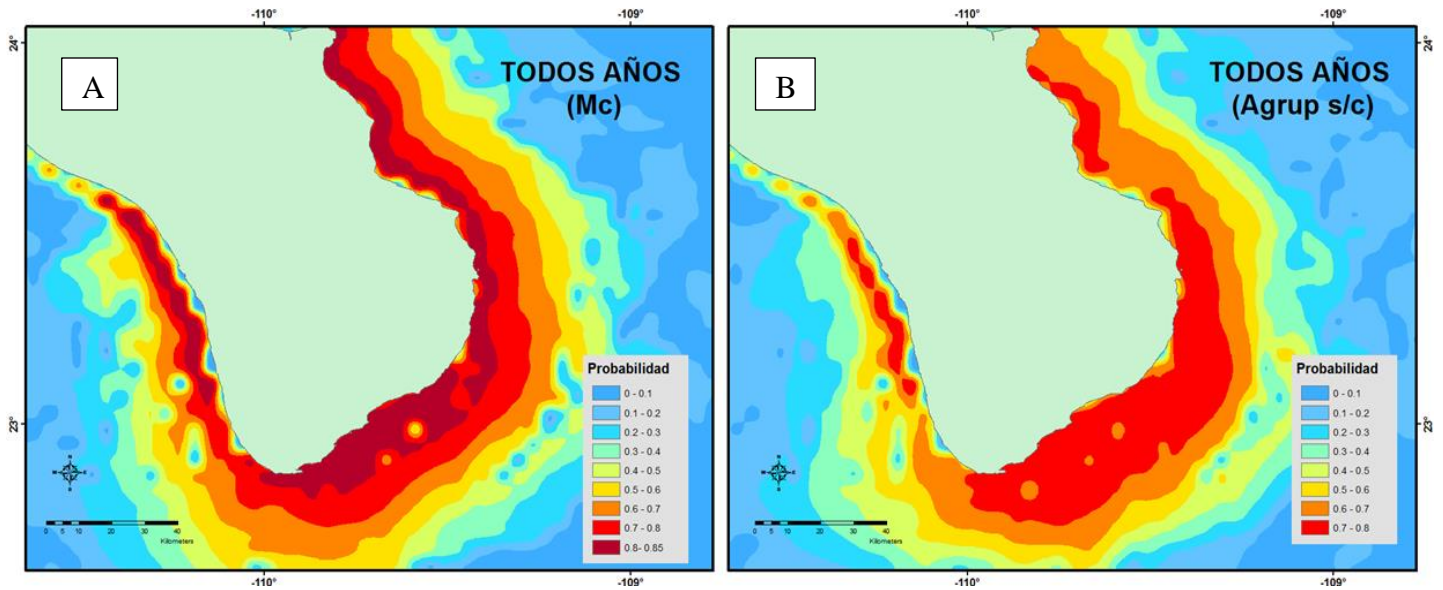


Figura 23. Predicción de la distribución para Mc (A) y Agrupaciones sin cría (B) para todos los años del periodo de estudio. La probabilidad más alta para determinar el hábitat más adecuado y mayor ocurrencia de ballenas se indica con el color vino (A) y rojo brillante (B).

Tabla 4. Porcentajes de contribución de las variables a los modelos: 1) Todos los Años Mc y 2) Para modelo de Todos los Años Agrupación sin cría.

Variable	Porcentaje de Contribución
Dist. A Costa	46.4
Temperatura	36.1
Pendiente	17.5
Batimetría	0

Variable	Porcentaje de Contribución
Temperatura	42.2
Dist. A Costa	38.2
Pendiente	17.9
Batimetría	1.6

7.4.2. Predicción de Mc en los meses febreros, marzos y abril.

Los modelos de los meses de estudio fueron desarrollados para conocer los sitios de mayor probabilidad de presencia al principio y final de temporada con las diferentes variables.

Para la predicción de **febreros**, el modelo arrojó que la mayor probabilidad de presencia (0.8-0.83) se observa (Figura 24 A) muy pegada a la costa de la zona de estudio pero ubicándose mayormente en Cabo San Lucas y en el Cardoncito (área de mayor concentración).



En cuanto a los porcentajes de contribución de cada una de las variables al modelo (Tabla 6 - 1), resultó que la variable que más contribuye al modelo es Distancia a la Costa con 80.9 % y al parecer, la que menos afecta a las Mc en este modelo fue Batimetría (1.8).

Para la predicción de **marzos**, el modelo arrojó que la mayor probabilidad de presencia (0.7-0.8) se observa (Figura 24 B) pegada a la costa, entre Cabo San Lucas y San José del Cabo y la zona de mayor concentración (Cardoncito) y un hacia Los Frailes.

En cuanto a los porcentajes de contribución de cada una de las variables al modelo (Tabla 6 - 2), resultó que la variable que más contribuye al modelo es Distancia a la Costa con 41.7 % y la que menos afecta a la distribución de las Mc en este modelo fue Batimetría con 9.7 %.

Para la predicción de **abriles**, el modelo arrojó que la mayor probabilidad de presencia (0.7-0.8) se observa (Figura 24 C) muy pegada a la costa de la zona de estudio pero ubicándose mayormente entre San José del Cabo y en el Cardoncito (área de mayor concentración), y se extiende hacia Ensenada de Muertos pasando por Los Frailes. En cuanto a los porcentajes de contribución de cada una de las variables al modelo (Tabla 5 - 3), resultó que la variable que más contribuye al modelo es Distancia a la Costa con 70.2 % y al parecer, la que menos afecta a la distribución de las Mc en este modelo fue Batimetría de 4.5 %.

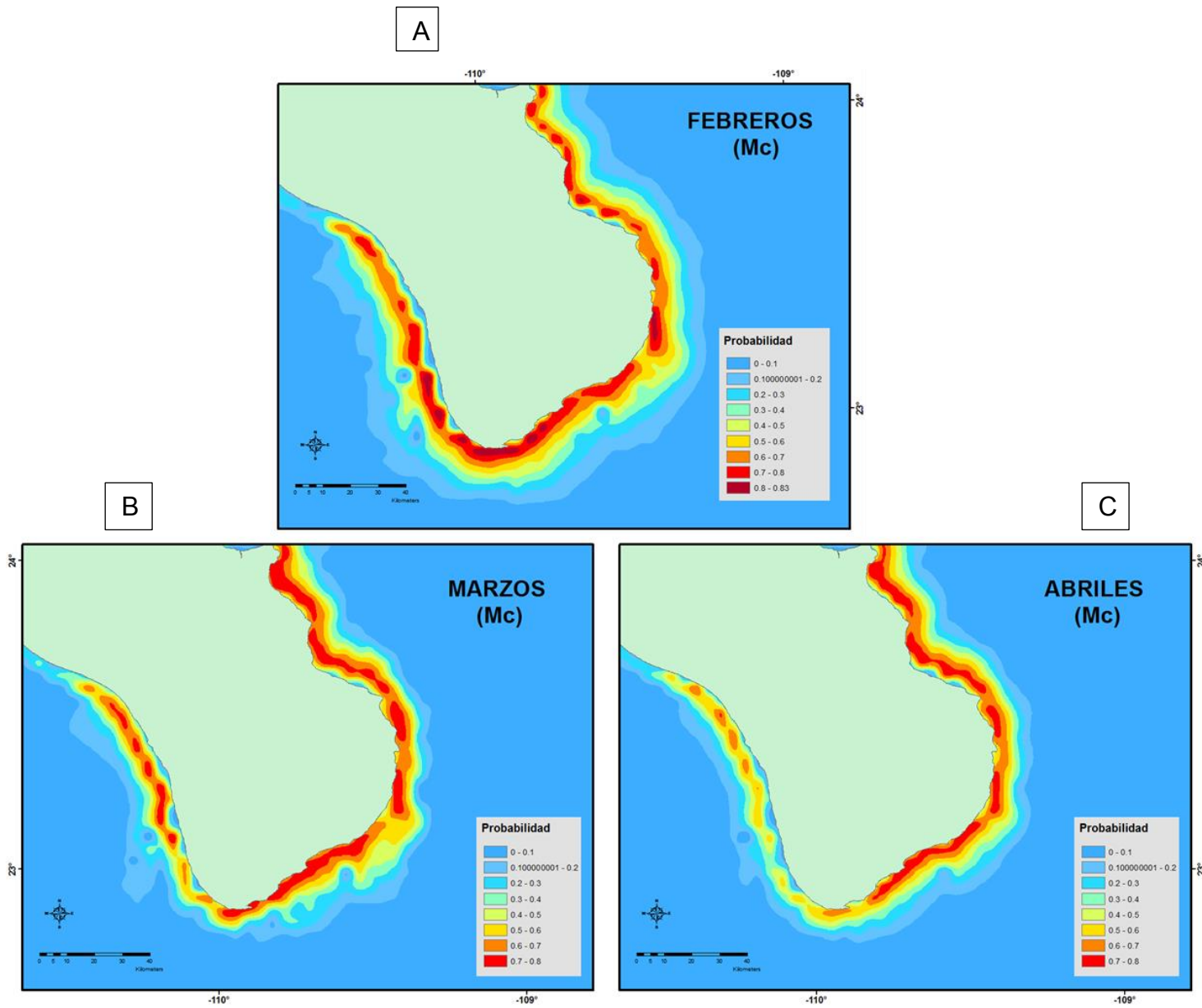


Figura 24. Predicción de la distribución para Mc, para los meses: (A) Febreros, (B) Marzos y (C) Abriles. La probabilidad más alta para determinar el hábitat más adecuado y mayor ocurrencia de ballenas se indica con el color vino (A) y rojo brillante (B y C).



Tabla 5. Porcentajes de contribución: 1) Febreros Mc y 2) Marzos Mc y 3) Abriles Mc.

Variable	Porcentaje de Contribución	1
Dist. A Costa	80.9	
Pendiente	13.3	
Temperatura	4	
Batimetria	1.8	

Variable	Porcentaje de Contribución	2
Dist. A Costa	41.7	
Temperatura	35.5	
Pendiente	13.2	
Batimetria	9.7	

Variable	Porcentaje de Contribución	3
Dist. A Costa	70.2	
Temperatura	16	
Pendiente	9.3	
Batimetria	4.5	



7.4.3. Predicción de Agrupaciones sin cría en los meses enero, febrero, marzo y abril

Para la predicción de **enero**, el modelo arrojó que la mayor probabilidad de presencia (0.7-0.8) se observa (Figura 25 A) desde el Pacífico, (despegadas de la costa), hasta la zona de mayor concentración (El Cardoncito). En cuanto a los porcentajes de contribución de cada una de las variables al modelo (Tabla 7-1), resultó que la variable que más contribuye al modelo es Distancia a la Costa con 42.4 % y la que menos afecta a la distribución en este modelo fue Batimetría con 7.6 %.

Para la predicción de **febrero**, el modelo arrojó que la mayor probabilidad de presencia (0.8-0.83) se observa (Figura 25 B) pegada a la costa, en manchas pequeñas en San José del Cabo y la zona de mayor concentración (Cardoncito). En cuanto a los porcentajes de contribución de cada una de las variables al modelo (Tabla 7- 2), resultó que la variable que más contribuye al modelo es Distancia a la Costa con 64.9 % y la que menos afecta a la distribución en este modelo fue Batimetría con 0.4 %.

Para la predicción de **marzo**, el modelo arrojó que la mayor probabilidad de presencia (0.7-0.8) se observa en una distribución (Figura 25 C) relativamente pegada a la costa, presentándose en manchas pequeñas en Cabo San Lucas y el Cardoncito (área de mayor concentración). En cuanto a los porcentajes de contribución de cada una de las variables al modelo (Tabla 7 - 3), resultó que la variable que más contribuye al modelo es Distancia a la Costa con 83% y al parecer, la que menos afecta a la distribución en este modelo fue Batimetría 0.8 %.

Para la predicción de **abril**, el modelo arrojó que la mayor probabilidad de presencia (0.7-0.8) se observa en una distribución (Figura 25 D) no pegada a la costa, concentrándose en Cabo San Lucas, la zona de mayor concentración (Cardoncito), un poco hacia Los Frailes y Ensenada de Muertos. En cuanto a los porcentajes de contribución de cada una de las variables al modelo (Tabla 6 - 4), resultó que la variable que más contribuye al modelo es Distancia a la Costa con



67.1 % y al parecer, la que menos afecta a la distribución en este modelo fue Batimetría con 6.8 %. (Resultados de AUC y curvas de respuesta en los Anexos 13 y 14)

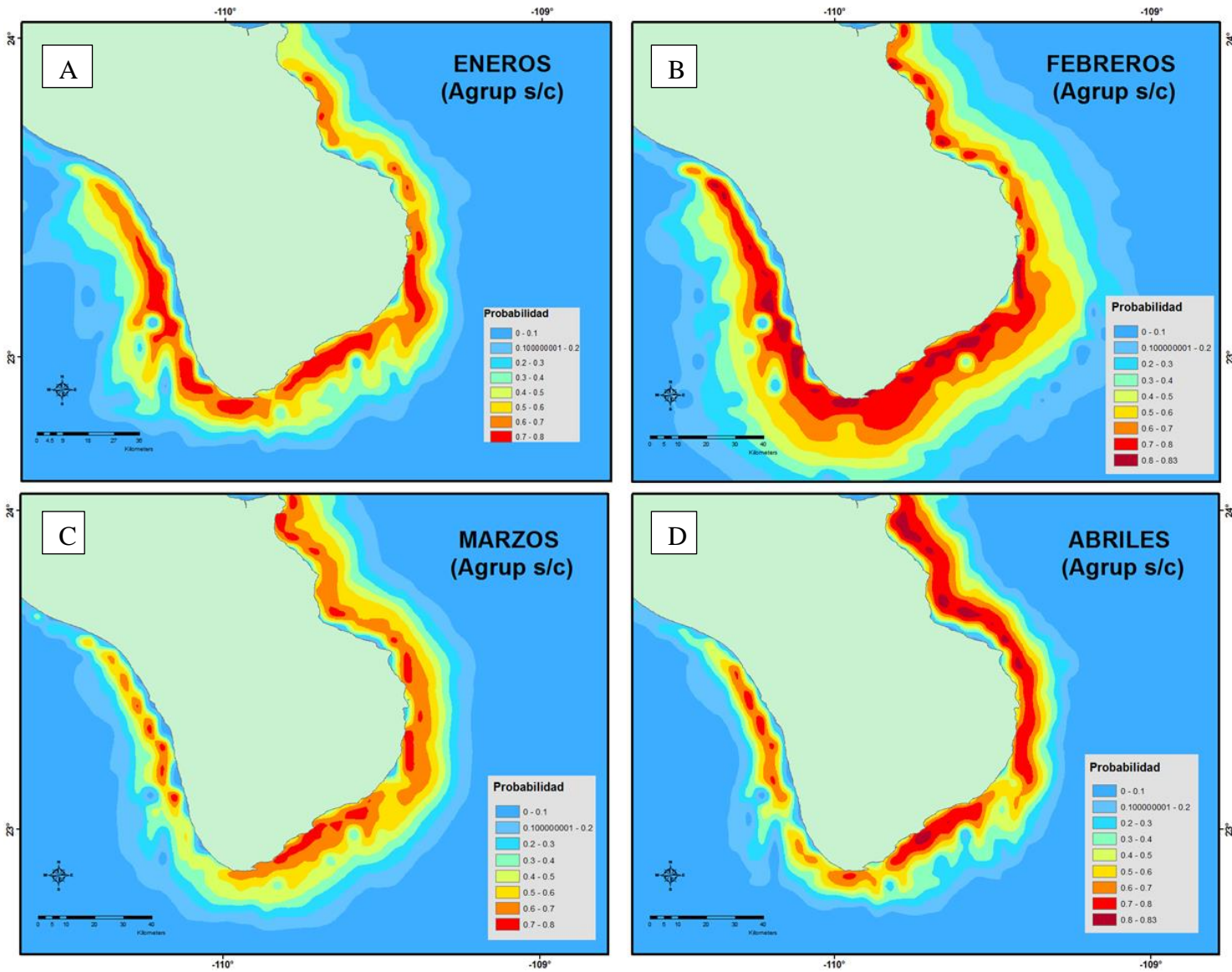


Figura 25. Predicción de la distribución para Mc, para los meses: (A) Enero, (B) Febrero, (C) Marzo y (D) Abril. La probabilidad más alta para determinar el hábitat más adecuado y mayor ocurrencia de ballenas se indica con el color vino (B y D) y rojo brillante (A y C).



Tabla 6. Porcentajes de contribución de los modelos: 1) Enero Agrup sin cría. 2) Febreros Agrup sin cría, 3) Marzos Agrup sin cría y 4) Abriles Agrup sin cría.

Variable	Porcentaje de Contribución	1	Variable	Porcentaje de Contribución	2
Dist. A Costa	42.4		Dist. A Costa	64.9	
Temperatura	32.5		Temperatura	18.6	
Pendiente	17.5		Pendiente	16	
Batimetria	7.6		Batimetria	0.4	

Variable	Porcentaje de Contribución	3	Variable	Porcentaje de Contribución	4
Dist. A Costa	53		Dist. A Costa	67.1	
Temperatura	33.1		Temperatura	13.2	
Pendiente	13.1		Pendiente	12.9	
Batimetria	0.8		Batimetria	6.8	



7.4.4. Predicción de Madres con cría y Agrupaciones sin cría de los años 2008 (Frío) y 2010 (Cálido)

Mc

Para la predicción de los años considerados más caliente (2010) o más frío (2008) para madres con cría, el modelo arrojó para 2008 que la mayor probabilidad de presencia (0.8-0.94) se observa (Figura 26 A) pegada a la costa, desde Todos Santos (Pacífico), concentrándose desde Cabo San Lucas (lado del Pacífico) hasta la zona de mayor concentración (Cardoncito), y con un área de 10 Km (aprox.) desde la costa hacia mar abierto, pasando por Los Frailes y Cabo Pulmo, y observándose hasta Ensenada de Muertos. Para 2010, el modelo arrojó que la mayor probabilidad de presencia (0.7-0.84), se observa en una distribución (Figura 26 B) muy pegada a la costa, rodeando por completo la zona de estudio, pero en menor medida en Cabo San Lucas.

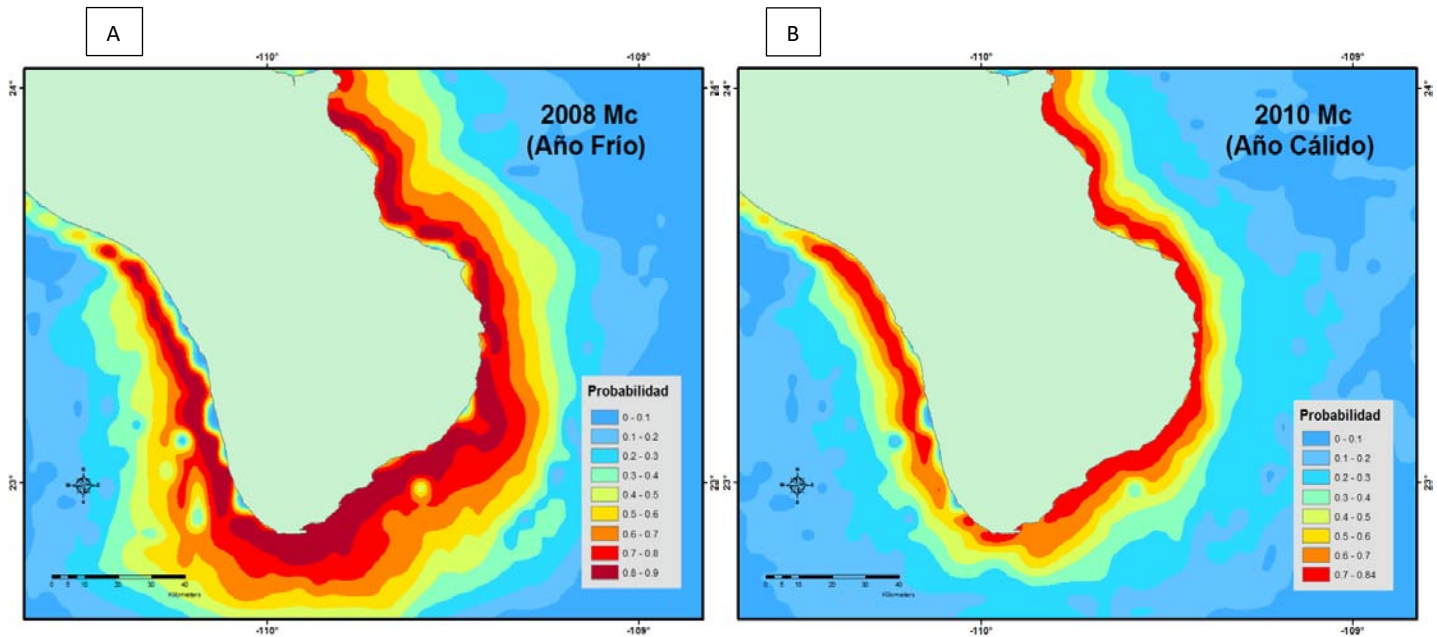


Figura 26. Predicción de la distribución para Mc, para los años 2008 frío (A) y para 2010 Cálido (B). La probabilidad más alta para determinar el hábitat más adecuado y mayor ocurrencia de ballenas se indica con el color vino (A) y rojo brillante (B).



Para conocer lo que sucedía en las otras zonas de reproducción de la ballena jorobada en el Pacífico mexicano, se tomaron en cuenta dichas zonas en el modelo con un área más amplia. Observamos que, a pesar de que en los años cálidos y fríos, su distribución varía en cuanto a que tan pegadas a la costa se encuentran, para las Mc siguen manteniendo sus zonas de reproducción, que son las Islas Revillagigedo (Colima) y Bahía de Banderas (Nayarit) (Figura 27).

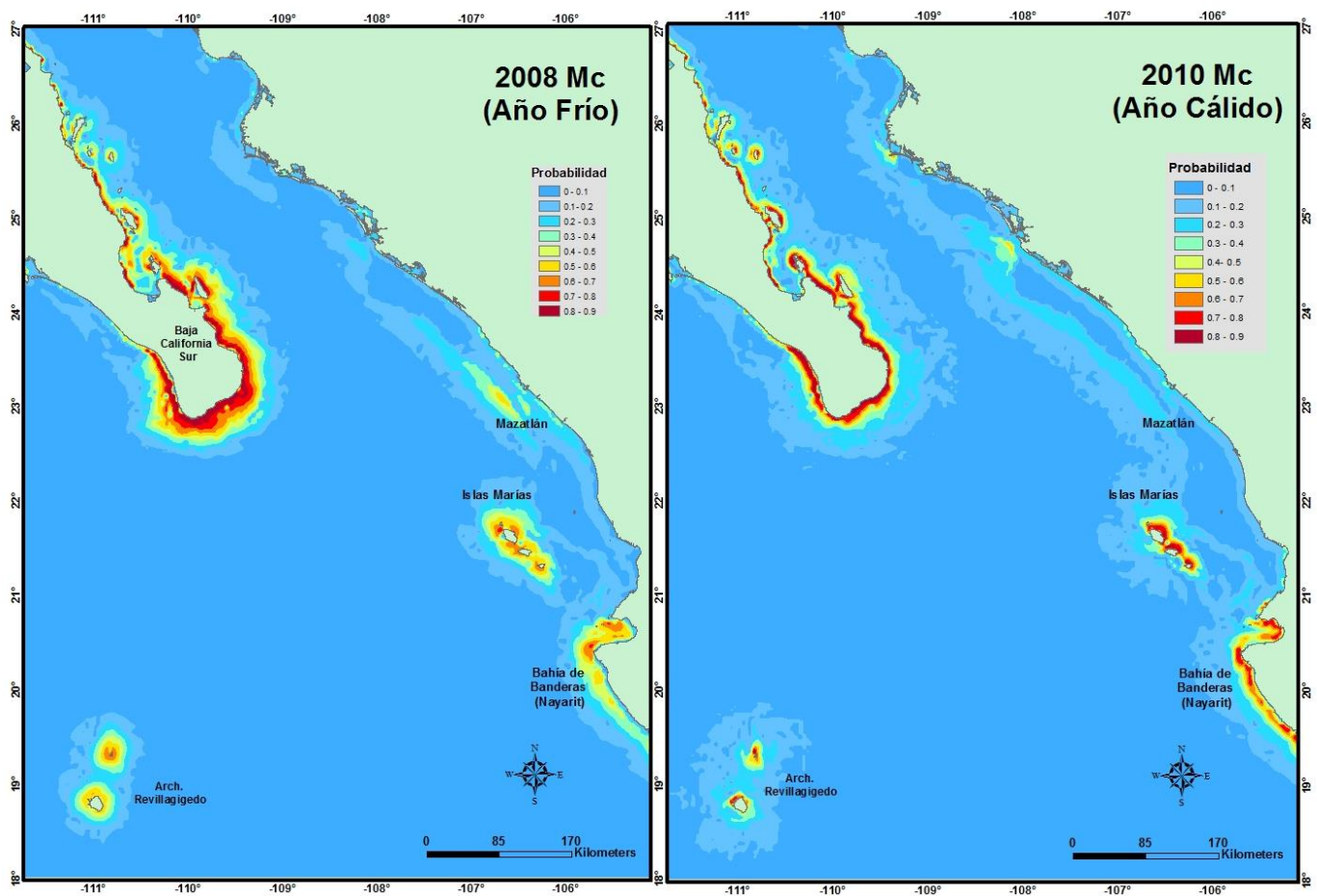


Figura 27. Predicción de la distribución para Mc, para los años 2008 frío y 2010 Cálido con un área de estudio más amplia. La probabilidad más alta para determinar el hábitat más adecuado y mayor ocurrencia de ballenas se indica con el color vino y rojo brillante.



En cuanto a los porcentajes de contribución de cada una de las variables al modelo de 2008 (Tabla 8 - 1), resultó que la variable que más contribuye al modelo es Distancia a la Costa con 60.8 % y la que menos afecta es Batimetría con 2.9 %. Los porcentajes de contribución de las variables para el modelo de 2010 (Tabla 7 - 2), la variable de mayor contribución fue también Distancia a la Costa con 49.1 % y la que menos afecta es también Batimetría con 0.7 %. (Resultados de AUC y curvas de respuesta en los Anexos 13 y 14)

Tabla 7. Porcentajes de contribución de los modelos: 1) 2008 Mc y 2) 2010 Mc.

Variable	Porcentaje de Contribución <input type="text" value="1"/>	Variable	Porcentaje de Contribución <input type="text" value="2"/>
Dist. A Costa	43.4	Dist. A Costa	49.1
Temperatura	39.7	Temperatura	36
Pendiente	13.1	Pendiente	14.2
Batimetría	3.8	Batimetría	0.7

Agrupación Sin Cría

Para la predicción de los años considerados más caliente (2010) o más frío (2008) para agrupaciones sin cría, el modelo arrojó para 2008 que la mayor probabilidad de presencia (0.7-0.8) se observa (Figura 28 A) pegada a la costa, muy amplia, desde Todos Santos pasando por San José del Cabo, Cardoncito hasta Ensenada de Muertos, con un área amplia de aprox. 15 Km desde la costa hacia mar abierto. Para 2010, el modelo arrojó que la mayor probabilidad de presencia (0.7-0.82), se observa en una distribución (Figura 28 B) muy pegada a la costa, rodeando por completo la zona de estudio.

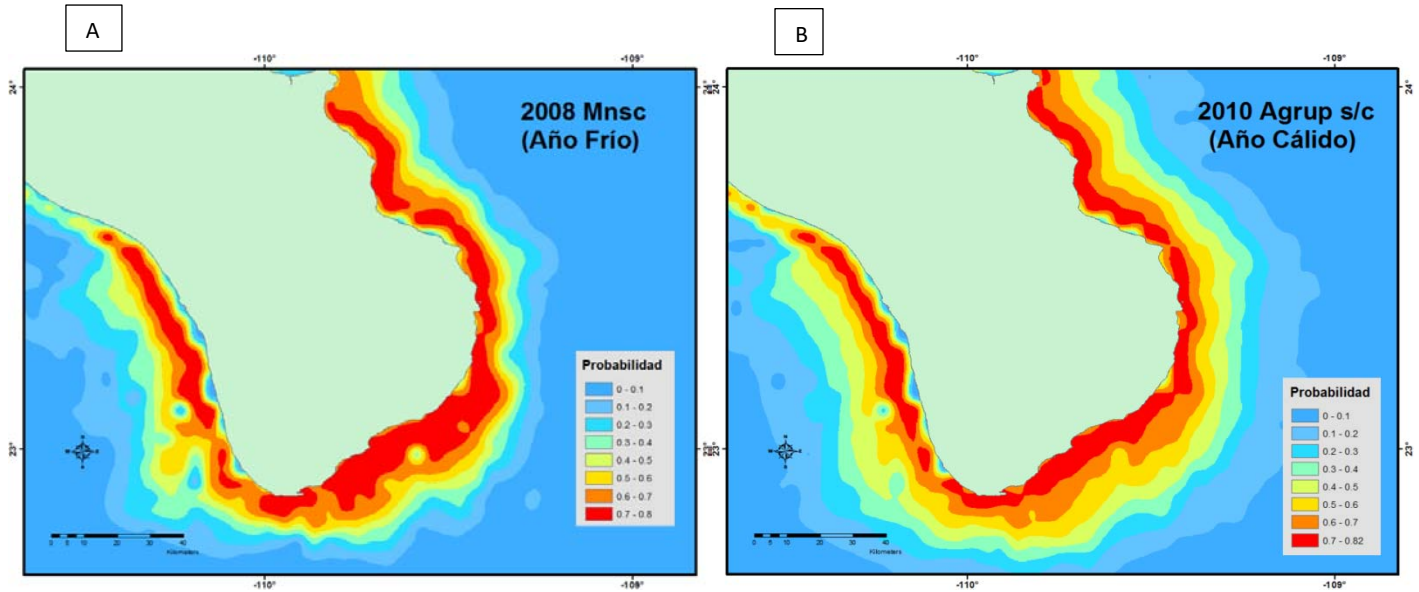


Figura 28. Predicción de la distribución para Mc, para los meses: (A) 2008 Agrup sin cría y (B) 2010 Agrup sin cría. La probabilidad más alta para determinar el hábitat más adecuado y mayor ocurrencia de ballenas se indica con el color rojo brillante para ambos modelos.

Parecido a lo que observamos en las otras zonas de reproducción de la ballena jorobada en el Pacífico mexicano tomando en cuenta el modelo con un área más amplia observamos que, como sucede con las Mc, en años cálidos y fríos su distribución varía en cuanto a que tan pegadas a la costa se encuentran, sin embargo y a diferencia con las Mc, las Agrupaciones sin cría (MnsC), cambian su distribución más hacia el norte, en busca de zonas con temperaturas similares a las que normalmente encuentran en años sin variación marcada de temperatura y en años fríos, lo que significa una menor distribución en las Islas Revillagigedo (Colima) y en Bahía de Banderas (Nayarit) (Figura 29).

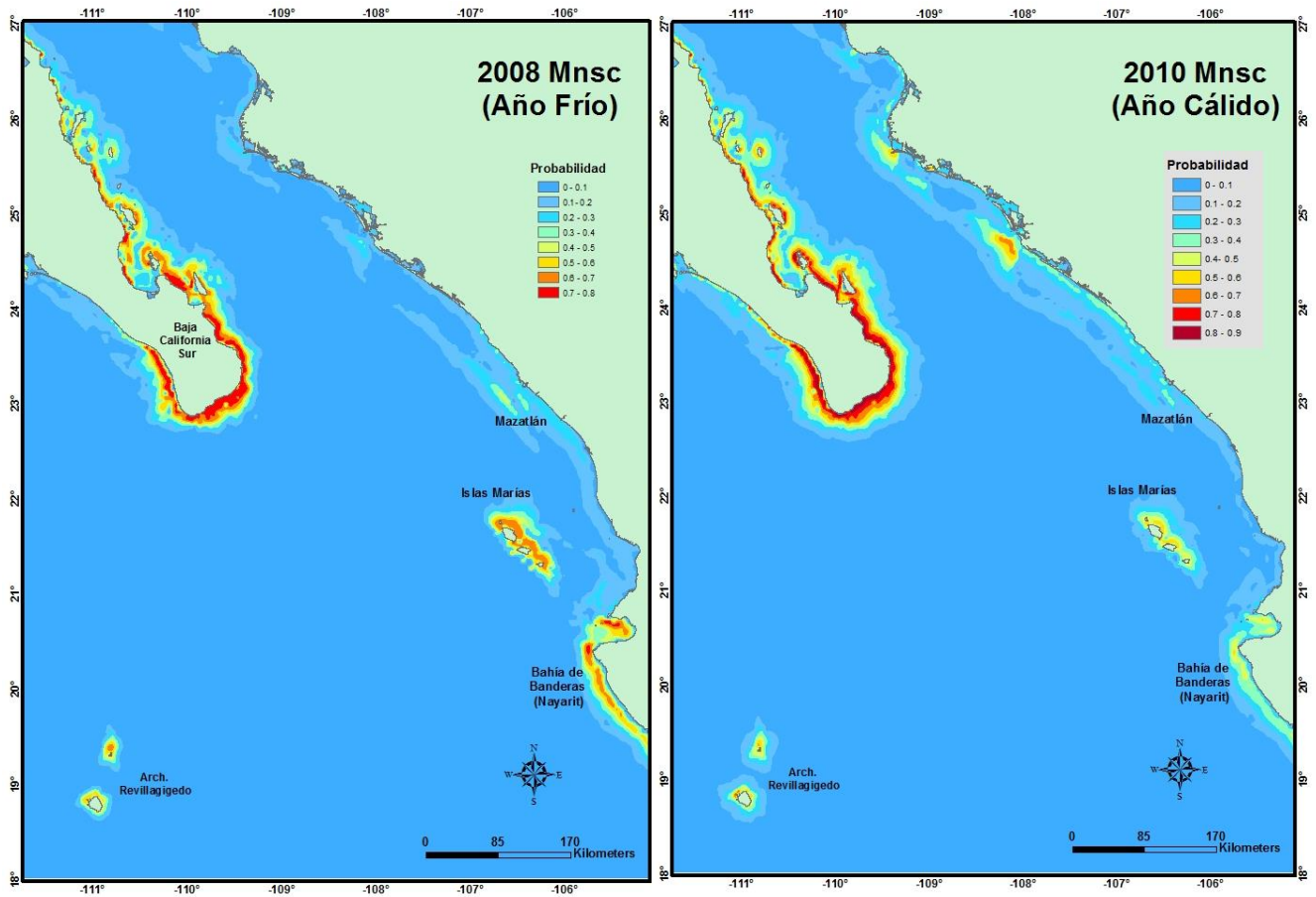


Figura 29. Predicción de la distribución para Mc, para los meses: 2008 Agrup sin cría y 2010 Agrup sin cría con una distribución más amplia. La probabilidad más alta para determinar el hábitat más adecuado y mayor ocurrencia de ballenas se indica con el color vino y rojo brillante.



En cuanto a los porcentajes de contribución de cada una de las variables al modelo de 2008 agrupaciones sin cría (Tabla 9 - 1), resultó que la variable que más contribuye al modelo es Batimetría con 54.2 % y la que menos afecta es Pendiente con 13.7 %. Los porcentajes de contribución de las variables para el modelo de 2010 agrupaciones sin cría (Tabla 8 - 2), la variable de mayor contribución fue Distancia a la Costa con 57 % y la que menos afecta es Batimetría con 1.7 %. (Resultados de AUC y curvas de respuesta en los Anexos 13 y 14)

Tabla 8. Porcentajes de contribución de los modelos: 1) 2008 Agrup sin cría y 2) 2010 Agrup sin cría.

Variable	Porcentaje de Contribución	1
Dist. A Costa	38.3	
Batimetría	26.8	
Temperatura	23.3	
Pendiente	11.6	

Variable	Porcentaje de Contribución	2
Dist. A Costa	57	
Temperatura	28.9	
Pendiente	12.4	
Batimetría	1.7	



7.4.5. Zonas de concentración

Se obtuvo el siguiente mapa (Figura 30) haciendo un traslape de la distribución espacio-temporal y los modelos de idoneidad de hábitat:

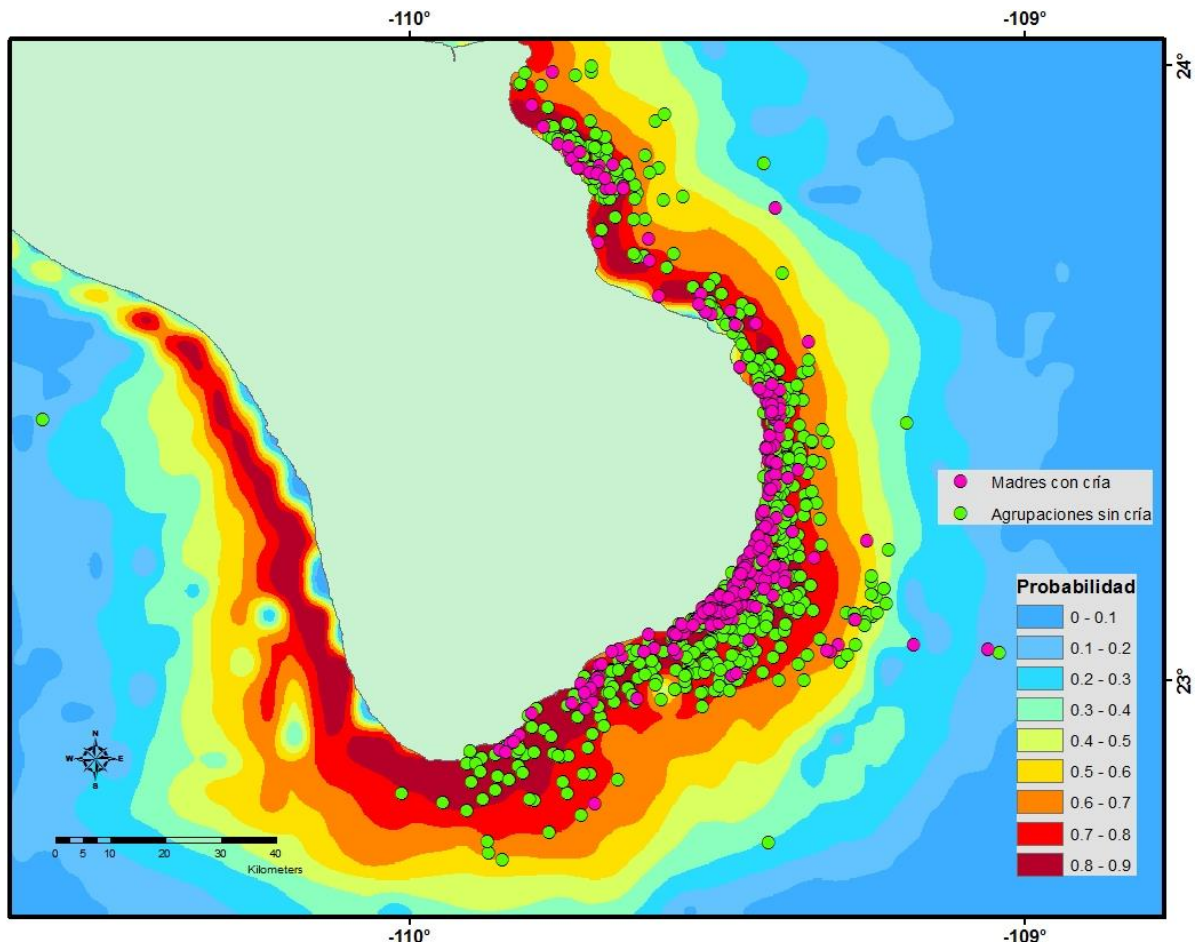


Figura 30. Mapa de espacio – temporalidad total y probabilidad total.



Con el cual, se pudieron establecer 3 principales zonas de concentración de la ballena jorobada (Figura 31):

- 1) Zona de Mayor concentración. Esta zona abarca desde Cabo Pulmo hasta San José del Cabo.
- 2) Zona de Concentración Media. Esta zona abarca desde Todos Santos (Pacífico) hasta San José del Cabo y vuelve a aparecer de Ensenada de Muertos hasta Los Barriles.
- 3) Zona de Menor concentración. Esta zona abarca desde Los Barriles a Punta Arena.

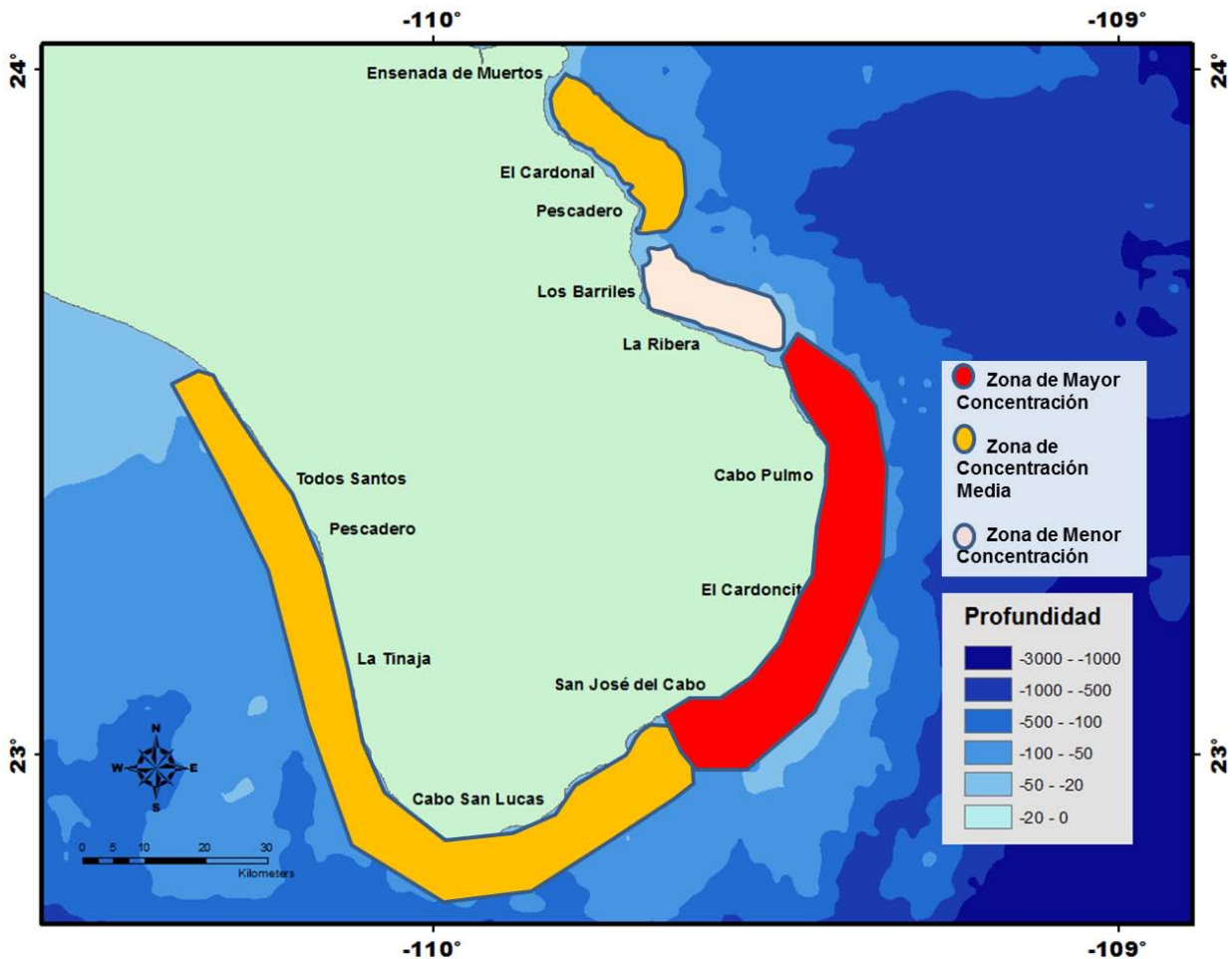


Figura 31. Ubicación de las áreas de concentración de la ballena jorobada en Los Cabos.



8. DISCUSIÓN

El esfuerzo en campo de las diferentes temporadas invernales no fue siempre el mismo, ya que dependió del proyecto en puerta con respecto al recurso con el que se contaba, de las diferencias en observaciones humanas, cambios climáticos y distintas embarcaciones. En algunos meses no hubo esfuerzo de campo, por lo cual se ponderó el efecto del esfuerzo al promediar las horas de navegación y eliminar el sesgo. Los años y meses con mayor esfuerzo (2004-2006) son en los que estuvo presente el proyecto SPLASH, en el cual hubo un esfuerzo máximo para el estudio de la ballena jorobada en todo el Pacífico Norte (Calambokidis *et al.*, 2008).

Abundancia Relativa (AR)

AR por años

Los cambios observados en el periodo de estudio fueron asociados al influjo de condiciones climáticas anómalas observadas en la temperatura superficial del mar por parte del Índice Oceánico del Niño. De acuerdo a nuestra convención de años normales, cálidos y fríos, observamos que 2004 (Gráfica 6A), fue el año con una AR menor, lo cual es importante resaltar, ya que es el año con mayor esfuerzo en campo y considerado con temperatura normal (22.19°C). Salinas (1999) comenta que su año de estudio con menor índice de abundancia relativa fue 1989, el cual asocia con el fenómeno de la Niña de ese año con temperaturas frías (20°C), pero sus años con el fenómeno del Niño (1991-1993) presentaron un promedio de temperatura de 23.5°C, acompañados con un aumento en su IAR. En nuestro caso, observamos que el año con mayor AR fue el 2011, considerado frío (21.51°C), sin embargo, el año más cálido del estudio (2010 = 23.56°C) presentó una AR inferior a los años anteriores, lo cual indica que en la zona de Los Cabos, se encuentran más ballenas cuando el agua se mantiene fría. En el caso de



Salinas (1999) se presentó menor IAR porque 20°C es una TSM demasiado fría para las ballenas jorobadas.

Estructura de grupos dentro de los años

De acuerdo a los cambios observados a lo largo de los años, las agrupaciones presentan diferente AR (Figura 12). Los agrupaciones sin cría (solos, par, grupos de competencia) presentan la mayor variación de AR de un año a otro, dejando ver que la fluctuación en las TSM les afecta, todo lo contrario a las agrupaciones con cría (Mc y McE) que permanecen constantes, dejando en claro que lo que importa es el área de crianza.

AR por mes

Los resultados nos indican que la agrupación más abundante a principio de temporada son los solos, que van incrementando sus números conforme va pasando la temporada, para llegar a su pico máximo de abundancia en febrero, que va de acuerdo a lo establecido por Urbán y Aguayo (1987). Para las madres con cría (Mc) y madres con cría y escolta (McE) es distinto, ya que comienzan con números casi nulos que van incrementándose, hasta marzo que es su pico y se mantienen para abril, lo cual va de acuerdo con lo planteado por Dawbin (1966), así como Clapham *et al* (1992), en donde afirman que las ballenas jorobadas llegan a destiempo a sus sitios de reproducción dependiendo de la agrupación, en donde las primeras en llegar son las hembras al final de la lactancia acompañadas por añeros destetados. Posteriormente llegan los machos inmaduros y las hembras no preñadas. Finalmente, llegan las hembras en preñez avanzada.

Para su regreso, las primeras en migrar son las hembras recién preñadas seguidas por los animales inmaduros. Posteriormente los siguen las hembras no preñadas y los machos maduros y finalmente las hembras en lactación temprana. Las hembras lactantes y sus crías pasan aproximadamente dos meses menos en aguas frías de los lugares de alimentación que las hembras preñadas. Los solos y pares presentaron una diferencia significativa con respecto a las demás, dado que



las madres a pesar de quedarse hasta el final de la temporada, siguen teniendo número menores que las otras agrupaciones.

Distribución Espacio-Temporal

Lo que observamos al proyectar su distribución en todos los años juntos de estudio, fue que existen dos zonas en Los Cabos de predominio de esta ballena. Una zona específica en donde se encuentran distribuidas la mayor cantidad de ballenas jorobadas en el área que es la zona del “Cardoncito” (Figura 16), área nombrada en este trabajo como “Área de mayor concentración”, la cual comprende desde Punta Gorda hasta Cabo Pulmo, y la segunda es el “Cardonal – Pescadero”. Lo que caracteriza a estas zonas en particular, es que son zonas con muy bajo disturbio antropogénico, ya que se encuentran retiradas de Cabo San Lucas y San José del Cabo, en donde se realiza el avistamiento de ballenas continuo, y que posiblemente se observen en esa zona porque van llegando apenas de sus zonas de alimentación, dado que Cabo es una zona de paso en donde se quedan unos días para luego retirarse a los demás sitios de reproducción (Bahía de Banderas o Archipiélago de Revillagigedo) (González – Peral, 2006).

De acuerdo a nuestra convención de temperaturas anuales, en donde establecimos como años “normales” (2004, 2005 y 2007), “cálidos” (2010) y “fríos” (2008, 2009 y 2011), observamos que la distribución de las agrupaciones cambia anualmente (Fig. 13). Todos los años se aprecian las agrupaciones en la zona de mayor concentración y un poco hacia el sur, sin embargo, para los años “normales” y “fríos”, las agrupaciones si cría se encuentran más esparcidas y las Mc pegadas a la costa. Para el único año “cálido”, la distribución de todas las agrupaciones se observa más hacia la costa, y hacia el norte. Por lo tanto, al parecer, los años “normales” se aproximan más a las preferencias de las jorobadas en los años “fríos” y que en años “cálidos”, tienden a viajar más hacia el norte, donde la TSM es más baja, pudiendo alcanzar la región de la Bahía de la Paz, Loreto e inclusive el Alto Golfo. Cabe resaltar que las Mc siempre se



encontraron más pegadas a la costa y las agrupaciones sin cría dependieron de la temperatura anual (Figura 17).

De acuerdo a la distribución dentro de la temporada, para enero, aún hay pocos individuos, apenas van llegando a las costas de Los Cabos; para febrero y marzo se observa un aumento de ballenas y para abril, se observa una gran disminución de avistamientos, con lo cual se puede observar el inicio y final de la temporada en la zona, como establecido por Urbán y Aguayo (1987).

Valores por punto y preferencias de hábitat

Algunos de los datos obtenidos de los valores por punto salieron extremos dado que algunos individuos fueron encontrados lejos, sin embargo se hicieron promedios en los cuales se encuentran la mayor cantidad de avistamientos. Observamos (Tabla 2) que las Madres con cría, eligen zonas con menor profundidad (0 - 20m), pensado que es donde las madres pueden brindar mayor protección a sus crías y mostrando una diferencia significativa entre los grupos diferentes; las agrupaciones sin cría, sin embargo, se mantienen en zonas más profundas (entre -100m y -300m), pero como presentan una distribución más amplia, pueden llegar a más de los -3000m, considerando que cubren grandes distancias en búsqueda de machos maduros o hembras en estro (según el caso), lo cual sucede en varias zonas de reproducción, como son las Antillas (Whitehead y Moore, 1982), Ecuador (Félix y Botero-Acosta 2011), Antogil Bay, en Madagascar (Ersts y Rosenbaum, 2003), Hawai (Johnston *et al.*, 2007), y en La Gran Barrera Arrecifal Australiana (Smith *et al.*, 2012). Las preferencias de TSM variaron de entre 22.05° y 24.12° C, siendo las Mc las de la mayor preferencia por agua más cálida, teniendo diferencias significativas para abril, que es cuando hay mayor variación de TSM en el área y cuando las Mc se quedan más tiempo. Así mismo, son las que se encuentran más cercanas a la costa (6.8 – 7.72 km) en cambio, el promedio para agrupaciones sin cría es mayor (7.66 – 10 km), consistente con lo establecido por Félix y Botero (2011) en la península de Santa Elena en Ecuador. De acuerdo a las pruebas *a posteriori*, se encontraron



diferencias significativas de Mc con respecto a las otras agrupaciones dentro de la temporada, lo que indica que dicha agrupación es diferente su distribución a la de los demás individuos.

Modelación

Modelos “todos años” para Mc y Agrupaciones sin cría

Tanto para madres con cría y agrupaciones sin cría, en el modelo de “todos los años” se muestra que la mayor probabilidad de presencia es cerca de la costa en toda la zona de estudio (Fig. 23 A), desde Todos Santos, del lado del Pacífico, hasta Ensenada de Muertos en el Golfo, sin embargo, para las agrupaciones sin cría la probabilidad llega hasta 0.8, lo cual indica que las madres tienen una probabilidad más alta de encontrarse en la zona en la temporada. La variable de mayor contribución al modelo madre con cría es distancia de la costa (46.4%), esto es diferente a lo planteado por Jiménez-López (2006), quien afirma que profundidad las afecta, la diferencia puede deberse a que en nuestro trabajo se contó con un número mayor de avistamientos a lo largo de 8 años, y en los cuales, para los modelos realizados, la profundidad estuvo más homogénea en cuanto a las preferencias, además de que esta zona es de grandes profundidades.

El que la variable distancia a la costa haya resultado determinante en la distribución de las madres tiene que ver con la necesidad de protección de las crías, ya que son vulnerables a los ataques de depredadores como las orcas (*Orcinus orca*) (Steiger *et al.*, 2008). Según Steiger *et al* (2008), los ataques de orcas son mayormente en zonas de reproducción en bajas latitudes, lo que coincide con Mehta *et al* (2007), quienes observaron que las cicatrices producidas por los ataques de orcas en las ballenas adultas que se observaron durante varios años, las presentaban desde la primer vez que fueron observadas, apoyando fuertemente la idea de que la mayoría de los ataques ocurren a crías o ballenas



jóvenes y concluyen que las jorobadas se encuentran en mayor riesgo de ataques de orcas en zonas de reproducción como las aguas mexicanas.

Para las agrupaciones sin cría la variable de mayor contribución en “todos años” fue temperatura (42.2%), como lo dicho por Rasmussen (2007) en donde afirma que las áreas invernales de las jorobadas a nivel mundial se encuentran en aguas cálidas costeras independientemente de la latitud, también se les encuentra relativamente cerca de la costa, pero al parecer lo que les interesa más es estar en una temperatura agradable.

Modelos “meses” para Mc

La distribución según la probabilidad de presencia muestra que en toda la temporada, tanto para Mc como para agrupaciones sin cría, se mantiene al principio en el Pacífico, en donde se supone que no se logran observar tanto como en la zona de máxima concentración y va cambiando hacia el Golfo, en donde a final de la temporada se encuentran con mayor probabilidad de presencia. El hecho de que no se encuentre un mayor número de ballenas en la costa del Pacífico, puede deberse a que la migración hacia las zonas de alimentación la realizan lejos de la costa, como lo registró Lagerquist *et al.* (2008) con transmisores satelitales, y van acercándose conforme va pasando temporada.

Para todos estos modelos, la variable de mayor contribución fue distancia a la costa seguida de temperatura, por lo que podemos decir que, al igual que en los modelos de “todos los años”, Distancia a la Costa y Temperatura son las variables que más afectan a las jorobadas a lo largo de la temporada, lo que al parecer es contrario al estudio realizado por Smith *et al.*, (2012) en donde afirma que en la Gran Barrera Arrecifal Australiana, la distribución de esta especie se ve afectada por la temperatura y la profundidad a la que se encuentran. Batimetría y pendiente parece ser que no son variables de peso en este sitio. Podemos resaltar el hecho de que , en la zona de mayor concentración “El Cardoncito” existe muy poca plataforma continental, lo que respalda que estas últimas variables no sean de importancia.



Modelos “2008 y 2010” Mc

Para los modelos de los años frío y cálido del estudio, pudimos observar que la distribución de las Mc en 2008 (frío) se encuentra en toda la costa de Los Cabos, y más dispersa, lo cual dice que en años fríos, es posible encontrarlas con una distribución amplia, por lo contrario, para el 2010 (cálido), su distribución se observa pegada a la costa en la zona más al norte del Pacífico y desde los límites de Cabo San Lucas con San José del Cabo, hasta el norte en Ensenada de Muertos. Lo cual podría decir que, al parecer, las jorobadas utilizan mayor espacio cuando la TSM está más baja.

Al tomar en cuenta el modelo con el área más amplia con las otras zonas de reproducción del Pacífico mexicano (Islas Revillagigedo y Bahía de Banderas), observamos que las Mc, no varían su llegada a dichas zonas, siguen llegando hasta ellas independientemente de la variación de temperatura, prefieren acercarse a la costa, a pesar de que como lo mencionamos anteriormente, los ataques de orca son más frecuentes en zonas de reproducción (Del Águila, 2014). La variable que tuvo mayor porcentaje de contribución para ambos modelos fue Distancia a la Costa, y en menor medida Temperatura; Pendiente y Batimetría no tuvieron mucha contribución.

Modelos “2008 y 2010” Agrupaciones sin cría

En el caso de los modelos para año frío y cálido, las Agrupaciones sin cría, tuvieron probabilidades de presencia que se distribuyen casi en las mismas zonas que las Mc. Para 2008, desde arriba de Todos Santos, con una distribución no tan pegada a la costa, hasta Ensenada de Muertos, pero saliendo hacia mar adentro unos 17-20 Km aproximadamente. Para 2010, vuelve a tener una distribución pegada a la costa, la zona de distribución va desde arriba de Todos Santos, hasta Ensenada de Muertos. La variable de mayor porcentaje de contribución fue Distancia a la Costa, seguida por Batimetría.

De acuerdo al modelo con un área mayor de distribución para ambos modelos, las agrupaciones sin cría cambian su distribución con respecto a la temperatura anual,



en donde cuando es un año más frío, se encuentran más dispersos que con un año más cálido, sin embargo, y a diferencia con las Mc, las agrupaciones sin cría cuando es un año con TSM alta, buscan zonas más acorde a su TSM de preferencia, dando como resultado movilidad más hacia el norte en búsqueda de su hábitat ideal a una menor temperatura de manera similar a lo que describe Rasmussen (2007) en Costa Rica.



9. CONCLUSIONES

- El pico de abundancia de la ballena jorobada en la región de Los Cabos es en el mes de febrero; enero y abril son el inicio y fin de temporada con diferencias significativas en comparación a los otros meses. El año en el que hubo una mayor AR fue 2011.
- Al principio de la temporada son más abundantes las Agrupaciones sin cría y los jóvenes, y para mediados de marzo y principios de abril, las Mc llegan a sus números máximos, siendo las últimas en abandonar la zona de estudio.
- La diferencia de temperaturas entre años, muestra un mayor efecto en la abundancia y distribución de Solos, Par y Grupo de Competencia, mientras que a las Mc y McE no afecta su distribución.
- La ballena jorobada presenta áreas de idoneidad de hábitat, con las cuales se dividieron en Mayor, Media y Menor en el área de estudio. El área de concentración mayor tanto para Mc como para Agrupaciones sin cría, se encuentra San José del Cabo (Punta Gorda) hasta Cabo Pulmo, y mayormente en la zona conocida como “El Cardoncito”
- Las ballenas jorobadas tienden a permanecer en la zona y con una mayor dispersión cuando son años Normales o Fríos, y cuando es un año cálido, tienden a pegarse más a la costa, son menos abundantes y se distribuyen más hacia el Norte.
- La variable de mayor contribución en todos los modelos fue Distancia a la Costa, seguida por Temperatura, estas dos variables definen su distribución en esta zona. Las variables Batimetría y Pendiente, en esta zona y época del año no son importantes.



10. REFERENCIAS

- Aguilar-Aguilar, R. y Contreras-Medina, R. (2003). La distribución de los mamíferos marinos de México: Un enfoque panbiogeográfico. En: Llorente, J. y Morrone, J. Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Ainley, D.G., Jongsomjit, D., Ballard, G., Thiele, D., Fraser, W.R. y Tynan, C.T. (2011). Modeling the relationship of Antarctic minke whales to major ocean boundaries. 35(2): 281-290.
- Barlow, J., Clambokidis, J., Baker, S., Burdin, A., Clapham, P., Ford, J., Gabriele, C., LeDuc, R., Mattila, D., Quinn II, T., Rojas-Bracho, L., Straley, J., Taylor, B., Urbán, J., Wade, P., Weller, D., Witteveen, B. y Yamaguchi, M. (2011). Humpback whale abundance in the North Pacific estimated by photographic capture – recapture with bias correction from simulation studies. *Marine Mammal Science*. 27(4): 793-818.
- Barstow, R. (1986). Non-consumptive utilization of whales. *Journal of the Human Environment (AMBIO)* 15: 155-163.
- Berta, A., Sumich, L. y Kovacs, K. (2006). *Marine Mammals: Evolutionary Biology*. Second Edition, Academic Press. 547p.
- Calambokidis, J., Steiger, G.H., Evenson, J.R., Flynn, K.R., Balcomb, K.C., Claridge, D.E., Bloedel, P., Straley, J.M., Darling, J.D., Baker, C.S., Von Ziegler, O., Dahlheim, M.E., Waite, J.M., Ellis, G. y Green, G.A. (1996). Interchange and isolation of humpback whales off California and other north Pacific feeding grounds. *Marine Mammal Science*. 12: 215-226.
- Calambokidis, J. (1997). Abundance and population structure of humpback whales in the North Pacific Basin. Final Report. Southwest Fisheries Science Center.



- Calambokidis, J., Falcone, E.A., Quinn, T.J., Burdin, A.M., Clapham, P.J., Ford, J.K.B., Gabriele, C.M., LeDuc, R., Mattila, D., Rojas-Bracho, L., Straley, J.M., Taylor, B.L., Urbán R, J., Weller, D., Witteveen, B.H., Yamaguchi, M., Bendlin, A., Camacho, D., Flynn, K., Havron, A., Huggins J. y Maloney, N. (2008). SPLASH: Structure of Populations, Levels of Abundance and Status of Humpback Whales in the North Pacific. U.S. Dept of Commerce, Western Administrative Center, Seattle, Washington.
- Caughley, G. y Gunn, A. (1996). Conservation biology in theory and practice. Massachusetts: Blackwell Science.
- Cervantes-Hernández, P. y Martínez-Guerrero, B. (2014). Requerimientos técnicos para estimar la distribución potencial de máxima entropía con el programa computacional MaxEnt. Ciencia y Mar XVI. (48): 63-69.
- Chittleborough, R.G. (1965). Dynamics of two populations of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski). Australian Journal of Marine & Freshwater Research . 16:33-128.
- Clapham, P.J., Palsboll, P.J., Mattila, D. y Vasquez, O. (1992). Composition and dynamics of humpback whale competitive groups in the West Indies. Behavior 122: 3-4.
- Clapham, P.J. (1999). Humpback whale, *Megaptera novaeangliae*. Northeast Fisheries Science Center, Woods Hole, Massachusetts.
- Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Apéndices I, II y III. (Julio 2008). <http://www.cites.org/eng/app/E-Jul01.pdf>.
- Craig, A.S. y Herman, L.M. (2000). Habitat preferences of female humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Hawaiian Islands are associated with reproductive status. Mar Ecol Prog Ser 193:209–216.
- Dawbin, W.H. (1966). The seasonal migratory cycle of the humpback whales. Whales, dolphins and porpoises. Cap. 9. Pp. 145-170.



- Dalla Rosa, L., Ford, J. y Trites, A. (2012). Distribution and relative abundance of humpback whales in relation to environmental variables in coastal British Columbia and adjacent waters. *Continental Shelf Research*. 36: 89-104.
- Del Águila, A.C. (2014). Determinación de la frecuencia de los ataques de orcas a ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano con base en su distribución, sexo y pigmentación. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E. y Yates, C.J. (2010). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Divers Distrib*. 17:43–57
- Ernts, P.J. y Rosenbaum, H.C. (2003). Habitat preference reflects social organization of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on a wintering ground. *J Zool* 260: 337–345.
- Félix, F. y Botero-Acosta, N. (2011). Distribution and behavior of humpback whale mother–calf pairs during the breeding season off Ecuador. *Mar Ecol Prog Ser*. 426:277–287.
- Fleming, A. y Jackson, J. (2011). Global review of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) NOAA-TM-NMFS-SWFSC-474. U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE. National Oceanic and Atmospheric Administration National Marine Fisheries Service. Southwest Fisheries Science Center.
- Fletcher, J.M., Kohn, B., Foster, A. y Gleadow, A.J. (2000). Heterogeneous Neogene cooling and exhumation of the Los Cabos block, southern Baja California: Evidence from fission-track thermochronology, *Geology*, 28(2), 107–110. En: Páramo, P., Holbrook, H.E., Brown, H.E., Lizarralde, D., Fletcher, J., Umhoefer, P., Kent, G., Harding, A., González, A., Aven, G. (2008). Seismic structure of the southern Gulf of California from Los Cabos block to the East Pacific Rise. *Journal of Geophysical Research*. 113 (B3).
- Foubert-Corona, Z.C. (2006). Impacto de las redes pesqueras en las ballenas jorobadas. Tesis de Maestría. UABCS.



- Friedlaender, A., Johnston, D., Fraser, W., Burns, J., Patrick, H. y Costa, D. (2011). Ecological niche modeling of sympatric krill predators around Marguerite Bay, Western Antarctic Peninsula. *Deep Sea Research Part II: Tropical Studies in Oceanography*. 58 (13-16): 1729-1740.
- Gambell, R. (1976). World whale stocks. *Mammal Review*, 6: 41–53. doi: 10.1111/j.1365-2907.1976.tb00200.x
- González–Peral, U. (2011). Definición y características de las unidades poblacionales de las ballenas jorobadas que se congregan en el Pacífico Mexicano. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Gregg, E. y Trites, A. (2001). Predictions of critical habitat for five whale species in the waters of coastal British Columbia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 58(7)1265–1285.
- Hoyt, E. (2001). Whale watching 2001: Worldwide tourism numbers, expenditures, and expanding socioeconomic benefits. *International Fund for Animal Welfare*.
- Hutchinson, G.E. (1957). Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22:415-427.
- Jiménez–López, M.E. (2006). Uso de hábitat de madres con cría y machos cantores de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), en la región Los Cabos, Baja California Sur, durante el invierno 2004. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Johnson, J.H. y Wolman, A.A. (1984) The Humpback whale, *Megaptera novaeangliae*. *Marine Fisheries Review*. 46(4):30-37.
- Johnson, M.P. y Tyack, P.L. (2003). A digital acoustic recording tag for measuring the response of wild marine mammals to sound. *IEEE Journal of Oceanic Engineering* 28, (1), 3-12. En: Fleming A y Jackson J. (2011). Global review of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) NOAA-TM-NMFS-SWFSC-474. U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE. National Oceanic and Atmospheric Administration National Marine Fisheries Service. Southwest Fisheries Science Center.



- Johnston, D.W., Chapla, M.E., Williams, L.E. y Mattila, D.K. (2007). Identification of humpback whale *Megaptera novaeangliae* wintering habitat in the Northwestern Hawaiian Islands using spatial habitat modeling. *Endang Species Res* 3:249–257
- Lagerquist, B., Mate, B., Ortega-Ortíz, J., Winsor, M. y Urbán-Ramírez, J. (2008). Migratory movements and surfacing rates of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) satellite tagged at Socorro Island, México. *Marine Mammal Science*. 24(4): 815-830.
- Liras, E. (2008). Funcionamiento, interfaz y formato de los datos en MaxEnt. Grupo de investigación Ecología de Zonas Áridas. Centro Andaluz Para La Evaluación Y Seguimiento Del Cambio Global. Dpto. Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Almería, España.
- Mackintosh, N.A. (1942). The southern stocks of whalebone whales. *Discovery Reports*. 22:197-300.
- Magurran, A.E. y P. A. Henderson. (2003). Explaining the excess of rare species in natural species abundant distributions. *Nature*, 422(6933):714-716.
- Martínez-Aguilar, S. (2008). Un modelo de abundancia absoluta de la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae*, en aguas adyacentes a las Islas del Archipiélago de Revillagigedo, México. Tesis de Licenciatura, UNAM.
- Martínez-Aguilar, S. (2011). Abundancia y tasa de incremento de la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* en el Pacífico Mexicano. Tesis de Maestría, UABCS.
- Mate, B. y Urbán, J. (2003). A note on the route and speed of a gray whale on its northern migration from Mexico to central California, tracked by satellite-monitored radio tag. *Journal of Cetacean Research Management*. 5(2): 1-3.
- Matthews, L.H. (1937). The humpback whale, *Megaptera nodosa*. *Discovery Reports*. 17: 7- 92.



- Medrano-González, L. y Urbán, J. (2002). La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la Norma Oficial Mexicana 059-ECOL-1994, 2000. Ficha de la especie, categorización de riesgo y propuesta para un plan nacional de investigación y conservación. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. Proyecto W024. México, D.F. 69pp.
- Mehta, A., Allen, J., Constatine, R., Garrigue, C., Jann, B., Jenner, C., Marx, M., Matkin, C., Mattila, D., Minton, G., Mizroch, S., Olavarría, C., Robbins, J., Russell, K., Seton, R., Steiger, G., Vikingsson, G., Wade, P., Witteveen, B. y Clapham, P. (2007). Baleen whales are not important as prey for killer whales *Orcinus orca* in high-latitude regions. 384 (297-307).
- [NOM-059-SEMARNAT-2002 Protección a especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Lista de especies en Riesgo.](#) Diario Oficial de la Federación. Segunda sección. SEMARNAT.
- [NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección a especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Lista de especies en Riesgo.](#) Diario Oficial de la Federación. Segunda sección. SEMARNAT.
- Oviedo, L. y Solís, M. (2008). Underwater topography determines critical breeding habitat for humpback whales near Osa Peninsula, Costa Rica: implications for marine protected areas. *Revista de biología tropical*, 56(2), 591-602.
- Phillips, S., Anderson, R. y Schapire, R. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 190(3-4): 231-259.
- Phillips, S.J. y Dudík, M (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31:161–175.
- Programa de Protección Regional para la Conservación de la Ballena Jorobada en las costas de Baja California Sur, Jalisco y Nayarit (PACE) (2010). PRIMMA. CONANP, SEMARNAT.
- Rasmussen, K., Palacios, D.M., Calambokidis, J. y Saborío, M.T. (2007) Southern Hemisphere humpback whales wintering off Central America: insights



- from water temperature into the longest mammalian migration. *Biol Lett* 3:302–305
- Reilly, S.B., Banister, J.L., Best, P.B., Brown, M., Brownell Jr, R.L., Butterworth, D.S., Clapham, D.S., Cooke, P.J., Donovan, G.P., Urbán, J. y Zerbini, A.N. (2008). *Megaptera novaeangliae*. En: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. <www.iucnredlist.org>.
- Rice, D.W. (1974). Whales and whale research in the eastern North Pacific. Páginas 170-195, en: Schevill, W.E., Ray, D.G., Norris, K.S. (eds.). *The Whale Problem*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Rice, D.W. (1978). *The humpback whale in the North Pacific: Distribution, Exploitation and Numbers*. National Marine Fisheries Service, Northwest and Alaska Fisheries Center.
- Rice, D. (1998). *Marine mammals of the World: Systematics and Distribution*. The Society for Marine Mammalogy. Special publication number 4.
- Rodríguez, R. y Bojórquez, L. (2004). *Spatial Analysis in raptor ecology and conservation*. CIBNOR – CONABIO.
- Salinas– Vargas, J.C. (1999). *Distribución espacio-temporal y abundancia relativa del rorcual jorobado, Megaptera novaeangliae (Borowski, 1781), en las aguas adyacentes a Los Cabos, B.C.S., México 1989-1993*. Tesis licenciatura, UABCS.
- Scheidat, M., Castro, C., González, J. y Williams, R. (2004). Behavioural responses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to whalewatching boats near Isla de la Plata, Machalilla National Park, Ecuador. *Journal of Cetacean Research Management*. 6(1):000–000
- Smith, J., Grantham, H., Gales, N., Double, M., Noad, M. y Paton, D. (2012). Identification of humpback whale breeding and calving habitat in the Great Barrier Reef. *Marine Ecology Progress Series*, 447(Harwood 2001), 259-272.
- Steiger, G., Calambokidis, J., Straley, J., Herman, L., Cerchio, S., Salden, D., Urbán, J., Jacobsen, J., Von Ziegesar, O., Balcomb, K., Gabriele, C., Dahlheim, M., Uchida, S., Ford, J., Ladrón de Guevara, P., Yamaguchi,



- M. y Barlow, J. (2008). Geographic variation in killer whale attacks on humpback whales in the North Pacific: implications for predation pressure. *Endangered Species Research*. 4 (247-256).
- Thiele, D., Chester, E. y Gill, P. (2000). Cetacean distribution off Eastern Antarctica (80° - 150° E) during the austral summer of 1995/96. *Deep-Sea Research II*. 47:2543-2572.
- Tittensor, D.P., Worm, B., y Myers, R.A. (2009). Macroecological Changes in Exploited Marine Systems. En: Witman, J.D. y Roy, K. (eds). *Marine Macroecology*. The University of Chicago Press: Chicago and London, 424p.
- Tovilla H, C. (1991). Golfo de California. Cap. IV. Oceanografía Geológica
- Tynan, C.T., Ainley, D.G, Barth, J.A., Cowles, T.J., Pierce, S.D. y Spear, L.B. (2005). Cetacean distributions relative to ocean processes in the northern California Current System. *Deep-Sea Research Part II* 52 (1–2), 145–167.
- Urbán, J. y Aguayo, A. (1987). Spatial and seasonal distribution of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. *Marine Mammal Science*. 3(4):333-344.
- Urbán, J., Álvarez, C., Salinas, M., Jacobsen, J., Balcomb, K., Jaramillo, A., Ladrón de Guevara, P. y Aguayo, A. (1999). Population size of humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in waters off the Pacific coast of Mexico. *Fishery Bulletin*. 97:1017-1024.
- Whitehead, H. y Moore, M.J. (1982). Distribution and movements of West Indian humpback whales in winter. *Can J Zool*. 60:2203–2211.
- Williams, R.M. (1994). Behavioural responses of killer whales to whale-watching: opportunistic observations and experimental approaches. Maestría en Ciencias. Universidad de British Columbia.



Winn, H. y Reichley, N. (1985). Humpback Whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781). Handbook of Marine Mammals. Vol. 3. Academic Press Inc. Londres.

Reportes e Informes

- Reporte Anual de La Comisión Ballenera Internacional, 2009
- Measures for minimizing the risks of collisions with cetaceans. Agenda item 18. Marine Environment Protection Committee, 57th Session, p. 5.
- Descripción General del Golfo de California – Anexo 1. (2006). Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California. SEMARNAT

Páginas web consultadas

- Climate Prediction Center (NOAA) <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>



ANEXOS



ANEXO 1

Pruebas estadísticas para cada **Mes**.

Prueba Tukey HSD Diferencias Significativas

Tukey HSD test; variable AR (Pamiyami Mes.st. Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .00310, df = 12.000					
Cell No.	Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	Enero		0.02357	0.16228	0.99999
2	Febrero	0.02357		0.67226	0.02234
3	Marzo	0.16228	0.67226		0.15465
4	Abril	0.99999	0.02234	0.15465	

Prueba Tukey HSD Grupos Homogéneos

Tukey HSD test; variable AR (Pamiyami Mes.s Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .00310, df = 12.000				
Cell No.	Mes	AR Mean	1	2
4	Abril	0.12169	****	
1	Enero	0.12277	****	
3	Marzo	0.20236	****	****
2	Febrero	0.24255		****



ANEXO 2

Pruebas estadísticas para todas las **agrupaciones por cada mes.**

Prueba Tukey HSD Diferencias significativas

Tukey HSD test; variable AR (Pamiyami Mes.sta) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .00610, df = 15.000						
Cell No.	Agrupación	Solo	Par	Mc	McE	GC
1	solo		0.75801	0.02405	0.00545	0.09002
2	par	0.75801		0.20209	0.05257	0.53205
3	Mc	0.02405	0.20209		0.93450	0.95093
4	McE	0.00545	0.05257	0.93450		0.58750
5	GC	0.09002	0.53205	0.95093	0.58750	

Prueba Tukey HSD Grupos Homogéneos

Tukey HSD test; variable AR (Pamiyami Mes.s Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .00610, df = 15.000					
Cell No.	Agrupación	AR Mean	1	2	
4	McE	0.06669	****		
3	Mc	0.10938	****		
5	GC	0.14860	****	****	
2	par	0.23573	****	****	
1	solo	0.30132		****	



ANEXO 3

Prueba Tukey HSD Diferencias significativas

Tukey HSD test; variable AR2 (Pamiyami Mes.sta) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .00344, df = 28.000									
Cell No.	Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	2004		0.24744	0.16192	0.05720	0.71550	0.12340	0.30319	0.01465
2	2005	0.24744		0.99999	0.99498	0.99043	0.99994	1.00000	0.88400
3	2006	0.16192	0.99999		0.99957	0.96097	1.00000	0.99995	0.95488
4	2007	0.05720	0.99498	0.99957		0.77015	0.99995	0.98743	0.99887
5	2008	0.71550	0.99043	0.96097	0.77015		0.92699	0.99642	0.41597
6	2009	0.12340	0.99994	1.00000	0.99995	0.92699		0.99960	0.97843
7	2010	0.30319	1.00000	0.99995	0.98743	0.99642	0.99960		0.83023
8	2011	0.01465	0.88400	0.95488	0.99887	0.41597	0.97843	0.83023	

Prueba de Tukey HSD Grupos homogéneos

Tukey HSD test; variable AR2 (Pamiyami Mes.s) Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .00344, df = 28.000				
Cell No.	Año	AR Mean	1	2
1	2004	0.09332	****	
5	2008	0.15460	****	****
7	2010	0.18048	****	****
2	2005	0.18503	****	****
3	2006	0.19371	****	****
6	2009	0.19887	****	****
4	2007	0.21235	****	****
8	2011	0.23392		****



ANEXO 4

Prueba Tukey HSD Diferencias significativas

Tukey HSD test; variable AR2 (Pamiyami Mes.sta) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .00456, df = 35.000						
Cell No.	Agrupación	Solo	Par	Mc	McE	GC
1	Solo		0.06577	0.00013	0.00012	0.00014
2	Par	0.06577		0.02621	0.00050	0.05987
3	Mc	0.00013	0.02621		0.55146	0.99671
4	McE	0.00012	0.00050	0.55146		0.34775
5	GC	0.00014	0.05987	0.99671	0.34775	

Prueba de Tukey HSD Grupos homogéneos

Tukey HSD test; variable AR2 (Pamiyami Mes.s) Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .00456, df = 35.000						
Cell No.	Agrupación	AR Mean	1	2	3	
4	McE	0.07681	****			
3	Mc	0.12841	****			
5	GC	0.14020	****	****		
2	Par	0.23462		****	****	
1	Solo	0.32764			****	



ANEXO 5

Temperatura Agrupaciones

Prueba Tukey HSD Diferencias significativas

Tukey HSD test; variable Temp (Pamiyami Mes. Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .02029, df = 9.0000					
Cell No.	Agrup	Solo	Par	Mc	GC
1	solo		0.99584	0.13483	0.82074
2	pal	0.99584		0.09698	0.91463
3	mc	0.13483	0.09698		0.03688
4	gc	0.82074	0.91463	0.03688	

Prueba Tukey HSD Grupos homogéneos

Tukey HSD test; variable Temp (Pamiyami Mes. Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .02029, df = 9.0000				
Cell No.	Agrup	TSM Mean	1	2
4	gc	22.5850	****	
2	pal	22.6500	****	****
1	solo	22.6725	****	****
3	mc	22.9200		****



ANEXO 6

Temperatura meses

Prueba Tukey HSD Diferencias significativas

Tukey HSD test; variable Temp (Pamiyami Mes. Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .03678, df = 12.000					
Cell No.	Mes	ene	febrero	marzo	abril
1	ene		0.27903	0.99952	0.00019
2	feb	0.27903		0.32509	0.00019
3	mar	0.99952	0.32509		0.00019
4	abr	0.00019	0.00019	0.00019	

Prueba Tukey HSD Grupos homogéneos

Tukey HSD test; variable Temp (Pamiyami Mes. Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .03678, df = 12.000				
Cell No.	Mes	TSM Mean	1	2
2	feb	22.1825	****	
3	mar	22.4250	****	
1	ene	22.4400	****	
4	abr	23.7800		****



ANEXO 7

Distancia a la Costa Agrupaciones

Prueba Tukey HSD Diferencias significativas

Tukey HSD test; variable Dist. Costa (Pamiyami Mes.s Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .26259, df = 9.0000					
Cell No.	Agrup	Solo	Par	Mc	GC
1	solo		0.99731	0.00447	0.99809
2	pal	0.99731		0.00348	0.99999
3	mc	0.00447	0.00348		0.00357
4	gc	0.99809	0.99999	0.00357	

Prueba Tukey HSD Grupos homogéneos

Tukey HSD test; variable Dist. Costa (Pamiyami Mes.s Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .26259, df = 9.0000				
Cell No.	Agrup	Dist. Costa Mean	1	2
3	mc	7.24250		****
1	solo	8.98500	****	
4	gc	9.04750	****	
2	pal	9.05500	****	



ANEXO 8

Distancia a la Costa meses

Prueba Tukey HSD Diferencias significativas

Tukey HSD test; variable Dist. Costa (Pamiyami Mes.s)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .99597, df = 12.000					
Cell No.	Mes	enero	febrero	marzo	abril
1	ene		0.74319	0.57183	0.27622
2	feb	0.74319		0.99043	0.81060
3	mar	0.57183	0.99043		0.93277
4	abr	0.27622	0.81060	0.93277	

Prueba Tukey HSD Grupos homogéneos

Tukey HSD test; variable Dist. Costa (Pamiyami Mes.s)			
Homogenous Groups, alpha = .05000			
Error: Between MS = .99597, df = 12.000			
Cell No.	Mes	Dist. Costa Mean	1
4	abr	7.98500	****
3	mar	8.40250	****
2	feb	8.61250	****
1	ene	9.33000	****



ANEXO 9

Batimetría agrupaciones

Prueba Tukey HSD Diferencias significativas

Tukey HSD test; variable Bat (Pamiyami Mes.s					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 4565.2, df = 9.0000					
Cell No.	Agrup	Solo	Par	Mc	GC
1	solo		0.91157	0.02567	0.47233
2	par	0.91157		0.00997	0.82834
3	mc	0.02567	0.00997		0.00317
4	gc	0.47233	0.82834	0.00317	

Prueba Tukey HSD Grupos homogéneos

Tukey HSD test; variable Bat (Pamiyami Mes.s					
Homogenous Groups, alpha = .05000					
Error: Between MS = 4565.2, df = 9.0000					
Cell No.	Agrup	Batimetría	1	2	
3	mc	113.732		****	
1	solo	284.250	****		
2	par	315.500	****		
4	gc	356.250	****		



ANEXO 10

Batimetría meses

Prueba Tukey HSD Diferencias significativas

Tukey HSD test; variable Bat (Pamiyami Mes.s)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 14792., df = 12.000					
Cell No.	Mes	enero	febrero	marzo	abril
1	ene		0.96226	0.95189	0.95620
2	feb	0.96226		0.75091	0.76041
3	mar	0.95189	0.75091		0.99999
4	abr	0.95620	0.76041	0.99999	

Prueba Tukey HSD Grupos homogéneos

Tukey HSD test; variable Bat (Pamiyami Mes.s)			
Homogenous Groups, alpha = .05000			
Error: Between MS = 14792., df = 12.000			
Cell No.	Mes	Bat Mean	1
3	mar	234.250	****
4	abr	235.750	****
1	ene	279.250	****
2	feb	320.482	****



ANEXO 11

Pendiente agrupaciones

Prueba Tukey HSD Diferencias significativas

Tukey HSD test; variable Pend (Pamiyami Mes.:					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .13136, df = 9.0000					
Cell No.	Agrup	Solo	Par	Mc	GC
1	solo		0.80663	0.24044	0.99243
2	par	0.80663		0.06522	0.92175
3	mc	0.24044	0.06522		0.16405
4	gc	0.99243	0.92175	0.16405	

Prueba Tukey HSD Grupos homogéneos

Tukey HSD test; variable Pend (Pamiyami Mes.:			
Homogenous Groups, alpha = .05000			
Error: Between MS = .13136, df = 9.0000			
Cell No.	Agrup	Pend Mean	1
3	mc	3.23500	****
1	solo	3.76000	****
4	gc	3.83000	****
2	par	3.99000	****



ANEXO 12

Pendiente meses

Prueba Tukey HSD Diferencias significativas

Tukey HSD test; variable Pend (Pamiyami Meses)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .20545, df = 12.000					
Cell No.	Mes	enero	febrero	marzo	abril
1	ene		0.81835	0.60585	0.79873
2	feb	0.81835		0.98018	0.99997
3	mar	0.60585	0.98018		0.98547
4	abr	0.79873	0.99997	0.98547	

Prueba Tukey HSD Grupos homogéneos

Tukey HSD test; variable Pend (Pamiyami Meses)			
Homogenous Groups, alpha = .05000			
Error: Between MS = .20545, df = 12.000			
Cell No.	Mes	Pend Mean	1
3	mar	3.54500	****
4	abr	3.65500	****
2	feb	3.66750	****
1	ene	3.94750	****



ANEXO 13

Pruebas Jack-Knife

La prueba de Jack-Knife del Área Bajo la Curva (AUC) arrojada por el modelo “Todos los años juntos Mc” (Fig. 1 A) dio como resultado un 0.99 lo cual nos indica que el modelo es seguro prediciendo sitios de presencia. De acuerdo a la contribución de cada una de las variables al modelo.

La prueba de Jack-Knife del Área Bajo la Curva (AUC) arrojada por el modelo “Todos los años juntos Mnc” (Fig. 1 B) dio como resultado un 0.98 lo cual nos indica que el modelo es seguro prediciendo sitios de presencia.

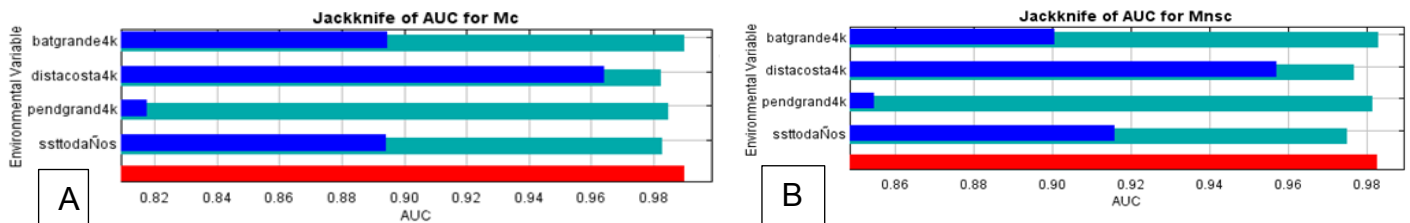


Figura 1 (ANEXO). Contribución de las variables de la prueba Jack-Knife para los modelos: A) Todos los Años Mc y B) Modelo Todos los Años Anunciación sin cría. (Sin la Variable, Solo con la variable, Con todas las variables)

La prueba de Jack-Knife del Área Bajo la Curva (AUC) arrojada por el modelo “febreros Mc” (Fig. 2 A) dio como resultado un 0.99 lo cual nos indica que el modelo es seguro prediciendo sitios de presencia.

La prueba de Jack-Knife del Área Bajo la Curva (AUC) arrojada por el modelo “marzos Mc” (Fig. 2 B) dio como resultado un 0.96 lo cual nos indica que el modelo es seguro prediciendo sitios de presencia.



La prueba de Jack-Knife del Área Bajo la Curva (AUC) arrojada por el modelo “abrilés Mc” (Fig. 2 C) dio como resultado un 0.96 lo cual nos indica que el modelo es seguro prediciendo sitios de presencia.

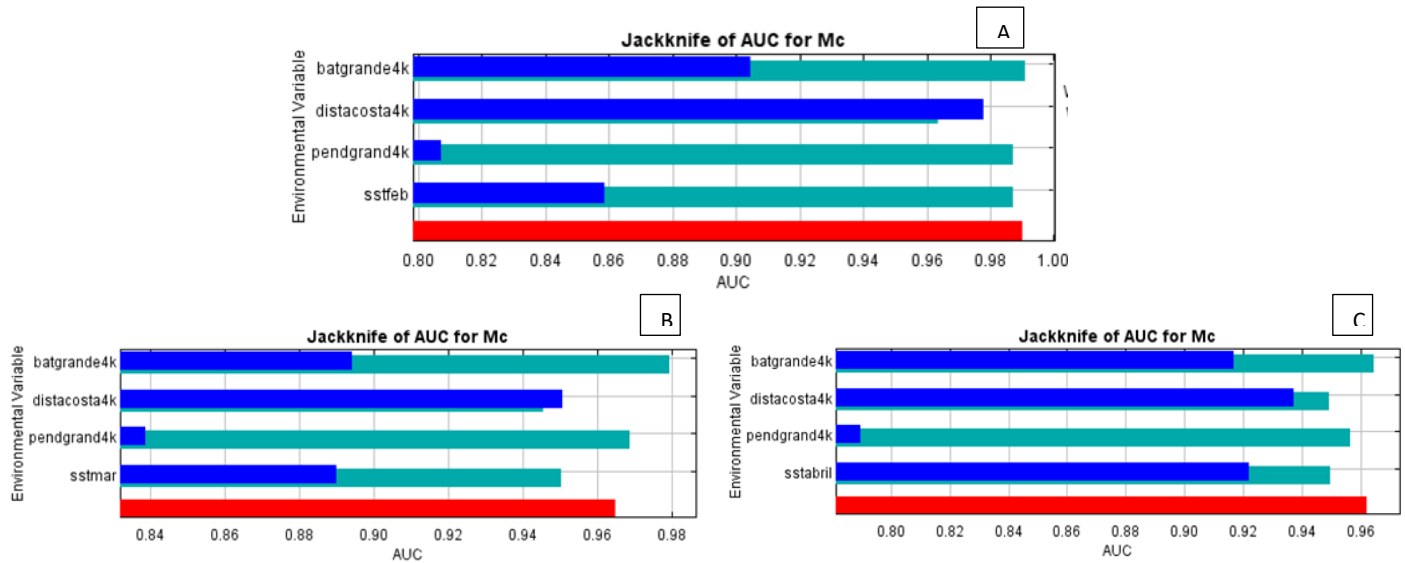


Figura 2 (ANEXO). Contribución de las variables de la prueba jac-Knife del área bajo la curva para los modelos: A) Febreros Mc y B) Marzos Mc y C) Abrilés Mc. (Sin la Variable, Solo con la variable, Con todas las variables)

La prueba de Jack-Knife del Área Bajo la Curva (AUC) arrojada por el modelo “eneros agrupaciones sin cría (Mnsc)” (Fig. 3 A) dio como resultado un 0.99 lo cual nos indica que el modelo es seguro prediciendo sitios de presencia.

La prueba de Jack-Knife del Área Bajo la Curva (AUC) arrojada por el modelo “febreros agrupaciones sin cría” (Fig. 3B) dio como resultado un 0.98 lo cual nos indica que el modelo es seguro prediciendo sitios de presencia.

La prueba de Jack-Knife del Área Bajo la Curva (AUC) arrojada por el modelo “marzos agrupaciones sin cría” (Fig. 3C) dio como resultado un 0.98 lo cual nos indica que el modelo es seguro prediciendo sitios de presencia.



La prueba de Jack-Knife del Área Bajo la Curva (AUC) arrojada por el modelo “abril es agrupaciones sin cría” (Fig. 3 D) dio como resultado un 0.99 lo cual nos indica que el modelo es seguro prediciendo sitios de presencia.

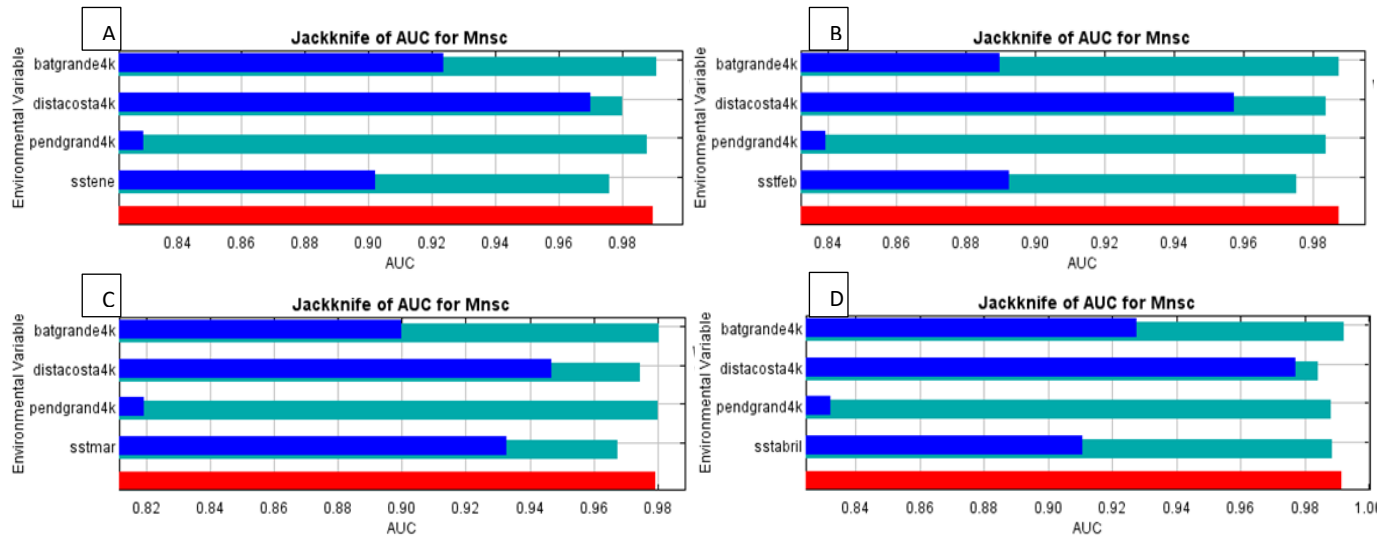


Figura 3 (ANEXO). Contribución de las variables de la prueba jack-Knife del área bajo la curva para los modelos: A) Enero Agrup sin cría, B) Febrero Agrup sin cría y C) Marzo Agrup sin cría y D) Abril Agrup sin cría. (Sin la Variable, Solo con la variable, Con todas las variables)

La prueba de Jack-Knife del Área Bajo la Curva (AUC) arrojada por el modelo “2008 Mc” (Fig. 4 A) dio como resultado un 0.971 lo cual nos indica que el modelo es seguro prediciendo sitios de presencia.

Así mismo, para el modelo de “2010 Mc” (Fig. 4 B), la prueba dio como resultado 0.993, que nos indica que, igualmente, es seguro prediciendo sitios de presencia.

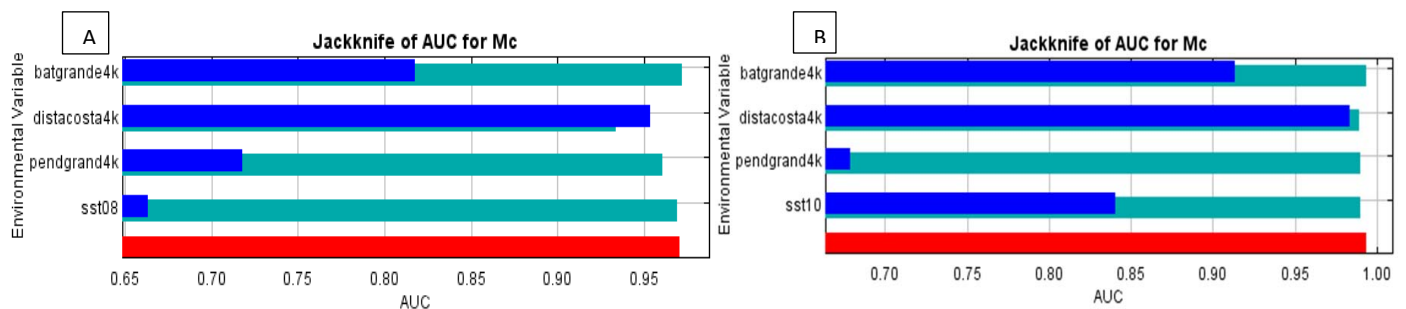


Figura 4 (ANEXO). Contribución de las variables de la prueba jack-Knife del área bajo la curva para los modelos: A) 2008 Mc y B) 2010 Mc. (Sin la Variable, Solo con la variable, Con todas las variables)



La prueba de Jack-Knife del Área Bajo la Curva (AUC) arrojada por el modelo “2008 Mnsc” (Fig. 5 A) dio como resultado un 0.995 lo cual nos indica que el modelo es seguro prediciendo sitios de presencia.

Así mismo, para el modelo “2010 Mnsc” (Fig. 5 B), la prueba dio como resultado 0.99, que nos indica que, igualmente, es seguro prediciendo sitios de presencia.

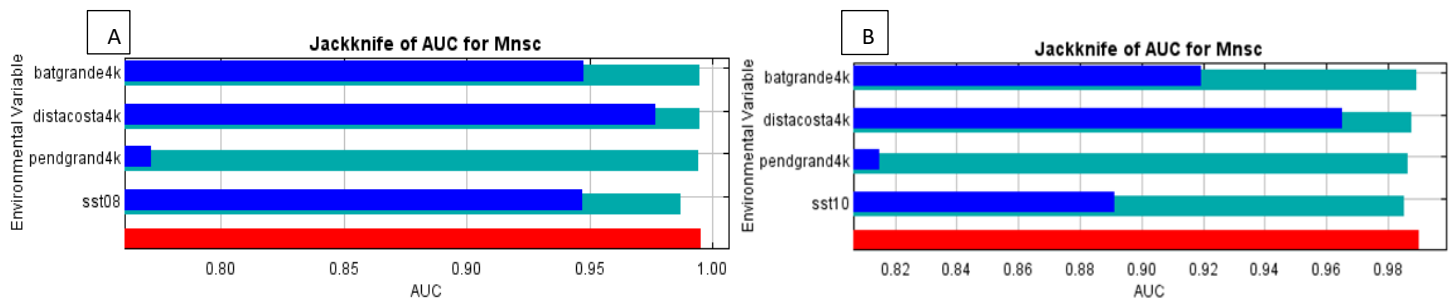


Figura 5 (ANEXO). Contribución de las variables de la prueba jack-Knife del área bajo la curva para los modelos: A) 2008 Agrup sin cría y B) 2010 Agrup sin cría. (Sin la Variable, Solo con la variable, Con todas las variables)



ANEXO 14

Curvas de respuesta. Preferencias de hábitat.

Las Curvas de Respuesta creadas con la información arrojada por el programa MaxEnt, caracterizan la relación entre la probabilidad de ocurrencia y las variables ambientales utilizadas en todos los modelos. Se hizo una distinción entre las curvas para Madres con cría (Mc) y Agrupaciones sin cría (Mnsc), arrojados en cada modelo que, a su vez, ya se encontraban divididos entre los meses de estudio (eneros, febreros, marzos, abriles), Todos los Años y el año más frío (2008) y el más cálido (2010).

Distancia a la Costa

Las Curvas de Respuesta para Distancia a la Costa para Mc (Figura 6A) en los meses de muestreo, demuestran que la mayor Probabilidad de Presencia (>0.5) se encuentra entre los 0 y 10 Km, mientras que para las Agrupaciones sin cría (Figura 6E), se encuentra entre los 0 a 20 Km. Las Curvas de Respuesta para para Mc y Agrupaciones sin cría (Figura 7A y E) en Todos los años juntos y el año 2010 (Cálido), demuestran que la mayor Probabilidad de Presencia (>0.5) se encuentra entre los 0 y 20 Km, mientras que para 2008 (año Frío), su rango es más amplio, que va desde los 0 a 30-40 Km.

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Las Curvas de Respuesta para Temperatura Superficial del Mar para Mc (Figura 6B) en los meses de Febrero y Marzo, demuestran que la mayor Probabilidad de Presencia (>0.5) se encuentra entre los 21-22 °C y para el mes de Abril, entre los 23 y 24 °C. Para Agrupaciones sin cría (Figura 6F), la mayor Probabilidad se encuentra en los 22 °C para los meses de Enero, Febrero y Marzo, en cambio para Abril, se encuentra entre los 23-24 °C.



Las Curvas de Respuesta para Mc y Agrupaciones sin cría (Figura 7B y F) para Todos los años juntos se encuentran alrededor de los 22 - 22.5 °C, mientras que para 2008 (Frío) se encuentran alrededor de los 21 °C, y para 2010 (Cálido), se encuentran alrededor de los 24°C.

Pendiente Marina

Las Curvas de respuesta para Pendiente para Mc, demuestran que la mayor Probabilidad de Presencia (>0.5) en los meses de estudio, se encuentra entre los 2° y 8° de inclinación, mientras que para las Agrupaciones sin cría, se encuentra entre los 6° y 8° de inclinación. Para Todos los años y 2008, para las Mc, la mayor probabilidad se encuentra alrededor de los 2° hasta los 16° de inclinación, mientras que para 2010, se encuentra entre los 2 y 4°. Para las Agrupaciones sin cría se encuentran entre los 4° y los 6° de inclinación.

Batimetría

Las Curvas de Respuesta para la variable batimetría para Mc en los meses de estudio (Figura 6A), la mayor probabilidad de presencia se encuentra alrededor de los -300 m, en cambio para las Agrupaciones sin cría (Figura 6E), la mayor probabilidad se encuentra comprendida entre los -500 y -1000 m. Las curvas de respuesta para Mc (Figura 7D) para el año 2010, demuestran que la mayor probabilidad de presencia se encuentra alrededor de los -100 a -200 m, sin embargo, para Todos los años, la mayor probabilidad se encuentra en los -500 m, y para 2008 entre los -400 m, y para las Agrupaciones sin cría (Figura 7H), las curvas de respuesta para Todos los años, 2008 y 2010, la mayor probabilidad se encuentra entre los - 300 y - 400 m.

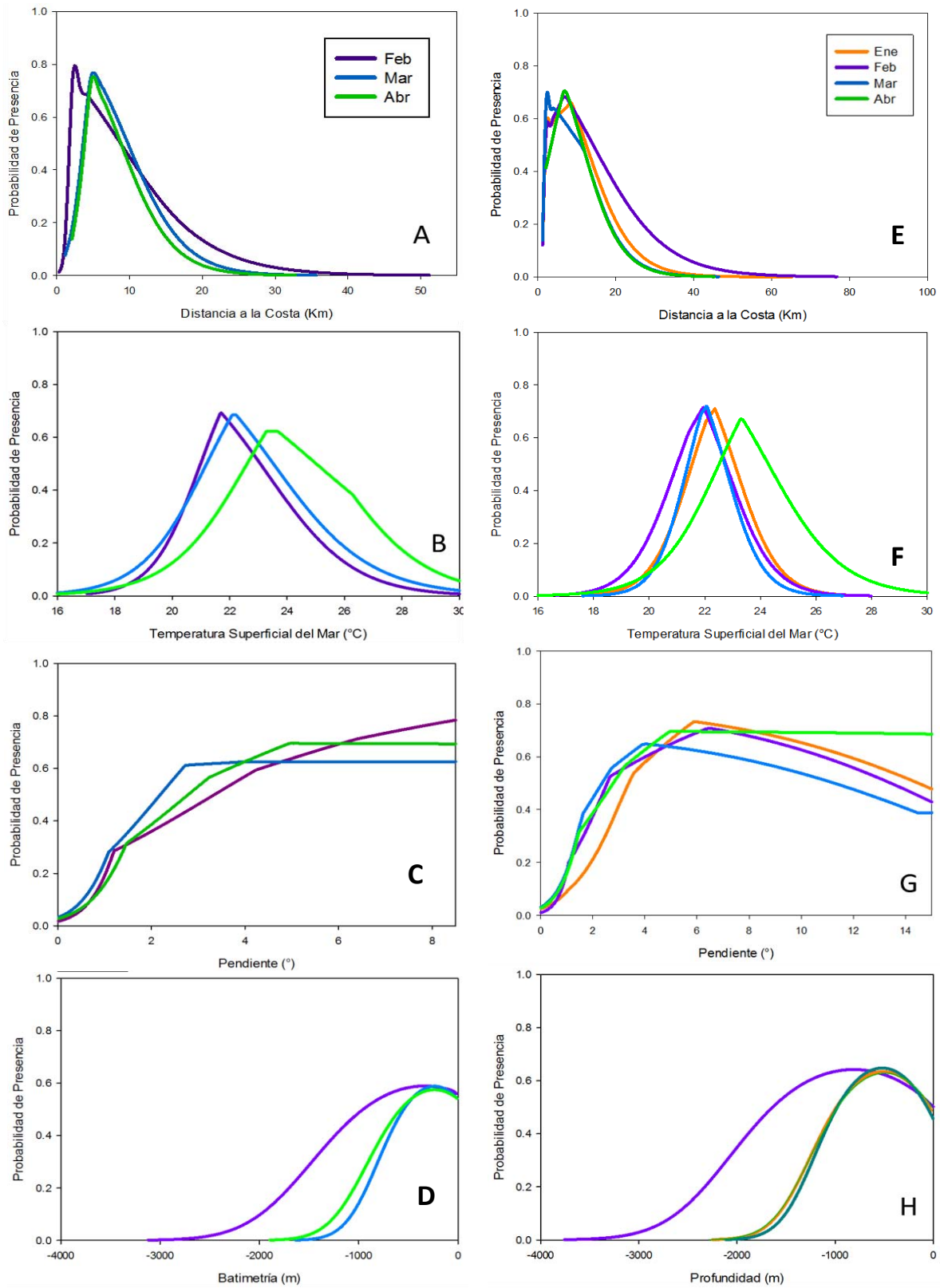


Figura 6 (ANEXO). Curvas de respuesta de las 4 variables utilizadas (Dist. A la Costa, TSM, Pendiente y Batimetría) para los meses Enero, Febrero, Marzo y Abril. A, B, C y D corresponden a **Madres con cría** y E, F, G y H a **Agrupaciones sin cría**.



"Distribución espacio-temporal, abur

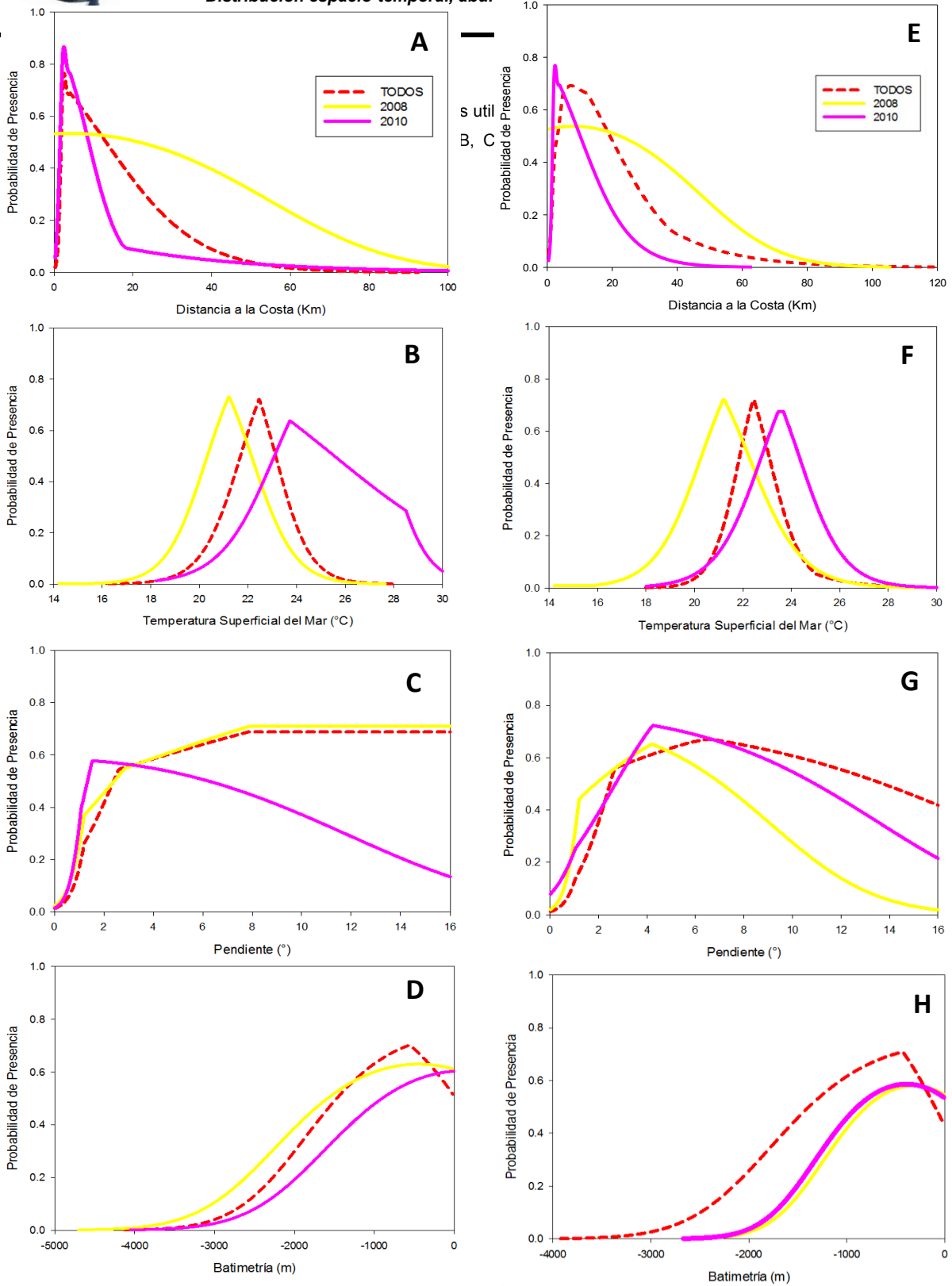


Figura 7 (ANEXO). Curvas de respuesta de las 4 variables utilizadas (Dist. A la Costa, TSM, Pendiente y Batimetría) para Todos los años, para 2008 (Frío) y para 2010 (Cálido). A, B, C y D corresponden a **Madres con cría** y E, F, G y H a **Agrupaciones sin cría**.