



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS**

“Propuesta de zonas estratégicas para la conservación de las especies de ballenas dentro de su nicho ecológico en el Golfo de California”

T E S I S

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

LICENCIADO EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A:

Jesús Ricardo Carrillo Armas

**DIRECTORA DE TESIS:**

Dra. Alanís Anaya Rocío Marisol



**Ciudad Universitaria, CD. MX.  
2022**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## CAPITULADO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	2
1.1.2 CICLO DE VIDA DE LAS BALLENAS Y SU IMPORTANCIA ECOLÓGICA..	5
1.1.3 INFORMACIÓN GENERAL DE ESPECIES.....	7
1.1.4 BASE BIOGEOGRÁFICA.....	14
1.2 MARCO TEÓRICO .....	16
1.2.3 MÉTODO DE JERARQUIZACIÓN ANALÍTICA, SAATY .....	16
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	20
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	22
2.1. HIPÓTESIS.....	22
2.2. OBJETIVOS.....	22
3. METODOLOGÍA .....	23
3.1. ANÁLISIS DE MAPAS DE PROYECTO ECOLÓGICO MARINO DEL GOLFO DE CALIFORNIA .....	23
3.1.2. ZONA DE ESTUDIO .....	29
3.1.3. CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL GOLFO DE CALIFORNIA .....	34
3.1.4. ESPECIES DE CETÁCEOS QUE SON OBJETO DE ESTUDIO .....	39
3.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
4. RESULTADOS y DISCUSIÓN .....	73
4.1 PROPUESTA DE CONSERVACIÓN DE ESPECIES DE BALLENAS PARA EL “PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO PARA EL GOLFO DE CALIFORNIA” .....	73
4.1.2 ZONIFICACIONES PROPUESTAS A PARTIR DE ÍNDICES .....	75
4.1.3 IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN .....	81
4.1.4 RELACIÓN ENTRE VARIABLES ELEGIDAS EN EL PROCESO JERÁRQUICO ANALÍTICO .....	84
5. CONCLUSIONES .....	104
6. BIBLIOGRAFÍA.....	106
7. ANEXO .....	115
7.1 GLOSARIO .....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DIAGRAMA BAM (BIÓTIC, ABIÓTIC, MOVILITY).....	4
FIGURA 2. DISPERSOGRAMA SOBRE EL ESPACIO GEOGRÁFICO Y AMBIENTAL. .....	15
FIGURA 3. REPRESENTACIÓN JERÁRQUICA DEL PROBLEMA. ....	17
FIGURA 4. EJEMPLO PARA NORMALIZAR UNA MATRIZ.....	20
FIGURA 5. ÍNDICE DE PRESION EN LA CONSERVACIÓN.....	24
FIGURA 6. ÍNDICE DE PRESIÓN POR EL TURISMO. ....	26
FIGURA 7. ÍNDICE DE PRESIÓN PESQUERA INDUSTRIAL.....	28
FIGURA 8. SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD MARINA DE ACUERDO A SU IMPORTANCIA. ....	30
FIGURA 9. ZONA DE ESTUDIO. ....	31
FIGURA 10. UBICACIÓN DE LAS ESPECIES DE BALLENAS. ....	32
FIGURA 11. UBICACIÓN DE ESPECIES DE BALLENAS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA 2018.....	33
FIGURA 12. REGIONES CLIMÁTICAS. ....	35
FIGURA 13. SURGENCIAS MARINAS ....	36
FIGURA 14. CIRCULACIÓN DE CORRIENTES MARINAS.....	38
FIGURA 15. ESQUEMA METODOLÓGICO FASE 1.....	44
FIGURA 16. ESQUEMA METODOLÓGICO FASE 2.....	45
FIGURA 17. ESQUEMA METODOLÓGICO FASE 3.....	47
FIGURA 18. ÁRBOL DE REPRESENTACIÓN JERÁRQUICA.....	51
FIGURA 19. MATRIZ DE TEMPERATURA.....	56
FIGURA 20. ALIMENTO DE BALLENAS (PECES).....	59
FIGURA 21. ALIMENTO DE BALLENAS (FITOPLANCTON). ....	62
FIGURA 22. DENSIDAD ESTIMADA PARA EL AVISTAMIENTO DE BALLENAS.....	64
FIGURA 23. HIPSOMÉTRIA DEL GOLFO DE CALIFORNIA.....	67
FIGURA 24. TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL OCÉANO.....	70
FIGURA 25. ABUNDANCIA DE ESPECIES DE BALLENAS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA.....	74
FIGURA 26. PROPUESTA ÍNDICE DE APTITUD TURÍSTICA.....	76
FIGURA 27. POPUESTA ÍNDICE DE PESCA INDUSTRIAL. ....	78
FIGURA 28, PROPUESTA ÍNDICE DE CONSERVACIÓN. ....	80
FIGURA 29. PROPUESTA EN EL ÍNDICE DE CONSERVACIÓN.....	82
FIGURA 30. VALORES DE ALIMENTACIÓN DE BALLENAS.....	87

FIGURA 31. VALORES DE PROFUNDIDAD DE BALLENAS.....	88
FIGURA 32. VALORES DE TEMPERATURA DE BALLENAS.....	89
FIGURA 33. VALORES DE TEMPORADA DE REPRODUCCIÓN DE BALLENAS.....	90
FIGURA 34. VALORES DE TURISMO DE BALLENAS.. ..	91
FIGURA 35 MAPA DE APTITUD PARA LA CONSERVACIÓN.....	93
FIGURA 36. PRIORIZACIÓN DE ESPECIES DE BALLENAS.....	96
FIGURA 37. ALIMENTO DE BALLENAS (PECES).....	98
FIGURA 38. LOCALIZACIÓN DE BALLENAS EN FITOPLANCTON.....	99
FIGURA 39. LOCALIZACIÓN DE LAS BALLENAS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA SEGÚN SU PROFUNDIDAD. ....	100
FIGURA 40. TEMPERATURA SEGÚN ABUNDANCIA DE BALLENAS.....	101
FIGURA 41. FOTOGRAFÍA DE BALLENA JOROBADA.....	118
FIGURA 42. FOTOGRAFÍA DE BALLENA GRIS.....	119
FIGURA 43. FOTOGRAFÍA DE RORCUAL COMÚN. ....	119

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. LA ESCALA FUNDAMENTAL DE NÚMEROS ABSOLUTOS .....	19
TABLA 2. ECORREGIONES MARINAS .....	37
TABLA 3. ESPECIES DE BALLENAS CONSIDERADAS.....	41
TABLA 4. ANÁLISIS JERÁRQUICO.....	52
TABLA 5. NORMALIZADA DE VARIABLES.....	53
TABLA 6. PONDERACIÓN DE VARIABLES.....	54
TABLA 7. MULTIPLICACIÓN DE MATRIZ POR VECTOR.....	54
TABLA 8. RESULTADOS DE COMPROBACIÓN.....	55
TABLA 9. ALIMENTO DE ESPECIES DE BALLENAS.....	57
TABLA 10. ESPECIES DE INTERÉS TURÍSTICO.....	63
TABLA 11. PROFUNDIDAD DE INMERSIÓN DE ESPECIES DE BALLENAS.....	65
TABLA 12. TEMPERATURA.....	69
TABLA 13. ÉPOCA REPRODUCTIVA DE BALLENAS.....	72
TABLA 14. PONDERACIÓN DE VARIABLES.....	83
TABLA 15. COMPROBACIÓN DE RESULTADOS.....	83
TABLA 16. RESULTADOS DEL VECTOR PROMEDIO DE LAS ESPECIES DE BALLENAS.....	85
TABLA 17. RESULTADOS DE LA PRIORIZACIÓN PARA CADA ESPECIE DE BALLENA.....	94

## **Dedicatoria**

***Lleno de regocijo, de amor y sueños por delante, dedico este proyecto, a cada uno de mis Padres: María Teresa Armas Jaramillo y J. Jesús Marcos Carrillo Cervantes, quienes han sido mis pilares para seguir adelante. Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos debido a su gran apoyo, compañía, instrucción, consejos y los valores que me han inculcado a lo largo de este trayecto y que seguiré aplicando para la vida.***

***Dedico este trabajo a la preservación de especies de ballenas y para fomentar la protección sobre la riqueza que existe en nuestro país.***

***El continuo esfuerzo, no la fortaleza o inteligencia, es la clave para desbloquear nuestro potencial (Winston S. Churchill).***

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer a mi asesora, profesora y amiga Dra. Alanís Anaya Rocío Marisol por su valiosa asesoría en este proyecto de tesis, por brindarme su atención siempre que lo necesite, por dedicar su tiempo a revisarme un sinnúmero de veces el documento, por escuchar mis dudas y ayudarme a despejarlas, además de apoyarme en los trámites necesarios para la titulación en esta nueva normalidad, por lo anterior reconozco mucho toda su ayuda y me encuentro enormemente agradecido.

Agradezco mucho la asesoría de mi Co asesor de tesis a Dr. Mario Burgui Burgui en la UAH - Universidad de Alcalá de Henares con sede en Madrid, primeramente por la carta de invitación que me proporciono, ayudarme a instalar en la ciudad y despejarme muchas dudas en cuanto a mi estancia académica, gracias por enseñarme a concretar el tema de análisis, por sus grandes consejos para sintetizar información científica además de realizar cartografía en SIG., por mostrarme, el quehacer geográfico en el ámbito ambiental y por atenderme todo el tiempo que pase en la Universidad De Alcalá sin olvidar de mostrarme lo bello que es Madrid.

Quiero agradecer personal académico de otros departamentos como a la coordinación de geografía, a servicios escolares y a la secretaria general de la Facultad de Filosofía y letras, pero en especial al departamento de becas con la encargada Ing. Adriana Neyra Zendejas, nunca había conocido a alguien que explicara tan bien los trámites en general y reconozco la eficiencia con la que realizas tu labor, agradezco mucho tu apoyo en mi proceso para la estancia académica, algo que realmente cambio la visión de como aprecio las cosas actualmente, agradezco su tiempo por despejar mis dudas y estar conmigo en todo el proceso.

Agradezco a mi casa, el alma máter la UNAM por hacer posibles mis sueños, a la universidad de Alcalá de Henares por prestarme durante mi estancia académica sus instalaciones para poder realizar mis trabajos y estudios,

agradezco a Fuerza buceo UNAM por la experiencia de vida gracias, me enseñaron que pisar fondo es lo mejor que te puede pasar, gracias a Jack Barón, Osar López, Francisco villa y Juan Alva que recuerdo con cariño.

Agradezco mucho por todos los momentos vividos con mis compañeros y amigos dentro de la UNAM a mis hermanos de buceo Aron García e Ingrid Aguirre, a mis amigos de la facultad: mis mejores amigas Jessica Torres por salvarme muchas veces en los temas sociales y en los temas del amor y Adriana Ara por siempre escucharme, apoyarme, aconsejarme y hacer las mejores fiestas de la uní, sé que nos falta mucho que recorrer aun, gracias también a Álvaro Zaid Díaz por demostrarme lealtad y amistad sincera mi hermano de viajes, a Claudia Gómez por ayudarme no tengo palabras para agradecerte todo lo que me has apoyado eres la mejor, A Rita Oznaya, por su gran ayuda en el texto de mi tesis a Arturo Rodríguez, Javier González, Ximena Arceo, Héctor Alvarez, Jorge Mendoza, Laura Chavarría, Diego Varela, Maricruz Ruelas, Maetzin, Karina Pérez, Sofia Baena, Guillermo Reyna, Casandra Álvarez, Fernando Velázquez, Gerardo Cardón, Ana Patricia, Brígido Peña, Corenelli Álvarez, Jorge Vargas, Rosa, Luis Molina, Viridiana Vivar, Karla Robles, Humberto Ortiz, Thabata Quezada, Chuma, Kevin Rentería, a todos ellos un gusto conocerlos, y salud por todo lo que pasamos. Quiero agradecer especialmente a Andrea Mancera por instruirme en tantas cosas y ser una gran amiga siempre y en general gracias a todos mis “geoamigos” quienes me brindaron momentos irrepetibles, el mejor equipo de cachas, los campeones de futbol los “Geogallos”, y finalmente gracias a mis colegas y amigos Esteban Escalante, y Yanai Gómez con quienes pude vivir la experiencia de mi primer trabajo en la índole geográfica.

Agradezco mucho a mi familia, mis padres J. Jesús Marcos Carrillo Cervantes, a mi madre María teresa Armas Jaramillo, A mi hermana Laura Teresa Carrillo Armas, a mi novia Marysol Chen, por todo su amor, apoyo y ayuda gracias por estar conmigo en esta etapa, llegaste muy a tiempo, gracias también a mi amigo Jack por aguantarme todo este tiempo en todos aspectos, a mi tío Jesus Armas, mi prima Angelica Gómez, a mis abuelos que en paz descansen, a mi abuela Antonia Carrillo, a mi tía Marcela Carrillo, a Cobra Kai conformado por Iván

Gómez y Carlos Gómez pero sobre todo, familia amigos, les reconozco siempre confiar en mí, los amo.

Jesús Ricardo Carrillo Armas

# 1. INTRODUCCIÓN

En la presente tesis se desarrolla el tema: Distribución del nicho ecológico de las ballenas en el Golfo de California para su conservación. Es una investigación sobre la distribución geográfica de las ballenas en este Golfo para así proponer áreas de conservación con diferentes usos. Para este proyecto se seleccionó el Golfo de California en México porque cuenta con gran diversidad de especies marinas (Aguayo-Lobo, 1999). Además, por poseer la mayor riqueza de especies acuáticas de todo el mundo, en palabras de Jacques Yves Cousteau, pionero explorador buzo en esta área este lugar es conocido como “el acuario del mundo”, pues alberga a 47 especies de mamíferos marinos y 40 especies de cetáceos (Torres, Esquivel & Ceballos 1995).

Este proyecto de investigación surge de la necesidad de aportar en el entendimiento de la conservación de las ballenas en el Golfo de California ante los problemas que las amenazan: desplazamiento de las áreas en donde habitan, métodos de manejo y soporte socioeconómico como la pesca y el turismo afectan a las ballenas en su hábitat causando perturbación.

Para abordar lo anterior se determinaron los factores abióticos: como la profundidad, la temperatura del océano y los bióticos: la temporada de reproducción, los avistamientos en turismo y la alimentación, que influyen en su abundancia y distribución. También se comparó la influencia socioeconómica con la presencia de especies de ballenas en el Golfo con ayuda de cartografía base: el índice de pesca industrial, el índice de turismo de observación de ballenas e índice de conservación, los cuales se visualizaron en el proyecto de gobierno “Reordenamiento ecológico marino para el Golfo de California” (Ybarra & León, et al., 2006), en donde los factores físicos, geográficos, biológicos y sociales relacionados no contemplan a las ballenas en su análisis pero sí a la zona de estudio de este trabajo. Por lo anterior, en primera instancia se compararon las zonas en donde hubiera presencia de ballenas y se propusieron áreas diferentes a las del programa de ordenamiento ecológico marino para el Golfo de California Ybarra & León, et al., (2006). Posteriormente teniendo en cuenta que el nicho ecológico de las ballenas se encuentra amenazado en varias regiones, se siguió la teoría de sistemas de Von Bertalanffy en (1993). Puesto que se pretende analizar el tema desde un enfoque biogeográfico este trabajo se apoyará en utilizar la idea de nicho y el método jerárquico analítico para analizar un hecho específico como lo recomienda Bertalanffy, el cual para este caso fue definir la distribución de las ballenas en el Golfo de California (Harvey, 1969). Es decir, con ayuda del concepto de nicho ecológico de Hutchinson (1958), se

obtiene de primera instancia la abundancia de ballenas en el Golfo de California (Townsend-Peterson, et al 2011). Para evaluar las variables ambientales y sociales anteriormente mencionadas, se utilizó el método de jerarquización analítica (Saaty, 2005). Se generó cartografía para cada una de estas variables, para así determinar las especies de ballenas que responden mejor a los criterios valorados de las variables según su distribución, además se hace el ejercicio para determinar las especies prioritarias las cuales son consideradas especies paraguas indispensables de conservar para proteger las poblaciones de otras especies simpátricas de su mismo gremio (Berger, 1997; Roberger & Angelstam, 2004; Favreau et al., 2006 en Catalá, 2011.) que son las que responden de mejor manera dependiendo de la variable elegida.

## 1.1. ANTECEDENTES

El Golfo de California se caracteriza por una alta diversidad biológica, y en especial por poseer especies pertenecientes a los mamíferos marinos de los órdenes *Cetácea*, *Carnívora* y *Sirenia* (Torres, Esquivel & Ceballos 1995). Por ello, México se ha posicionado como uno de los lugares favoritos para ser visitado por turistas para la observación y el estudio de ballenas (Ramírez, 2008).

Los temas de conservación relacionados con las ballenas denotan una logística de aproximación de estudio similar a la metodología que se aplica en la actualidad, que es básicamente avistar especies y analizar su comportamiento dentro de su hábitat para enfrentar la problemática a la que las ballenas están inmersas, la cual en general se centra en la pérdida de áreas y problemas relacionados con la pesca (Reyes, Echegaray & De Paz, 2002), además cada vez se hace más necesario determinar la ocurrencia de cetáceos en zonas de alta actividad turística con el fin de proponer medidas de conservación específicas para esta actividad y aunado a la falta de información que actualmente existe de algunas especies de ballenas (Martínez-Fernández, Montero-Cordero & May-Collado, 2011). Es entonces cuando (por sus siglas en inglés) la Convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres (CMS), celebrada en Alemania en 1995, fue un parteaguas para la creación de acuerdos para la conservación de mamíferos marinos diferentes a los ya establecidos, todo con la finalidad de la preservación de especies de ballenas (Guerrero, et al 2006). Desde este punto, se revisan proyectos que contemplan las variables ambientales relacionadas con la presencia de especies, así surgen propuestas de estudios de nicho, es decir áreas de conservación específicas relacionadas a la especie, lo anterior como una forma

de contribuir a una adecuada preservación tanto de especies como de ambientes para las ballenas (Aguayo- Lobo, A. 1999).

Desde un inicio los problemas severos sobre acuerdos para la conservación a los que se enfrentan las criaturas marinas en general se basan en el hecho de que son pocos los países que cuentan con un número tan alto de especies de cetáceos en sus mares, por ello la dificultad de concretar acuerdos internacionales oportunos, pues internacionalmente no todos tienen dentro de su territorio esta riqueza de especies, los cuales una vez establecidos impulsaron al gobierno mexicano a prohibir la explotación de todas las especies marinas en su territorio (Guerrero, et al. 2006). Posteriormente se desarrolló la propuesta “Programa Nacional de Investigación de los Mamíferos Marinos” por la colaboración de las siguientes dependencias: Instituto Politécnico nacional (INP), la Sociedad Mexicana de Mastozoología Marina (SOMEMMA, A.C.) y la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS ,1990), a partir de ese momento se empezaron a fomentar decretos por parte del Gobierno de la República Mexicana, para detener y prohibir la caza de ballenas y animales en aguas de México, además se replantearon los métodos de captura de algunas especies para conservar y preservar la fauna además de promover épocas de veda (Guerrero, et al. 2006).

Gracias a que los avances en la ciencia las técnicas que se utilizan en las investigaciones han cambiado, ahora la información de especies se encuentra en bancos de datos de diferentes dependencias y generan una aproximación de determinados requerimientos y modelos biológicos, físicos y geográficos de cada especie, que ayudan a establecer la abundancia y distribución de especies (Qiao., Soberón & Townsend- Peterson 2015). También se aplican teorías base como la teoría del nicho la cual se enfoca en la corriente biogeográfica en donde el espacio es representado en un modelo específico visualizado en un diagrama BAM (Biótico, Abiótico, Movility) (Soberón, & Townsend-Peterson, 2005). Por ello, variables como: profundidad, temporada de reproducción, temperatura del océano y alimentación entre otras, definen las condiciones de un hábitat y la distribución dentro de las características de cada especie (Guerrero, et al. 2006).

En la siguiente fig. 1, se ejemplifica el nicho ecológico a partir de utilizar la definición de Hutchinson, (1958), indica que la Geografía ocupada (Go) refiriéndose a cada punto que corresponde a un estado del ambiente que permitiría la existencia indefinida de la especie (Townsend-Peterson, et al., 2011). Otra definición más clara de este mismo autor sería “se entiende como nicho al conjunto de las condiciones ambientales donde las especies obtienen sus requerimientos mínimos para sobrevivir” (Townsend-

Peterson, et al., 2011), este concepto ha funcionado para crear modelos del nicho ecológico y así establecer relaciones entre los valores ambientales y los datos de presencia, ausencia y/o abundancia conocidos de las especies (Graham, et al., 2004). Desde la perspectiva de la conservación, los estudios biogeográficos de este tipo identifican áreas con riqueza de especies.

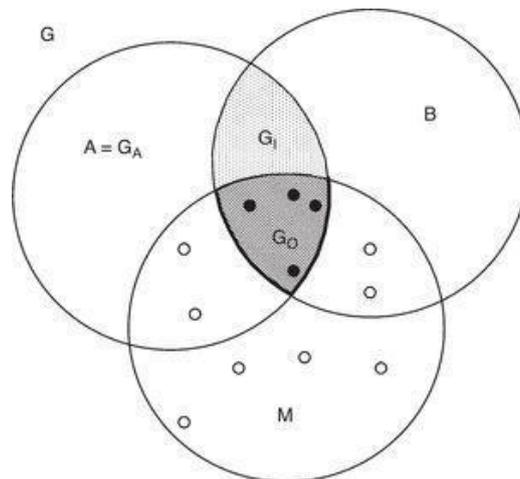


Figura 1. Diagrama BAM (Biótico, Abiótico, Movility)

Se debe mencionar que para este estudio se realizarán modelos de distribución de especies (SDM) con base en la definición ya mencionada de (Townsend-Peterson, et al., 2011). Apoyados en la imagen anterior fig. 1, del diagrama BAM, el sujeto de estudio en este caso son las ballenas en el espacio geográfico. En general, la distribución de las especies está regularmente asociada a la compleja oceanografía que se rige por variables físicas, biológicas y topográficas, así como a las interacciones biológicas, físicas y las relaciones tróficas de sus presas en cualquier nivel trófico necton (Baumgartner et al., 2001).

Por otra parte, mediante la información de los siguientes mapas: Índice de turismo, índice de pesca industrial e índice de conservación presentados en Ybarra & León, et al., (2006), que son parte sustancial del plan para el ordenamiento ecológico marino del Golfo de California, se determinan zonas establecidas para favorecer la economía y la conservación de especies y áreas determinadas. En su simbología estas tendencias regionales se representan en rangos de (Bajo, Medio y Alto), e indican que en las unidades de gestión ambiental con valores bajos y medios de presión se deberá

privilegiar un enfoque preventivo que permita mantener los niveles de presión actuales (Ybarra & León, et al., 2006).

Por esto mismo la propuesta de este trabajo de tesis difiere con los criterios utilizados en este programa, se basa en el Golfo de California tomando en cuenta a las especies de ballenas y se realiza una propuesta de áreas para la conservación basándose en cartografía del proyecto de gobierno anteriormente mencionado Gómez, (2013), las diferencias se muestran en la cartografía resultante.

### 1.1.2 CICLO DE VIDA DE LAS BALLENAS Y SU IMPORTANCIA ECOLÓGICA

Las 19 especies de ballenas que se eligieron para este estudio son todas las que aparecen en encicovida que es un portal de CONABIO, es decir todas aquellas que tienen registrado su nombre científico con presencia en el golfo de México son consideradas en este trabajo, después se buscaron datos de su presencia en el portal GBIF. Tienen un tamaño variable, pueden ser desde alrededor de un metro, hasta aproximadamente 30 metros de largo. Estos mamíferos son considerados una especie longeva y apenas cuentan con depredadores naturales, por supuesto, excluyendo al ser humano, por lo que se pueden considerar como depredadores apicales dentro de su hábitat, es decir, que se encuentran en la cúspide de la cadena trófica (Saporiti, F. 2014). Por esta razón, tienen un papel fundamental en el ecosistema como reguladoras de la estructura de la red trófica (Trites, et al. 2006).

El ciclo de vida de estos mamíferos varía entre especies, cada una de ellas tiene hábitos específicos de desplazamiento por alimento y por apareamiento. Una cuestión por considerar es su alimentación ya que esta es diversa, algunas de las ballenas se alimentan de peces pequeños, pero otras como la Orca (*Orcinus orca*), se alimentan de peces grandes; algunas otras como la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) solo se alimenta de fitoplancton, y otras tienen una dieta más amplia, por ello regularmente se consideran especies oportunistas (Guerrero, et al. 2006). Su distribución y abundancia se rige principalmente por las zonas de alimentación, pero también se suelen desplazar a donde se optimiza la reproducción y crianza (Gómez, 2013). Las ballenas realizan desplazamientos basándose en la temperatura del océano, dependiendo de la estación del año que se adecue a sus necesidades. En general, en el verano se trasladan a regiones de latitudes subpolares, porque ahí encuentran variedad de alimento, mientras que durante el invierno se desplazan a regiones más cálidas a veces sin alimentarse,

para favorecer a las crías, de esa manera conservan su energía y mantienen la temperatura corporal óptima (Guerrero, et al. 2006).

Las ballenas regularmente viajan en manada, a algunas como la *Peponocephala electra* se le ha visto con más de 2,000 individuos de la misma especie, pero hay otras que prefieren la soledad como la *Balaenoptera physalus*, que viaja solo con su cría para educarla y protegerla (Olvera, 2019). La importancia que tienen las ballenas en los ecosistemas marinos depende de cada una de estas, porque a pesar de que varias especies tienen requerimientos biológicos y ecológicos similares no comparten el mismo nicho ecológico entendido como “todos los factores bióticos y abióticos con los cuales cualquier organismo se relaciona, en un tiempo y espacio determinado” (Illoldi, P. & Escalante T. 2008). Pues cada especie tiene una relación específica e irrepetible con todos los aspectos de su entorno (Armstrong, R. 1976). Sin embargo, y de manera general, se puede decir que los mamíferos marinos son considerados como eficientes “centinelas” marinos, porque tienen larga vida y demuestran características únicas en lugares donde habitan. La presencia de las ballenas puede denotar zonas de convivencia con otras especies.

Las ballenas tienen una amplia distribución y son bioacumuladoras de toxinas lo que sugiere posiblemente limpien el océano (Bossart, 2006). También se ha observado que las ballenas adoptan una estrategia de segregación espacial y temporal para evitar una eventual competencia alimentaria mostrando de esta manera autorregulación natural en su ambiente (Jiménez, 2010). Asimismo cada ballena captura alrededor de 33 toneladas de CO<sub>2</sub> en promedio, mientras que un árbol captura solo hasta 48 libras de CO<sub>2</sub> al año, lo que demuestra que un repoblamiento de las ballenas podría contribuir de gran manera a revertir el cambio climático actual, especialmente si su población se recupera (Chami, R. Et al 2019).

Las ballenas en general no se reproducen pronto en su vida, pueden vivir entre 20 y 60 años, lo que resulta significativamente más largo que la mayoría de otras formas de vida acuática (Ibarra 2016). Si bien la distribución de las grandes ballenas está principalmente determinada por la temperatura superficial del mar, profundidad y biomasa zooplanctónica (Chávez-Andrade, 2006), hay muchas causas naturales y antrópicas por las cuales los hábitos generales en su ciclo de vida se ven afectados, tal y como se menciona anteriormente. Por ejemplo, el cambio de rutas de migración por pérdida de alimento y por el ruido submarino que afecta en demasía (Di Sciara & Gordon, 1997); o al igual que muchas otras especies marinas parecen estar

respondiendo al cambio climático alterando la distribución de sus poblaciones aprovechando así las áreas de mayor producción de alimento (Hátún, et al., 2009).

### 1.1.3 INFORMACIÓN GENERAL DE ESPECIES

En esta etapa se recopilan las variables guiadas para completar el diagrama BAM fig. 1., anteriormente mencionadas, En primer punto, se presentan las especies de ballenas con algunas de sus características y posteriormente las variables que fue posible recabar para establecer un análisis que en conjunto busca modelar “el medio biótico de la especie” (Soberón & Townsend- Peterson 2005. P. 2, 3).

A continuación, se describe cada especie de ballena (19 especies), con las características de importancia para los fines de este trabajo. Las 19 especies de ballenas consideradas para este trabajo se buscan valorar como un conjunto para los procesos que se llevan a cabo en este proyecto, logrando así completar su nicho ecológico a partir del diagrama BAM fig. 1.

Las fotografías que reportadas en este trabajo se obtuvieron del portal GBIF, ayudan a comprender generalidades de las especies de ballenas que se encuentran en mares mexicanos. Posteriormente se conjuntan algunos antecedentes para cada especie, información que ayudará a corroborar resultados finales al realizar la ponderación de matrices. Esto se muestra a continuación



*Ballena franca.*  
Ford, (2013).

### **Ballena Franca (*Eubalaena japonica*)**

- Especie común o abundante en varias zonas del Pacífico norte, al inicio y durante los primeros años de la cacería pelágica.
- Se encuentra en las aguas templadas y frías del hemisferio norte, esporádicamente se han encontrado algunos individuos en las regiones subtropicales; de febrero a abril se le puede localizar en la costa noroccidental de la Península de Baja California, hasta la altura de los Cabos. Actualmente el rango de distribución se ha extendido hacia la porción suroeste de la Península de Baja California, incorporándose al sur de la punta de la Península de Baja California Sur.
- No suele efectuar inmersiones prolongadas ni sumergirse a grandes profundidades 0-16 m, la temperatura superficial del océano varía ya que se han registrado en aguas que oscilan entre los 23° C y 29° C. Su alimentación se lleva a cabo cuando las ballenas están completamente sumergidas, probablemente haciéndolo sobre capas densas de plancton y en menor cantidad de eufáusidos.



*Ballena gris*  
naturalista,  
(2020).

### **Ballena Gris (*Eschrichtius robustus*)**

- Habita en la parte norte del Océano Pacífico, con migraciones estacionales regulares. Se conocen dos poblaciones: al oeste del Pacífico (Okhotsk y coreano) y Chukchi-California. En general, la ballena gris se distribuye en México en las costas de los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit.
- Rango de profundidad: 1 – 2500m, temperatura superficial del océano: 25-30 C° (Palomares, MLD & Pauly, 2019). Sus principales presas son camarones y mysidáceos pero en general es una especie oportunista.



*Ballena jorobada*  
Arrendajo,  
(2020).

### **Ballena Jorobada (*Megaptera novaeangliae*)**

- Tiene amplia distribución en ambos hemisferios, realiza migraciones anuales entre sus áreas de alimentación en altas latitudes durante el verano y se desplaza hacia áreas de reproducción en regiones subtropicales y tropicales en el invierno.
- La profundidad varía entre: 0 - 4000 m, y su temperatura: 25-30 C° (Deng Palomares, ML y Pauly, D. 2019). Durante el verano la ballena jorobada se alimenta de diferentes especies dependiendo del área geográfica, en el Pacífico norte sus principales presas consisten en krill, algunas ballenas jorobadas se alimentan principalmente de peces, en su mayoría capelín y otros como la macarela, la anchoa y el arenque, en latitudes altas y lejos de la costa (Islas Aleutinas, Prince William Sound y el centro del Golfo de Alaska), mientras que otras se alimentan en latitudes más bajas y más próximas a la costa (California Oregon y Washing).

(Modificado de Guerrero, et al., 2006)



*Balaenoptera acutorostrata*  
Macaulay, (2008).

(Ballena menor) Rorcual de Minke (*Balaenoptera acutorostrata*)

- Se distribuye en las aguas polares, templadas y tropicales del Atlántico norte occidental, encontrándose desde los casquetes polares al sur, hasta las Antillas Menores y la porción oriental del Golfo de México.
- Se alimenta en el Pacífico norte principalmente de eufáusidos, copépodos y peces. Profundidad: 0-732 o más, su temperatura varía en un rango de: -5 a 0 C°. (Palomares, MLD & Pauly, 2019).



*Balaenoptera edeni*  
Irenek, (2020).

Rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*)

- Es frecuente encontrarlas durante el verano y el otoño en el Golfo de California, particularmente en el Canal de Ballenas, en aguas cercanas a Loreto, y la bahía de La Paz. En la costa occidental de la península de Baja California, estas ballenas se pueden observar particularmente en las aguas cercanas a la Bahía Magdalena. Es frecuente encontrarlas durante el verano y el otoño en el Golfo de California, en la región de las Grandes Islas, particularmente en el Canal de Ballenas, en aguas cercanas a Loreto, y la bahía de La Paz. En el Pacífico mexicano su distribución se extiende al sur desde los 26° N, a lo largo de la costa occidental de Baja California, en todo el Golfo de California y a lo largo de la costa continental de México hasta el borde con Guatemala.
- Profundidad: 0-3000, Temperatura: 20 C° (Palomares, MLD & Pauly, 2019). El rorcual tropical se alimenta de una gran variedad de organismos.



*Balaenoptera borealis* Janinhoff,  
(2020).

Rorcual de sei (*Balaenoptera borealis*)

- Estas ballenas habitan principalmente en aguas frías y templadas, fuera de la plataforma continental. Se distribuyen durante el invierno en el Pacífico Oriental, por lo menos hasta el archipiélago de Revillagigedo.
- En el Golfo de California sólo se las ha visto en la temporada de invierno, al norte de la Isla del Carmen, cerca de Los Islotes, la bahía de La Paz y la bahía de Banderas, Nayarit. (López, 2012).
- Profundidad: 0-10 m Temperatura: -5a 25 C°, (Palomares, MLD & Pauly, 2019). La ballena se alimenta principalmente de copépodos como. En el hemisferio norte a menudo comen cardúmenes de peces pequeños.

(Modificado de Guerrero, et al., 2006).



*Kogia breviceps*.  
Zarigüeya, (2008).

#### Cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*)

- se encuentran en todo el mundo en aguas templadas y tropicales de los océanos Atlántico, Pacífico e Índico. Aunque rara vez son avistadas en el mar, estas ballenas comúnmente se varan en algunas regiones, y gran parte de lo relativamente poco que se conoce de su ecología se ha obtenido de estos animales varados. (Mcalpine, 2009).
- se encuentran en todo el mundo en aguas templadas y tropicales de los océanos Atlántico, Pacífico e Índico. Aunque rara vez son avistadas en el mar, estas ballenas comúnmente se varan en algunas regiones, y gran parte de lo relativamente poco que se conoce de su ecología se ha obtenido de estos animales varados. (Mcalpine, 2009).
- Profundidad: 0 - 1989m y temperatura: 15 -25 C° (Palomares, MLD & Pauly, 2019). su alimentación principalmente se basa de cefalópodos que se encuentran en la zona disfótica.



*Kogia simus*.  
Martínez (2020).

#### Cachalote enano (*kogia simus*) (*Kogia sima*)

- Se reportó que la distribución de la especie comprendía los mares adyacentes a Sudáfrica, India, Ceilán, Sri Lanka, Japón, Hawaii, el sur de Australia y la porción oriental de Estados Unidos. Al mismo tiempo, en zonas occidentales de Canadá, Guam, las Islas Mariana, Nueva Caledonia, Chile, San Vicente en las Antillas Menores, Senegal, Oman y las Islas Sondas menores.
- En el Atlántico noroccidental se han visto en Virginia hasta las Antillas Menores y el Golfo de México. Los avistamientos de la especie en el Golfo mencionado y la región del Caribe ocurren principalmente sobre y cerca de la plataforma continental.
- Profundidad: Rango de profundidad 0 - 1989m, la temperatura: 29 a 31 C° (Palomares, MLD & Pauly, 2019). El análisis de los estómagos de algunos organismos varados ha revelado que se alimentan de cefalópodos, cangrejos y peces.



*Ziphius cavirostris*  
Gowan, (2019).

#### Zifido de Cuvier (*Ziphius cavirostris*)

- Esta especie es menos frecuentemente reportada en varamientos en el Atlántico sur, se tienen registros a todo lo largo de la costa de Sudamérica al sur hasta Tierra del Fuego, así como varamientos de la costa suroccidental de África. En el Pacífico noroccidental, se han registrado varamientos en las Islas Commander y en Japón. Además en el Pacífico nororiental, de Alaska hasta Baja California se han registrado varamientos.
- Por su parte, la distribución actual se hace en todos los océanos a excepción de las aguas polares.
- La mayoría de los registros listan al calamar como la principal fuente de alimento para el zifido de Cuvier, aunque también consumen peces y algunos crustáceos, lo que indica que la especie es oportunista. La mayoría de las presas reportadas para la especie se encuentran en mar abierto o son mesopelágicas u organismos bentónicos de aguas profundas, confirmando la idea de que es una especie oceánica, es decir, de aguas profundas.

(Modificado de Guerrero, et al., 2006).



*Berardius bairdii*.  
Mead, (2019).

#### Zifido de Baird (*Berardius bairdii*)

- El hábitat de la especie está en la costa occidental de la Península de Baja California y el Golfo de California, en general se mantiene inalterado. Se distribuye en todos los océanos y mares con aguas templadas
- En mayo llegan a encontrarse sobre la plataforma continental, incrementando el número de animales al aproximarse el verano, para posteriormente disminuir al acercarse el mes de octubre. Es durante este periodo que la especie está prácticamente ausente en las aguas oceánicas. Aún se desconocen las zonas en donde pasa el invierno. Profundidad: En Japón se registran durante mayo sobre la pendiente continental a profundidades de 1,000-3,000 m. Pero se han registrado inmersiones de al menos 28 minutos y con profundidades de hasta 4,920 pies, la temperatura: 23-29 C°. El zifido de Baird se alimenta principalmente de animales como calamares, rayas, peces piedra y pulpos.



*Mesoplodon peruvianus*. Sergio Martínez, (2012).

#### Ballena-picuda peruana, (*Mesoplodon peruvianus*)

- Es el mesoplodonte más pequeño que se conoce y al parecer según los datos consultados es endémico del Pacífico Oriental tropical, pero también se ha registrado en el Golfo de California.
- La mayoría de los varamientos y capturas incidentales se han llevado a cabo a lo largo de las costas de Ica y Lima, Perú, y también se ha registrado a la especie frente a las costas del Perú central. En Baja California Sur, particularmente en la Bahía de La Paz. Se ha registrado en el Golfo de California y Perú.
- Profundidad: 0 - 1989m (MacDonald, & Barrett, 2005). Se han recuperado restos de peces perciformes y mictófidios de algunos estómagos colectados lo que demuestra su alimentación.



*Pseudorca crassidens* Johns (2016).

#### Orca falsa (*Pseudorca crassidens*)

- Esta especie se distribuye en todas las aguas tropicales y cálidas templadas del mundo y ocasionalmente se tienen registros en aguas frías templadas (MacDonald, & Barrett, 2005). En el Golfo de California se tienen más de 45 avistamientos además esta especie habita en aguas cálidas y templadas, se caracteriza por tener hábitos pelágicos.
- Profundidad: 0 - 2332 m temperatura: 25 a 30 C° (Palomares, MLD & Pauly, 2019). La dieta de la orca falsa aparentemente es diversa, tanto en términos de especies como en el tamaño de la presa. En general suelen alimentarse de una gran variedad de calamares oceánicos y peces, aunque también se les ha observado consumir pequeños delfínidos liberados de las redes atuneras en el Pacífico oriental tropical.

(Modificado de Guerrero, et al., 2006).



*Orcinus orca* Cottele, (2016).

### Orca (*Orcinus orca*)

- La especie se encuentra en todos los océanos y en la mayoría de los mares del mundo. Tiene la distribución más amplia entre los cetáceos; habita con mayor frecuencia las aguas costeras en un rango de ochocientos kilómetros y las aguas frías a latitudes altas en ambos hemisferios.
- El género *Orcinus* es el más cosmopolita de los cetáceos. Actualmente se encuentra en aguas polares a ecuatoriales..
- Profundidad: Rango de profundidad 0 - 2652 m, Temperatura: de -5 a 10 C° (Palomares, MLD & Pauly, 2019). Principalmente se alimentan de peces, pero también incluyen en su dieta cetácea, pinnípedos, aves, reptiles y moluscos.



*Globicephala macrorhynchus* Dent (2018).

### Calderón de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*)

- El calderón común se distribuye en aguas ligeramente más frías que el calderón tropical y se divide en dos poblaciones. Se encuentran en todo el mundo sin embargo, el grupo más grande se distribuye en una banda circumpolar en el océano. Su límite sureño está ubicado entre los 25° tanto de la costa oriental como occidental de Sudamérica, Sudáfrica (Cabo Province), Australia occidental, Tasmania y la Isla Norte en Nueva Zelanda.
- Profundidad: 0-2418 m en Temperatura: de 15 y 16 C° (Palomares, MLD & Pauly, 2019). "Al parecer las ballenas piloto se alimentan exclusivamente de calamares en el Mar de Japón, aunque no se ha realizado un estudio detallado sobre sus hábitos alimenticios". (Kasuya y Marsh 1984, en Guerrero, Urbán et al., 2006, P. 388).



*Peponocephala electra* Herrera (2011).

### Calderón Pigmeo (*Peponocephala electra*)

- El calderón pigmeo se ha registrado en aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo. Frecuentemente se le observa en el Pacífico oriental tropical, en el archipiélago de Hawai y en Japón. Con base en capturas incidentales y en observaciones de pescadores se ha sugerido que la especie es un residente anual en regiones como Sri Lanka y las Antillas menores, algunos varamientos en el Golfo de México entre 1990 y 1991.
- Profundidad; Rango de profundidad 0 - 1815 m Temperatura: de 25 ca 30 C°, (Deng Palomares, ML y Pauly, D. 2019). De acuerdo con Jefferson y Barros (1997) la especie se alimenta básicamente de calamares.

(Modificado de Guerrero, et al., 2006)



MMP STR 12081  
*Mesoplodon  
densirostris*. Mead,  
(1995).

#### Mesoplodonte de Blainville (*mesoplodon densirostris*)

- Los avistamientos son comunes alrededor de algunos archipiélagos oceánicos, como el Hawaiian (EE. UU.) Y las Islas de la Sociedad (Polinesia Francesa). Ocurren en muchos mares cerrados con aguas profundas, como el Golfo de México, el Mar Caribe y el Mar de Japón. Sin embargo, solo hay registros raros de esta especie en el Mediterráneo, y por lo tanto, la ballena siempre merodea ahí.
- Profundidad: 0-2014m. (Palomares, M. y Pauly, D. 2019). Temperatura: aguas templadas. Alimentación: Principalmente se alimentan de cefalópodos que se encuentran en la zona disfótica.



*Balaenoptera  
musculus* Benson,  
(2015).

#### Ballena azul (*balaenoptera musculus*)

- Esta especie es muy rara en el Golfo de México. Las ballenas azules que se distribuyen en México pertenecen a la población California México, en general se distribuyen en México en las costas de los estados de Baja California, Baja California Sur y Sonora.
- Profundidad: 80 - 500 m. Temperatura: (-5-0) (Palomares, MLD y Pauly, D. 2019). Durante el verano se alimenta de diferentes especies dependiendo del área geográfica, aunque en algunos estómagos de ballenas azules se han encontrado una mezcla de eufásidos y copépodos.



*Balaenoptera  
physalus*, Broms,  
(2012).

#### Roncual común (*balaenoptera physalus*)

- habita en todos los mares del mundo, pero es muy raro en aguas tropicales. En el Pacífico Oriental tropical se conoce su presencia sólo en aguas oceánicas, muy lejanas a la costa, también se le ha visto en la costa suroccidental del Golfo de California.
- En el Golfo de México se las ha visto escasamente a lo largo del año, por lo que se cree que existe una población aislada, en forma similar que en el Golfo de California Alvarado, Zink & López, (30/06/2003). Profundidad: 0 - 230 m. Temperatura: -5° a 0° C (Palomares, MLD y Pauly, D. 2019). Entre sus presas se han reportado crustáceos y peces, así como ocasionalmente Cefalópodos y en el Golfo de California, consumiendo eufásidos durante el invierno, en el verano obtienen presas de mayor nivel trófico, dentro del que posiblemente se encuentren las sardinas.

(Modificado de Guerrero, et al., 2006).



*Physeter macrocephalus*  
Broms, (2007).

#### Cachalote (*physeter macrocephalus*)

- El cachalote tiene la distribución más extensa de todos los mamíferos marinos, a excepción de la orca *Orcinus orca*. Abarca todos los océanos profundos del mundo, desde el ecuador hasta los polos, aunque sólo los machos maduros se desplazan hasta las altas latitudes.
- Las entradas de baja profundidad tanto del mar Negro como el mar Rojo pueden contribuir a su ausencia (Shirihai, & Jarrett, 2006).
- Alimentación: el cachalote es básicamente un macroteutófago mesopelágico, es decir, que se alimenta de organismos como el calamar gigante y calamares mesopelágicos.
- Profundidad: 0-3200 m (Palomares, MLD & Pauly, 2019).

(Modificado de Guerrero, et al., 2006).

### 1.1.4 BASE BIOGEOGRÁFICA

Dentro de los intereses de la biogeografía, destaca la distribución geográfica de las especies, que es el conjunto de localidades donde cada especie ha sido registrada, ya sea mediante la colecta de especímenes o la observación, para así estimar áreas de distribución geográfica que resulten en un área con mayor probabilidad de que una determinada especie esté presente (Espinosa, Aguilar & Escalante, 2001). En otras palabras, la biogeografía es la rama de la geografía que estudia en todas las posibles escalas de análisis, la distribución de la vida en el espacio y cómo esta ha cambiado a través del tiempo (Brown & Lomolino, 1998).

Mientras el espacio geográfico está definido por dos coordenadas bidimensionales o modelos de elevación digital tridimensionales, el espacio ambiental es potencialmente multidimensional, definido por un conjunto de predictores ambientales (Elith, & Leathwick, 2009). Es decir, al momento de modelar las áreas de distribución de especies dentro del espacio geográfico, se incluye a otra escala el espacio ambiental, sin embargo, ambos se encuentran en la misma dimensión, abordando el objeto de estudio desde su determinada perspectiva. Por ello, los nichos ecológicos se encuentran en el espacio ambiental pero las áreas de distribución en el espacio geográfico. A continuación, se ejemplifica el modelo de dualidad entre el espacio geográfico y el espacio natural o ambiental, que finalmente coinciden en un punto de análisis, que se ejemplifica de forma clara dentro del modelo de dispensiograma que cuenta con tres dimensiones para así ejemplificar que variable esta interactuando en el ambiente fig. 2.

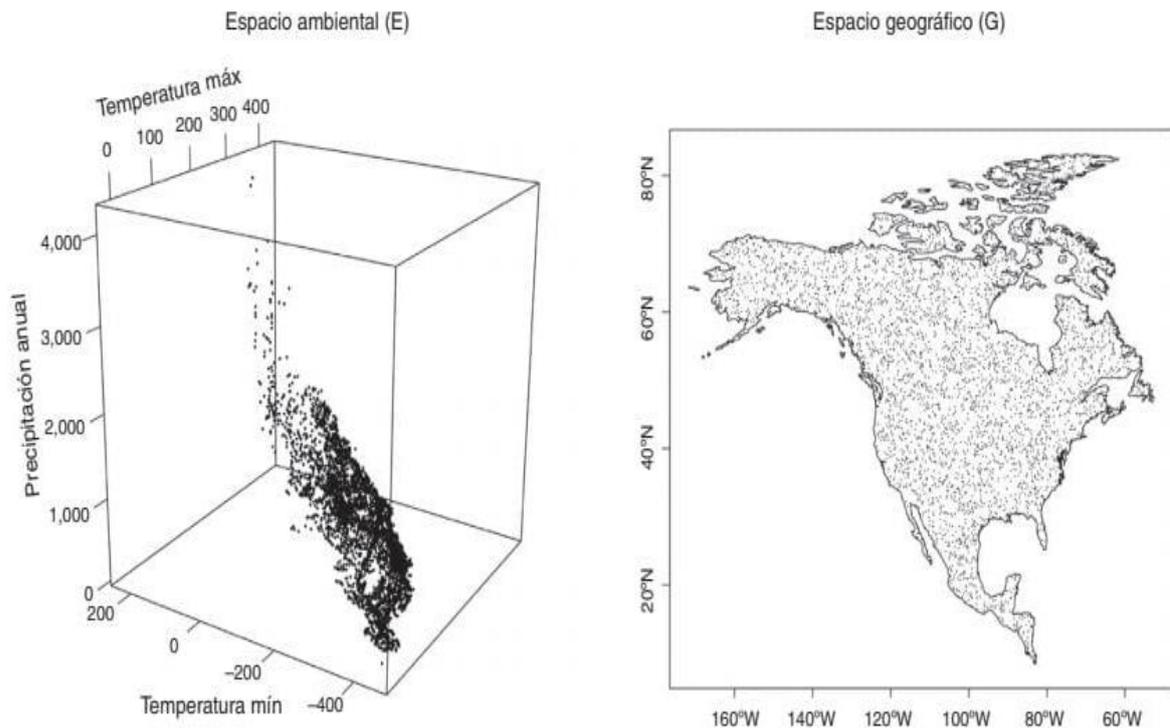


Figura 2. Dispersograma sobre el espacio geográfico (G) y ambiental (E) en 3 dimensiones. En este caso coinciden puntos 1 a 1 entre E y de G, extraída de J. Soberón et al. / Revista mexicana de la Biodiversidad 88 (2017) 437-441.

Esta figura sirve para ilustrar la correspondencia entre el espacio geográfico y el espacio de nicho, abstracto y multidimensional según el autor. Este es un ejemplo para modelar el nicho ecológico, que solo se menciona en este trabajo para acentuar que hay una relación geográfica con datos de ambiente en el ámbito de la biogeografía. En los estudios de nicho se determina el espacio ambiental con respecto del espacio geográfico, se pretende denotar la diferencia entre la modelación de nichos ENM y la modelación de áreas de distribución SDM. Ahora bien, esta hipótesis ejemplifica la dualidad de Hutchinson. Por ello, se puede decir que los nichos ecológicos se encuentran en el espacio ambiental que está en 3 dimensiones esto responde el por qué se ponen 3 variables y no 2, sin embargo, este modelo puede tener otras variables ambientales el autor menciona que este espacio de nicho es un hiper -volumen que puede estar compuesto de cuantas variables ambientales se puedan tener que pueden representarse en las áreas de distribución en el espacio geográfico, es decir la correlación del espacio en geografía y el espacio ambiental.

En el plano del modelo E se ejemplifican 3 variables climáticas expresadas en milímetros: la temperatura máxima, la mínima y la precipitación anual, (con datos al azar para el ejemplo mencionado). Sobre el espacio geográfico se colocaron 4000 puntos con coordenadas también al azar denotado por G y se extrajeron los valores de las 3 variables bioclimáticas correspondientes a cada punto del dispersograma de 3 dimensiones (E). Al ser los puntos coincidentes de relación 1:1 entre los puntos de espacio G y los del espacio E, ya en la modelación final esta correspondencia se puede operar para determinar su efectividad (Hijmans, Phillips, Leathwick, Elith y Hijmans. 2015). Este modelo puede ser muy especializado si se utilizan suficientes variables ambientales de un lugar específico para así descartar que haya en el planeta 2 o más regiones similares en donde se encuentre una especie, es decir, si una especie se encuentra por ejemplo en temperatura máxima 24 C° con precipitación 10 mm, se puede encontrar en el espacio geográfico en muchas regiones con esas características, por ello especificando con más variables con estas características se hacen particularidades de una zona idónea donde se encuentran determinadas especies. Es importante reconocer que estos espacios tienen topologías muy diferentes, por ejemplo, puntos muy lejanos en el espacio geográfico pueden ser iguales o muy similares en el espacio ambiental y que puntos muy cercanos en el espacio geográfico pueden ser muy diferentes en el ambiental. La imagen anterior, refiere el primer acercamiento al denotar la coincidencia de un punto geográfico en un espacio ambiental y poder plasmar esa situación en un espacio bidimensional, es decir, la cartografía final resultante de esta relación. Esta es la relación final que se pretende para un buen estudio de áreas de distribución se espera resolver la atribuida como dualidad de Hutchinson explicada en el diagrama BAM

## 1.2 MARCO TEÓRICO

### 1.2.3 MÉTODO DE JERARQUIZACIÓN ANALÍTICA, SAATY

El método de jerarquización analítica, por sus siglas en inglés (AHP), es una teoría de medición relativa de criterios intangibles. Con este enfoque de medición relativa, una escala de prioridades se deriva de las mediciones de comparación por pares, solo posteriormente de que se conocen los elementos a medir (Saaty, 2005). Este instrumento formal para la elaboración de alternativas con carácter matemático es útil en la toma de decisiones y sencillo de aplicar. Así pues, en "*Técnicas participativas para la planeación*" Sánchez, G., (2003). Se muestran cuatro etapas para su elaboración: la

primera es el planteamiento del problema (objetivo criterios y alternativas), la segunda es la evaluación de los criterios y las alternativas, en la tercera etapa se jerarquizan y posteriormente, en la cuarta etapa se obtienen matrices para responder la cuestión a una escala de importancia relativa (Sánchez, 2003). La aplicación de este método será útil para jerarquizar las diferentes especies de ballenas con las variables ambientales, puesto que cada una se encuentra en condiciones diferentes para así poder compararlas y establecer zonas comunes entre sí. La jerarquía implica una clasificación ordinal donde los niveles están subordinados entre sí mediante alguna base definida.

El modelo de diagrama de árbol fig. 3 representado jerárquicamente para denotar una primera aproximación el planteamiento de esta investigación.

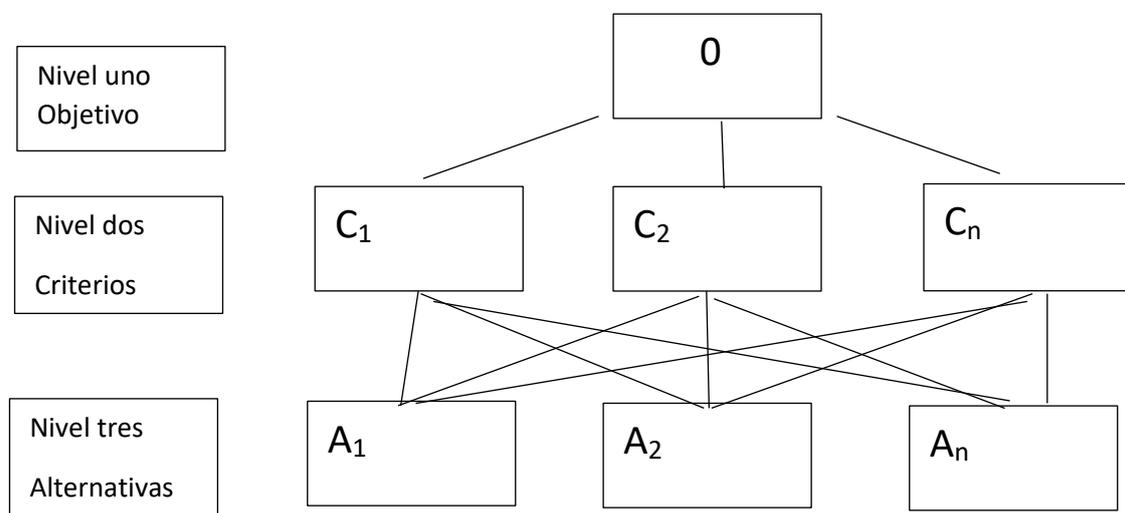


Figura 3. Representación jerárquica del problema. En este árbol jerárquico muestra la representación jerárquica del problema en cuestión, que para este caso será la distribución de ballenas, siguiendo esta base se podrá llegar a la resolución del objetivo. Sin embargo, tal y como menciona Sánchez, (2003) este diagrama no debe tener de preferencia más de un objetivo a realizar (Sánchez, 2003).

Para la segunda etapa se elabora una matriz a partir de comparar los criterios y así estimar la importancia relativa entre cada uno de ellos, tabla 1.

### ***NORMALIZACIÓN DE UNA MATRIZ DE CRITERIOS***

La normalización de variables estadísticas es una transformación que permite lograr comparaciones respecto a conjuntos de elementos. Normalizar una variable incluye analizar los datos, centrar y reducir variables, la matriz se representa con la forma en "A" de criterios, es una herramienta de gestión y control de proyectos que busca evaluar

la mejor decisión ante un problema clave, consiste en un acomodo de filas y columnas que al comparar permiten realizar una elección, con base en lo seleccionado se debe ponderar, es decir, considera de forma totalmente imparcial un asunto para así calcular el valor de una situación específica, para elegir de esta manera la mejor opción, esta matriz independiente que se toma como ejemplo para su identificación, tiene la propiedad de que el factor principal será en su comparación contraria igual a uno (Sánchez, 2003).

$$A = [a_{11} \ a_{12} \dots \ a_{1n}]$$

Se propone que a cada comparación dentro de la matriz se le asigne una calificación para diferentes comparaciones de variables que tengan un fin común, y de esta manera evaluar con ayuda de los valores dados en la escala fundamental, cuáles de estas variables influyen sobre las especies, o son más importantes a partir de un fin común que las otras. Sin embargo, para esto se deben normalizar los datos a partir de la fórmula "A" presentada, utilizando una matriz (Saaty, 2005).

La escala fundamental, que ha sido satisfactoria en comprobaciones empíricas, resume el proceso analítico jerárquico, es así que una vez definida la estructura jerárquica de datos, estos se valoran para responder a un fin común (Saaty, 2005), que en este caso serían las especies de ballenas comparadas entre las variables siguientes: alimento, avistamientos, profundidad, temperatura y temporada de reproducción. En la escala fundamental se demuestra la importancia relativa de estas variables y de las especies entre sí, En primera instancia se contemplaron más variables para modelar la distribución sin embargo no se encontró relación entre todas las especies y las variables, por ejemplo la salinidad no todas las especies tenían el dato de a que salinidad se encuentran o cuanto es común para ellas, lo que se hace es valorar la información que fue posible recabar para cada una de las especies, por ello solo se escogen las variables turismo alimento época de reproducción profundidad de inmersión y temperatura, la importancia de este método recae en que luego de la asignación de los pesos se otorga una medida de consistencia que permite valorar la relación de los criterios entre sí y así determinar si hay coherencia y pertinencia al final de la matriz se valoran las ponderaciones.

Por ello, esta herramienta es de gran utilidad para realizar comparaciones estadísticas que buscan como fin común la conservación de estas especies. Según la escala presentada en la tabla 1.

Tabla 1. La escala fundamental de números absolutos (Saaty, 2005).

LA ESCALA FUNDAMENTAL DE NÚMEROS ABSOLUTOS

Intensidad de importancia	Definición	Explicación
1 2 3	Igual importancia Débil o leve Moderada importancia	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo.
4 5	Más que moderada Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente una actividad sobre otra.
6 7	Mas fuerte Muy fuerte o importancia demostrada	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre otra.
8 9	Muy, muy fuerte Extrema importancia	Una actividad se favorece mucho más que otra. Su dominio es demostrado en práctica.
Recíprocos de arriba	Si la actividad $i$ tiene asignado uno de los números anteriores que no sean cero, en comparación con la actividad $j$ . Entonces $j$ tiene el valor recíproco en comparación con $i$	La evidencia favorece a una actividad sobre cualquiera, es el orden de afirmación más alto posible.
1.1 1.9	Si las actividades están muy cercanas	Puede ser difícil asignar el mejor valor, pero cuando se compara con otras actividades contrastantes, el tamaño de los números pequeños no sería demasiado notable, pero aún pueden indicar la importancia relativa de las actividades.

De esta manera se podrán establecer criterios para comparar las especies de ballenas y las variables que se utilizarán para definir su distribución. Cabe aclarar que se tomarán los criterios en la tabla anterior lo más apegados a la realidad posible, basado en información preexistente, además, teniendo en cuenta que todas las variables elegidas están sumamente relacionadas entre sí, se aclara que las variables contempladas se eligen así no por suponer ser las más importantes para el estudio, más bien porque cada ballena deberá tener información de esa variable para poder modelar su distribución, producto de esta escasez de información para algunas especies la valoración por Saaty da oportunidad al investigador de contrarrestar esta diferencia. La disparidad en rango de importancia relativa se establece en los distintos tipos de ballenas, esto dependiendo de sus necesidades y actividades que realizan dentro de sus hábitos comunes dentro de su nicho ecológico. La comparación de estas variables dará lugar a la matriz normalizada mostrada en la fig. 4, la cual debe ser comprobable para verificar que la metodología es correcta, se explicará en los resultados de este trabajo.

$$A' = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \frac{a_{21}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{22}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{2n}}{\sum a_{in}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix}$$

Figura 4. Ejemplo para normalizar una matriz. Esta imagen es un ejemplo de matriz normalizada en la que debe sumarse cada columna según sus calificaciones y en cada una se genera la ponderación final (Sánchez, 2003).

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La mayoría de las investigaciones de índole de conservación se siguen enfocando en los ambientes terrestres por razones prácticas y cuestiones tecnológicas, por lo que las regiones marinas se han quedado para la conservación y planificación de gestión, lo que trae como resultado pérdida de la diversidad biológica marina y desconocimiento para aplicaciones ambientales (Aguilar, et al. 2008). Este vacío de conocimiento se

puede abordar desde un enfoque geográfico, ya que la geografía humana y la geografía física están dentro de un mismo sistema (Vargas, G. 2012). Por ello, los principios que se utilicen para guiar la conservación y para implementarla requerirán la aplicación e integración del conocimiento multidisciplinario (Meffe *et al.* 1999).

Los estudios de esta índole son de gran dificultad debido, principalmente a las problemáticas logísticas que esto representa al ser un área de dimensiones extensas (Gómez, 2013). La naturaleza puede ser entendida como una red de sistemas jerárquicos, la desaparición o la pérdida de uno de estos sistemas implica la variación de parte de la jerarquía en la que estos se encuentren, debido a que las causalidades geográficas en el Golfo de California son únicas. El concepto de sistema desarrollado por Von Bertalanffy, (1993), era relacionado como concepto clave en la investigación científica, de ahí que en geografía un geosistema se compone por elementos que se agrupan en fenómenos o circunstancias particulares en un espacio dado (Mateo, J., da Silva, E., & Vicens, R. 2015). Es decir, la causa de la perturbación actual del hábitat de estas especies, según la idea anterior, se asocia a diversos factores, entre ellos actividades antrópicas, en general de índole económico, donde se han detectado a estas especies en diversas partes del mundo expuestas a la extinción, causando un peligro no solo a una especie de ballena sino a la supervivencia de la biodiversidad marina (González, 2002).

Conjuntamente a esto, muchas de las especies de ballenas que son populares para la observación o avistamiento se clasifican en la actualidad como en peligro de extinción. Las causas pueden ser factores muy diversos, pero mayormente es ocasionada por la alteración de su ecosistema (Zuñiga-Vega, 2011). Cabe resaltar que muchos mamíferos marinos, particularmente las grandes ballenas, migran a las regiones costeras tropicales para aparearse y dar a luz a sus crías, y educarlas para después encontrarse con otras familias de ballenas, mismas que son sensibles a las perturbaciones en su ambiente, como el tráfico marítimo en general (Fernández, 2009). De hecho, el uso de las ballenas para avistamiento promueve el turismo y las convierte en una atracción que "puede verse como otra forma de explotación dañina de estos mamíferos marinos" (Trovo B., et al., 2018.p. 563), lo que favorece a identificar y conservar otras especies que comparten nicho. Puesto que las ballenas están inmersas en más cuestiones que afectan su medio ambiente (Aguilar, et al., 2008), se deben tomar acciones y generar este tipo de estudios, así pues, este trabajo facilitará la toma de decisiones para la conservación, a través, del punto de vista de la biogeografía, pues se dedica a estudiar los patrones de distribución de los seres vivos (Townsend-Peterson, et al., 2011). Es por lo anterior que

este proyecto de investigación surge de la necesidad de establecer una zonificación y contribuir a la conservación de las ballenas del Golfo de California, por medio del análisis de datos de la distribución geográfica de estas especies, tomando en cuenta variables que influyen en su distribución mediante el uso del modelo de nicho ecológico que podrá apoyarse del método jerárquico analítico (Saaty, 2005). Se elige el método de Saaty ya que se hace preciso obtener alguna medida o magnitud que permita ponderar la importancia relativa de los datos, la importancia de este método en este análisis en particular radica en que se tienen 19 especies de ballenas actuales, con presencia en el Golfo de California (son todas según las bases de datos consultadas) y lo que se pretende es identificar la distribución de las diversas especies de ballenas que tienen su nicho en el Golfo de California con la finalidad de identificar zonas estratégicas de conservación para estas especies, sin embargo, producto de la escasez de información específica ya que muchas de estas especies son aún tema de investigaciones la valoración de Saaty da oportunidad al investigador de contrarrestar esta diferencia.

## 2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### 2.1. HIPÓTESIS

Las zonas estratégicas de conservación para las ballenas definidas a partir de variables biológicas, físicas y socioeconómicas tienen un efecto positivo en la preservación de su nicho en el Golfo de California.

### 2.2. OBJETIVOS

**General:** Identificar la distribución de las diversas especies de ballenas que tienen su nicho en el Golfo de California para rastrear zonas estratégicas de conservación para dichas especies.

**Objetivos específicos:**

- Determinar los factores bióticos y abióticos que influyen en la distribución de las ballenas en el Golfo de California, a partir de su selección con ayuda del diagrama BAM y el método basado en la escala fundamental de números absolutos.
- Evaluar la influencia socioeconómica que tienen las ballenas considerando la cartografía del proyecto de ordenamiento ecológico marino del Golfo de California, el

cual contempla el índice de pesca industrial, el índice de turismo de observación de ballenas e índice de conservación.

- Generar una zonificación de áreas de conservación para ballenas en el Golfo de California, a partir de un método jerárquico analítico que contempla una sobreposición ponderada de la abundancia de ballenas y los índices de turismo, pesca industrial y conservación.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. ANÁLISIS DE MAPAS DE PROYECTO ECOLÓGICO MARINO DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Los mapas que se presentan en este apartado fueron tomados del plan de ordenamiento ecológico marino (Ybarra & León, et al., 2006), en dicho proyecto de gobierno, se construyeron varios mapas, entre ellos el del índice de la pesca, el índice de conservación y el índice de turismo; estos últimos fueron los que se utilizaron en este trabajo para determinar zonas aprovechables económicamente respetando zonas de conservación.

Siendo así, lo que se hizo fue extraer las imágenes del proyecto para digitalizarlas con su referencia geográfica, por tanto, no se hizo ninguna otra modificación en el Proyecto de gobierno. Dichos mapas se utilizaron para comparar con la abundancia de ballenas y así proponer zonas de conservación, que posteriormente permitieron generar un mapa de conservación exclusivo para todas ballenas que llegan al Golfo de México

Estos mapas son el resultado de ese estudio y se utilizarán en este trabajo para revalorar sus datos, sin embargo, como se mencionó anteriormente en este caso se tomarán en cuenta a las especies de ballenas en cuestión debido a la importancia ecológica que representan y que ha sido explicada en secciones anteriores. De esta manera se podrá analizar si el proyecto ayuda a la conservación de estas especies y fomenta adecuadamente actividades económicas o si presenta un déficit de protección debido a la implementación de sus recomendaciones. Cabe mencionar que este proyecto actualmente está aprobado en 2006 lo que podría representar un riesgo alto para las especies de ballenas y finalmente a todo el ecosistema, el análisis de comparación se presentara en los resultados de esta tesis, a partir de la información que se presenta a continuación.

## ÍNDICE DE APTITUD DEL SECTOR CONSERVACIÓN

El mapa Fig. 5, está compuesto por los siguientes atributos:

**BIO:** Biodiversidad (Número de especies) **AVE:** Presencia de aves. **EESTA:** Presencia de especies con estatus de riesgo o sujetas a protección especial (vaquita, totoaba, tortugas, ballena azul, ballena jorobada, delfín nariz de botella, pepino de mar, tiburón ballena, tiburón blanco, tiburón peregrino). **PROD:** Concentración de pigmentos, **AEND:** Presencia de especies de algas endémicas **HUM:** Presencia de humedales, **Ba:** Presencia de bahías y lagunas costeras, **ANP:** Presencia de áreas naturales protegidas (Ybarra & León, et al., 2006).

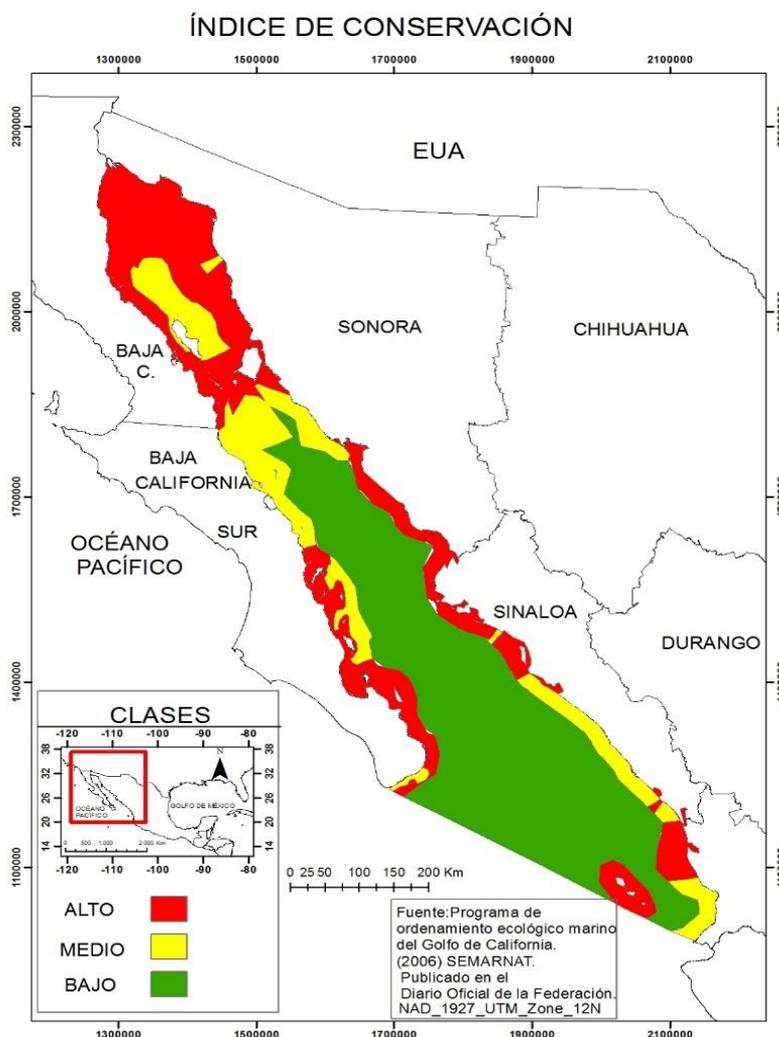


Figura 5. Índice de presión en la conservación. Lo que se está buscando en este mapa generado por el gobierno de México es fomentar zonas para la conservación, sin embargo, al momento en que se compare con la presencia de las ballenas puede que muchas de estas zonas donde se proponga un índice bajo de conservación y una

presencia alta de ballenas que no sea el óptimo para estas especies (Ybarra & León, et al., 2006).

## **ÍNDICE DE TURISMO**

El mapa fig. 6, es un mapa digitalizado del plan de ordenamiento ecológico marino del Golfo de California, demuestra el impacto de la aptitud turística, incluye el flujo de turismo en el mar de Cortes, considerando así la zona hotelera principal, los puertos y marinas, los aeropuertos que dan acceso al turismo nacional y extranjero, las carreteras, los atractivos turísticos de la zona, así como las actividades recreativas que se pueden realizar y sus servicios, los atractivos naturales, que se refiere a la riqueza de espacios de animales marinos y aves pero específicamente de interés económico, es decir para el turismo que busca ver especies conocidas o famosas que se encuentran en esta zona, además de las playas de interés, las lagunas y demás geomorfología del lugar.

Lo anterior en base a los siguientes índices medidos a partir de las variables generadas por el plan de gobierno:

**ANAM:** índice de atractivos naturales marinos presencia de especies de interés para turismo: aves; tortugas laúd, prieta y golfinas; mamíferos marinos; tiburón ballena; áreas naturales protegidas; ocurrencia de playas de interés; bahías y lagunas.

**ISTUM:** índice de servicios turísticos: sitios de buceo, sitios para surf, zonas de pesca deportiva, sitios de interés para deportes acuáticos.

**IPUM:** índice de puertos centros náuticos, marinas, fondeaderos y puertos naturales.

**IAER:** índice de aeropuertos: número de aeropuertos internacionales, nacionales y aeropistas en la unidad de influencia terrestre.

**ICAM:** índice de caminos kilómetros de carreteras pavimentadas y de terracerías en la unidad de influencia terrestre.

**IHOT:** índice de hoteles número de cuartos de hotel en la unidad de influencia terrestre (Ybarra & León, et al., 2006).

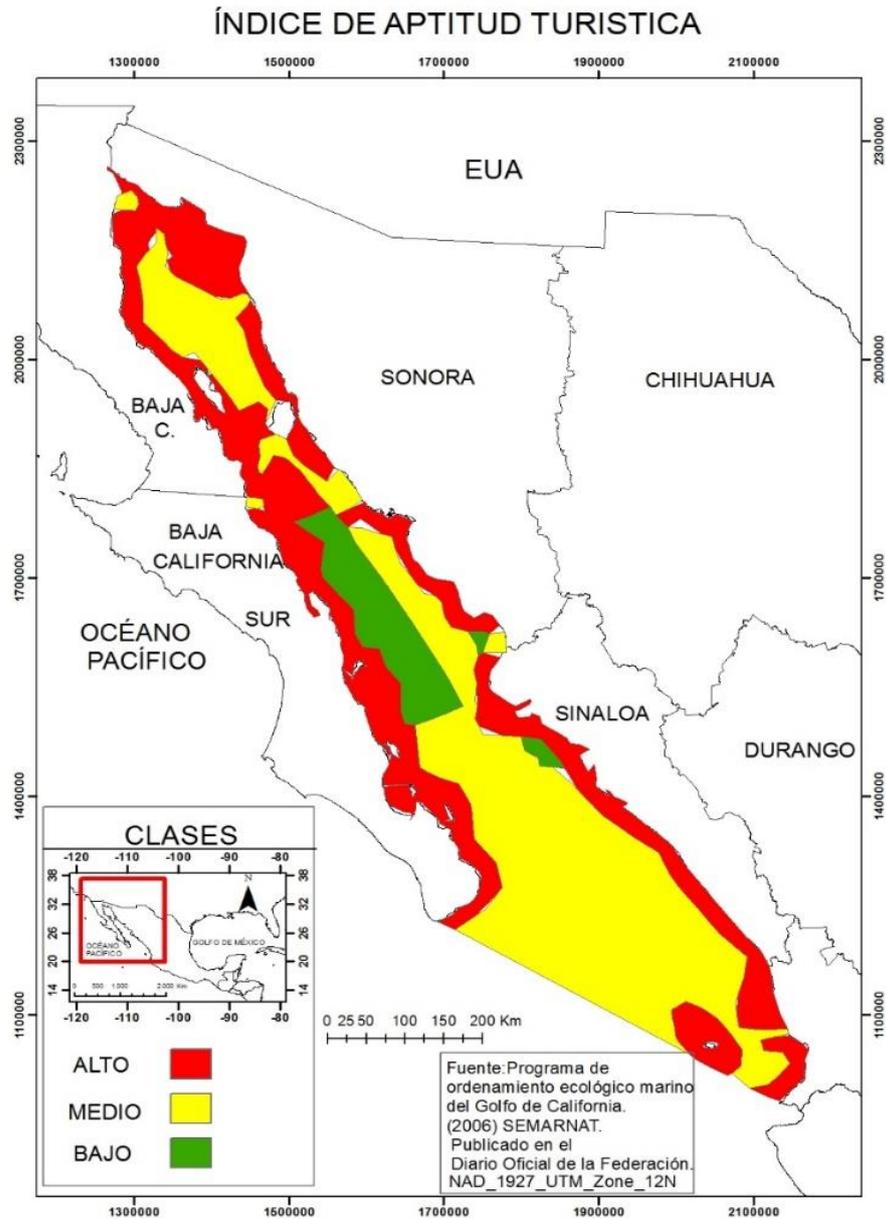


Figura 6. Índice de presión por el turismo. Se pretende favorecer la economía a través del turismo, sin embargo, al momento en que se compare con la presencia de las ballenas puede que muchas de estas zonas de donde se proponga un índice alto de turismo y una presencia alta de ballenas no resulte favorable para estas especies (Ybarra & León, et al., 2006).

## **ÍNDICE DE PESCA INDUSTRIAL**

El mapa fig. 7, fue igualmente digitalizado del programa: plan de ordenamiento ecológico marino del Golfo de California, demuestra la presencia de pesca industrial, sin embargo, no se contempla aquí la pesca de altura, la pesca de bajura o la pesca artesanal. Esta puede ser una cuestión conflictiva entre el sector pesquero y la autoridad que implementa los programas de manejo ambientales Guerrero, J. M. C., & Rivera, M. G. (2017). Esta actividad económica es de las más importantes para el país, además es en el tipo de pesca en la que más personas participan, este tipo de pesca es considerada representativa a nivel económico para nuestro país. Es un método de pesca se enfoca en conseguir el mayor número de ejemplares en el menor tiempo posible. Por ello se requiere de embarcaciones especializadas, las anteriores se caracterizan por tener redes y cédales para abarcar grandes capturas, se requiere también una buena infraestructura en puertos para desembarcar y distribuir la pesca que regularmente se hacen cada día.

El mapa de la Figura 7, está especificado por áreas en donde las especies se encuentran y habitualmente se pescan solo estas especies según el programa anteriormente mencionado, entre estas especies están: camarones, la pesca de especies de zonas pelágicas o especies menores como la anchoveta, la macarela o la sardina, zona de calamar, zona de corvina, y zona de pesca de especies de tiburón.

Cabe aclarar que se respetan los lineamientos nacionales para la pesca, cuidando así con las épocas de veda de especies, las variables incluidas para la construcción del mapa son las siguientes:

**CAM:** zona de pesca de camarón.

**PM:** zona de pesca de pelágicos menores.

**CAL:** zona de pesca de calamar.

**COR:** zona de pesca de corvina.

**TIB:** zona de pesca de tiburón.

Esta información es gestionada por SAGARPA (Ybarra & León et al., 2006).

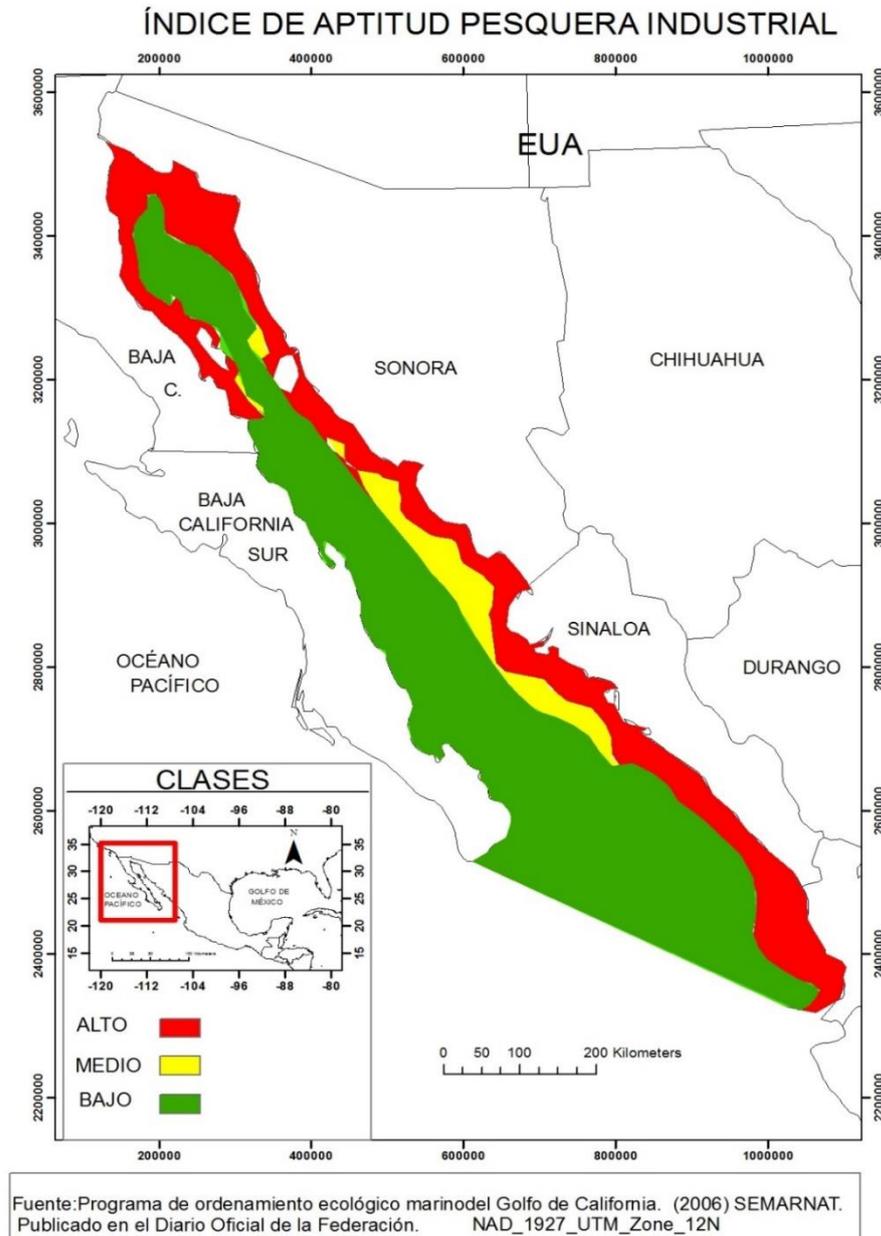


Figura 7. Índice de presión pesquera industrial. En el mapa anterior se muestran zonas para favorecer la economía a través de la pesca industrial. Las variables representadas contemplan solamente especies de peces que son comunes para la alimentación humana, sin embargo, se comparará con la presencia de ballenas puesto que en donde la pesca industrial sea de índice Alto, podría afectar a zonas recurrentes en donde exista presencia de ballenas, se pueden proponer zonas exclusivas o con menor escala de pesca si este fuera el caso (Ybarra & León, et al., 2006).

En el apartado de resultados para este trabajo se generaron propuestas para la zonificación de áreas de estos mapas, según la abundancia de ballenas en Golfo de California, reiterando que son realizados por el programa de gobierno de reordenamiento ecológico marino para el Golfo de California, esto con el fin de demostrar si sus medidas propuestas son o no viables para las especies de ballenas en este lugar.

### 3.1.2. ZONA DE ESTUDIO

El Golfo de California está ubicado entre los 20° 15' y 20° 47' de latitud norte y los 105° 15' y 105° 42' de longitud oeste. Limita al oeste con la Península de Baja California, y al este con los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco, así mismo, presenta una orientación Noroeste y Suroeste y se une al Océano Pacífico en su porción sur. El Golfo de California es un mar marginal de considerable interés oceanográfico y meteorológico, entre otras razones, por ser la única cuenca de evaporación del Océano Pacífico, por su alta productividad biológica, y por sus diferentes características hidrográficas, climáticas y topográficas. (Soto, L. Marioni, S. Pares, A. 1999, p. 2).

La zona de estudio que abarca esta tesis concentra áreas naturales protegidas, y una de las más importantes según CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas): la laguna Ojo de Liebre, que se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera el Vizcaíno, en la Península de Baja California para la UNESCO, (2019). El Golfo de California es un lugar óptimo para la conservación de especies, además de ser un sitio invaluable para la ciencia y turismo; por ello es considerado por tener gran valor económico (SEMARNAT, 2018).

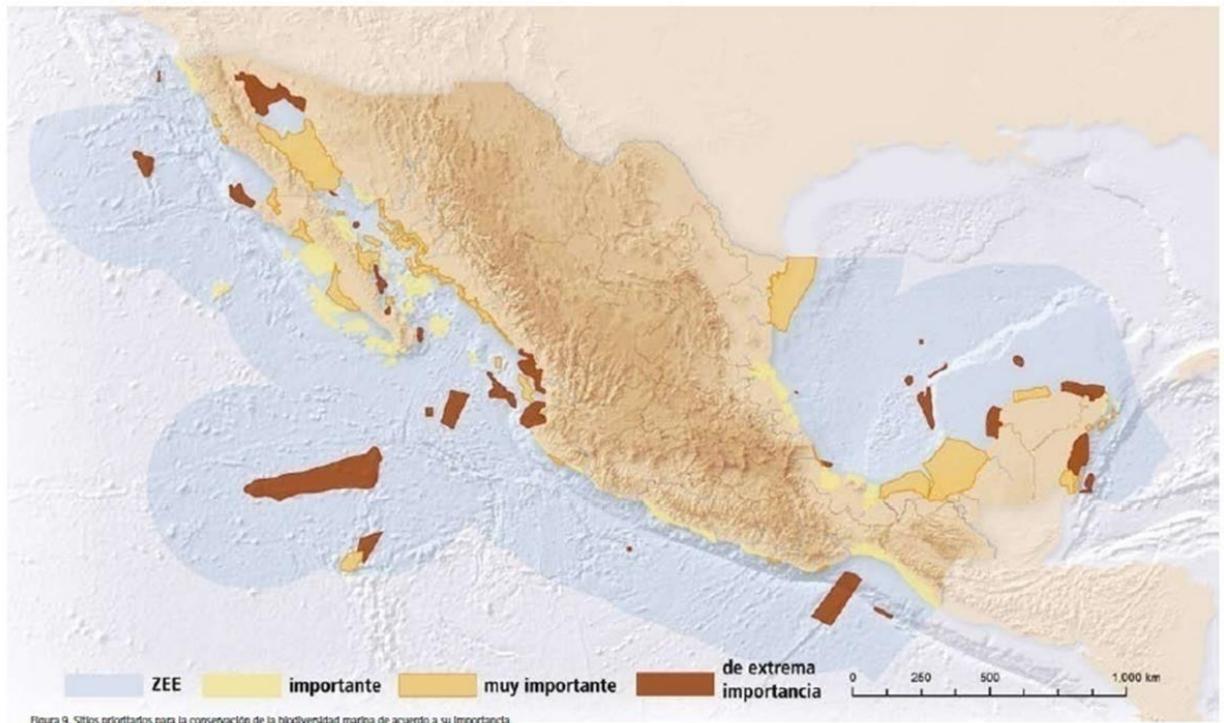


Figura 8. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina de acuerdo a su importancia. CONABIO, et al. (2007).

En la figura anterior, se pueden visualizar áreas importantes, en el Golfo de California sujetas a protección, que abarcan las costas en Baja California sur y el área Norte parece comprender más territorio de importancia, incluyendo un polígono amplio, los remanentes de característica de extrema importancia son áreas puntuales más pequeñas exceptuando el polígono del Norte, que sugiere una alta importancia de conservación en esta zona

El siguiente mapa fig. 9, muestra la zona de estudio, en consecuencia, todos los procesos metodológicos para la finalidad de este trabajo se realizarán dentro de esta área, y se considera hábitat de las especies de ballenas en cuestión. Algunas de estas, como la *Eschrichthius robustus*, que se desplaza viajando distancias muy amplias de hasta 5 mil Km (Rodríguez, J. 2004), o la Ballena azul (*Balaenoptera musculus*) su distribución abarca desde los océanos Ártico y Antártico hasta el ecuador (Guerrero, et al. 2006), ambas viajan para encontrar en dicho Golfo zonas de alimentación, reproducción y/o protección según sea el caso específico de cada especie de ballena (Rodríguez, J. 2004).

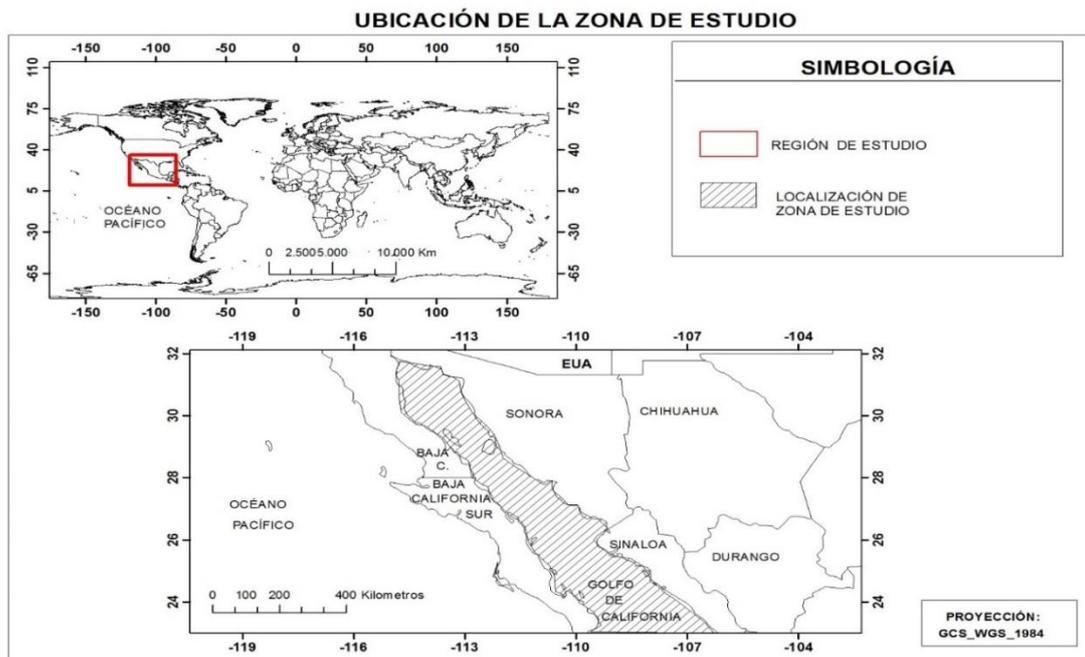


Figura 9. Zona de estudio tiene una proyección cartográfica en el sistema de coordenadas universal transversal de Mercator UTM zona datum (wgs84). Elaboración propia.

En el siguiente mapa fig. 10, se muestran las especies de ballenas consideradas en este estudio, así como su localización en todo el mundo. Este mapa es la primera aproximación para ejemplificar la magnitud de abundancia de ballenas en los mares del mundo. La distribución de las especies está regularmente asociada a la compleja oceanografía generada por variables físicas, biológicas y topográficas, así como a las interacciones biológicas, físicas y las relaciones tróficas en cualquier nivel trófico, es decir: Fitoplancton, zooplancton, micronecton y necton (Baumgartner et al., 2001); muchas de las especies de ballenas analizadas en este trabajo son consideradas especies paraguas, es decir, que cuidan y protegen especies simpátricas de su mismo hábitat (Berger, 1997; Roberger y Angelstam, 2004; Favreau et al., 2006) en (Catalá, 2011, p. 33), esto quiere decir que localizar y conservar estas especies se pueden ubicar y preservar muchas otras que comparten el mismo hábitat, algunas que incluso no se podrían encontrar en dichas zonas sin la presencia de estos mamíferos. O incluso también podrían ser otras especies que conviven en el nicho ecológico y que además pueden estar dentro de las listas de especies en peligro de extinción (Rodríguez, J. 2004).

## UBICACIÓN DE LAS ESPECIES DE BALLENAS EN EL MUNDO

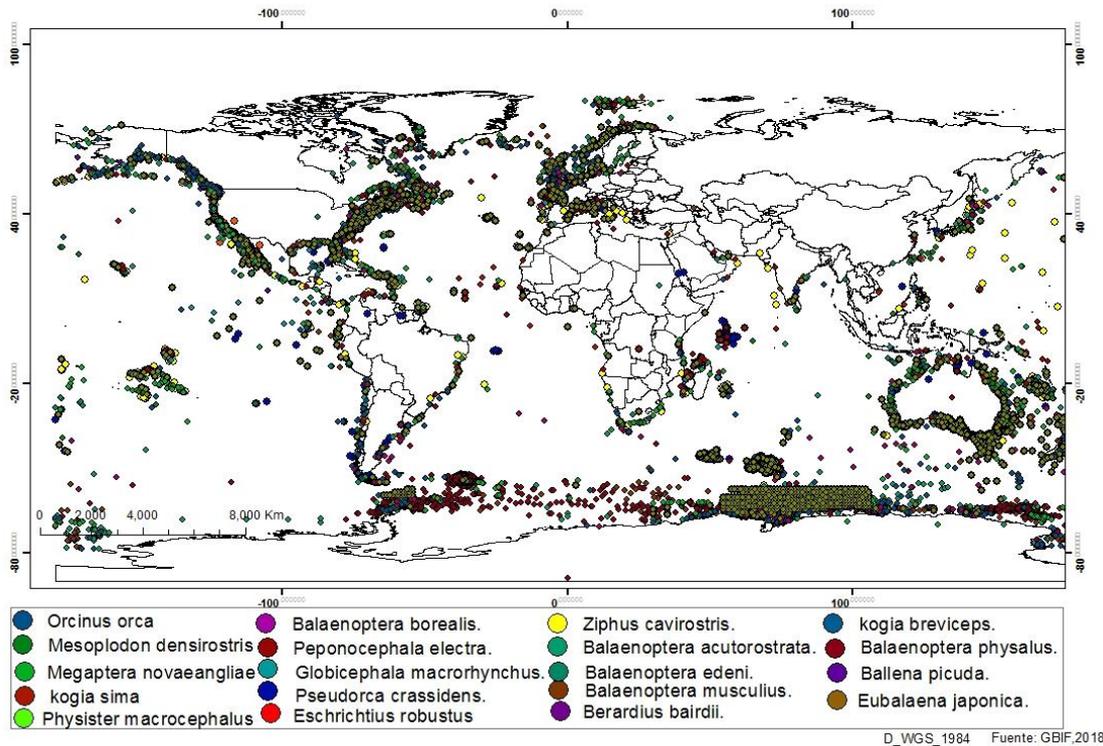


Figura 10. Ubicación de las especies de ballenas, tiene una proyección cartográfica en el sistema de coordenadas universal transversa de Mercator UTM zona 14 datum (wgs84). Elaboración propia con datos de GBIF, (2013).

Los puntos de los avistamientos de ballenas de la figura anterior se clasifican con las siguientes características dentro de este portal de información: observación de alguna máquina, observación humana, observación con material simple, literatura, espécimen preservado, fósil, espécimen vivo y datos con orígenes desconocidos. Todos estos puntos son tomados en cuenta para la primera aproximación del objeto de estudio, en la representación, los puntos de colores diferencian las especies de ballenas., de manera posterior se ira trabajando esta información para poder así trabajar con solo la información útil y concreta para este proyecto.

En la fig. 11, se representa las mismas especies sobre el área de estudio de este caso, es decir, se aprecia el área de estudio que implica solo al Golfo de California, incluyendo las especies que se encuentran dentro de esta área como mapa base para las futuras aproximaciones cartográficas en este proyecto.

Cabe señalar que, en este punto de síntesis de información, no se realizó ningún cambio en los datos de especies de GBIF (2013), por ello, este mapa es una aproximación a la zona de estudio ejemplificando el Golfo de California, y aunque esta zona sigue siendo de dimensiones considerables es la única manera en abarcar la distribución de las 19

especies conocidas en el mundo que llegan a esta zona para establecerse en relaciones ambientales, geográficas y biológicas.

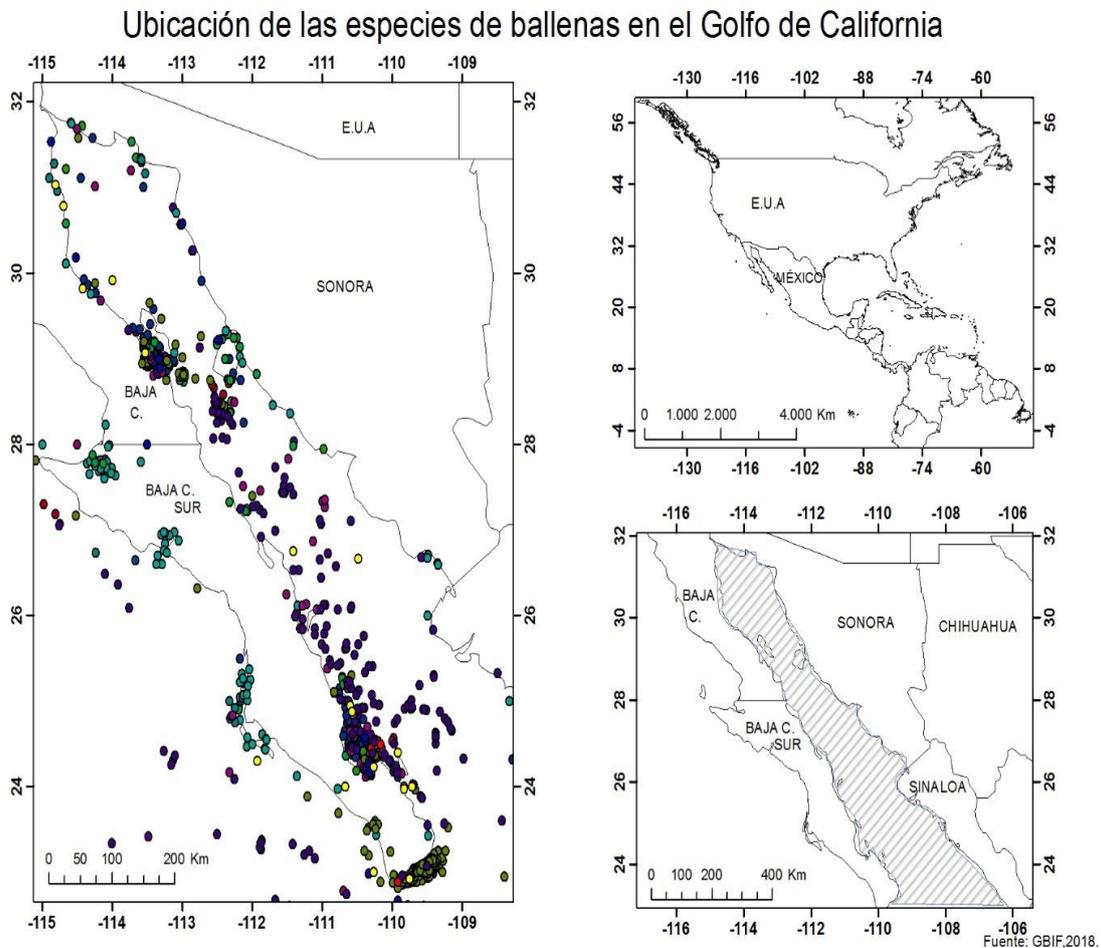


Figura 11. Ubicación de especies de ballenas en el Golfo de California 2018, tiene una proyección cartográfica en el sistema de coordenadas universal transversa de Mercator UTM zona datum (wgs84). Elaboración propia, información espacial bruta (GBIF, 2013).

En esta imagen, se ejemplifica la ubicación de las especies de manera general dentro del polígono marcado como zona de estudio, se reitera que los puntos dentro del continente en su mayoría son posiblemente errores de geo localización por parte de los avistamientos reportados por usuarios de base de datos de GBIF, algunos otros que aparecen en el continente son de especies fósiles localizadas en museos, por ello se precisa que esos puntos y en general los que están fuera del Golfo de California o que se encontraron en superficie continental, claramente no fueron tomados en cuenta para el objeto de estudio de este trabajo, solo se tomaron en cuenta los puntos de avistamientos georreferenciados dentro del golfo de California; de esta manera hay un mejor manejo de información.

### 3.1.3. CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Un Golfo es geomorfológicamente entendido como “la porción amplia del océano (un mar o lago) que penetra profundamente hacia tierra firme, pero con un régimen libre de circulación hídrica” (Lugo- Hubp, 1989, p. 209). En este caso el Golfo de California recibe también los nombres de Mar de Cortés y Mar Bermejo. Se encuentra al noroeste de México, y es reconocido, como el único mar marginal del Océano Pacífico oriental subtropical (Castro, et al 2000), así mismo, está localizado entre los estados de Sonora y Sinaloa, al este, y la península de Baja California en el oeste; en el sur, se conecta con el Océano Pacífico. Comprende aproximadamente 200 km de ancho, con profundidades que se extienden hasta los 2500 m en la Cuenca Pescadero, lo cual permite un intercambio libre entre el Pacífico y el Golfo. De igual forma cuenta con más de 85 islas (Secretaria de Marina 1987).

El clima en el área de estudio es principalmente seco, considerado como árido, pero con condiciones muy específicas de continentalidad extraordinarias de esta zona debido a la circulación de la atmósfera, a la configuración geofísica del Golfo y a la geomorfología del lugar como se puede ver en la siguiente imagen



Figura 12. Regiones climáticas de la subregión 27 de Global International Waters Assessment GIWA López-Camacho, et al., (2006).

La Evaluación Mundial de Aguas Internacionales (GIWA por sus siglas en inglés), es una iniciativa creada con el objetivo de generar estrategias para la identificación de prioridades para acciones de corrección y mitigación en aguas internacionales, a los fines de lograr beneficios ambientales significativos en los niveles regional, nacional y global. A pesar de que el clima en la región es considerado seco a una escala menor se pueden observar 7 regiones climáticas diferentes en esta región.

Durante la época invernal se presentan surgencias costeras que son movimientos ascendentes de las aguas subsuperficiales hacia las capas superficiales como producto de un balance de masas provocado por la dirección paralela a la costa e intensidad del viento hacia fuera de la costa (Chávez-Andrade, 2006). La humedad en el Golfo tiene que entrar por la misma boca de dicho Golfo, solo sucede con una perturbación tropical o una masa nubosa de gran extensión. Por tanto, la precipitación es muy escasa y los veranos extremadamente calientes en dicho Golfo (Jáuregui, & Cruz ,1980).

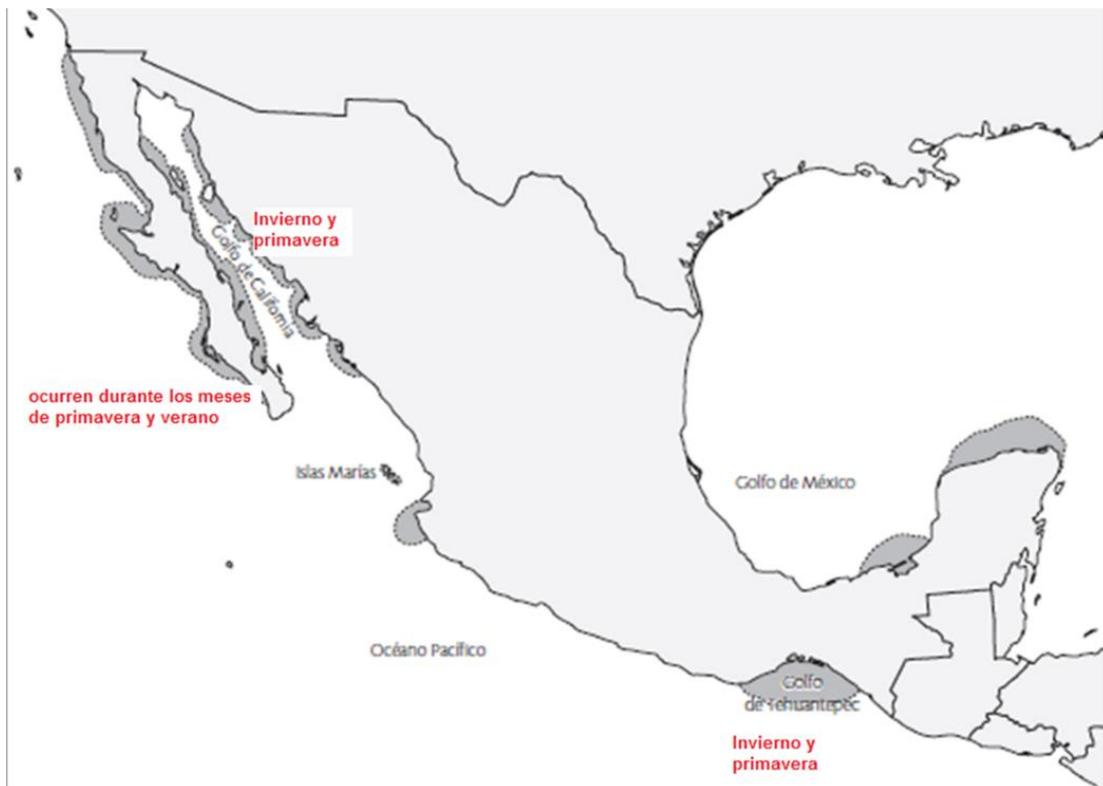


Figura 13. Surgencias marinas (Núñez Lara-Lara, J.R., et al. 2008.) pp. 135-159.

En la zona propia del golfo de California o mar de Cortez predominan las rocas ígneas extrusivas e intrusivas, en la zona del Pacífico Norte prevalecen rocas ígneas extrusivas, y en esta área las surgencias son provocadas por los vientos del NE. Y centro de California que provienen de Alaska.

La formación del Golfo de California es resultado de la separación horizontal respecto al continente, y se calcula que su formación inició hace 5 millones de años. Tiene una longitud de 1090 km y la amplitud de costa a costa es aproximadamente de 100 a 200 km. En el Golfo de California es notable la diferencia de profundidades ya que en su cabecera es somero, es decir, poco profundo por la acumulación de sedimentos

provenientes del río Colorado, en cambio en el extremo sur sobrepasa los -3500m de profundidad (Lugo Hubp, 1985 en Hernández, 1989, p. 72).

Además de lo anterior existen ecorregiones marinas en los mares mexicanos que según sus características son áreas biogeográficas relativamente grandes y se distinguen por el carácter de su flora y fauna, así como ecosistemas característicos

Tabla 2. Ecorregiones Marinas, esta tabla muestra las Ecorregiones marinas contempladas en México (SEMARNAT, 2015).

<b>Tipo de Ecorregión</b>	<b>Superficie total (km²)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Golfo de California	262,284	8.31
Golfo de México Norte	75,298	2.39
Golfo de México Sur	663,182	21.01
Mar Caribe	95,534	3.03
Pacífico Centroamericano	148,923	4.72
Pacífico Sudcaliforniano	808,154	25.61
Pacífico Transicional de Monterey	65,225	2.07
Pacífico Transicional Mexicano	1,037,587	32.87

Las ecorregiones marinas de México nivel I, son unidades geográficas que agrupan grandes masas y corrientes de agua, mares encerrados y regiones con temperatura marina similar. En nuestro país se localizan ocho ecorregiones marinas, siendo el Pacífico Transicional Mexicano, el Pacífico Sudcaliforniano y el Golfo de México Sur las más extensas SEMARNAT (2015).

En la zona costera de Baja California, la Bahía de Todos Santos, Golfo de California y Pacífico Central se ha analizado que en los océanos la circulación general de las corrientes es forzada por el viento, flujos de calor y condiciones de frontera abierta Moreno H., (2016). Punto importante a considerar la dinámica en la corriente de aguas por ello se muestra el mapa de corrientes marinas continuación.

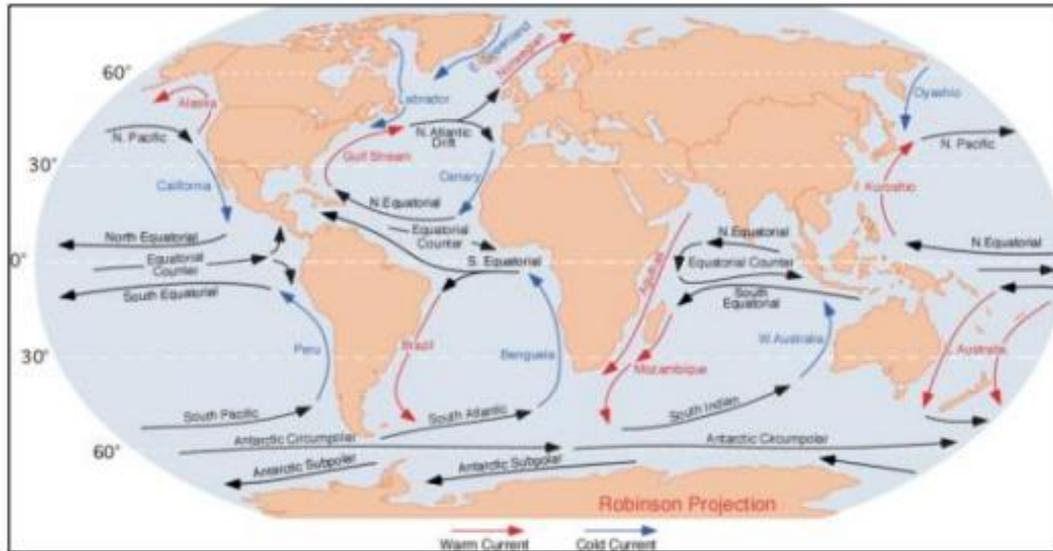


Figura 14. Circulación de corrientes marinas Moreno H., (2016)

En la figura anterior, debemos considerar, que al igual que ocurre con la dinámica general de los vientos las aguas marinas, se rigen por la teoría de la dinámica de fluidos, esto quiere decir que fluidos de distinta temperatura tienden a compensar las diferencias de temperaturas dando así un movimiento del fluido que en este caso origina las corrientes marinas. A esto, debemos añadir, las características generales del agua como fluido, que será más denso cuanto más frío, así como más denso cuanto mayor sea su concentración de sal, lo que conocemos como circulación termohalina (Moreno H., 2016). En este sentido, debemos entender que las corrientes, circularían en un sentido norte-sur, sur-norte, es decir, desde el ecuador hacia los polos y viceversa, pero el movimiento de rotación de la tierra modifica la dirección de las corrientes moviéndolas en forma circular, en sentido horario en el hemisferio norte y al contrario en el hemisferio sur. Además, los continentes constituyen obstáculos que modifican también el devenir de las corrientes marinas (Moreno H., 2016).

En general estas corrientes superficiales generadas por el esfuerzo del viento pueden ser cálidas o frías. Las cálidas fluyen del Ecuador hacia los polos y las frías en sentido opuesto.

Las corrientes predominantes en el Pacífico son Sistema de corriente de California y corriente Ecuatorial que forman parte de los giros Nor-ecuatorial y Sur-ecuatorial respectivamente. En el océano Atlántico se encuentra la corriente del Golfo de México (corriente de Lazo) (Moreno H., 2016).

El sistema de la corriente de California lo conforman 3 corrientes:

Corriente de California (CC) con dirección al Ecuador. Corriente costera superficial estacional (CCS). La contracorriente sub-superficial (CSS) que viaja al norte. La Corriente Nor-Ecuatorial es una corriente marina cálida del océano Pacífico que fluye de Este a Oeste entre alrededor de los paralelos 10° norte y 20° norte. A pesar de su nombre, la corriente Ecuatorial del Norte no está conectada con el Ecuador. En ambos océanos, está separada de la circulación ecuatorial por la contracorriente ecuatorial (también conocida como la Contracorriente Ecuatorial), que fluye hacia el Este Moreno H., (2016). Estas corrientes superficiales ecuatoriales, denominadas Nor Ecuatorial y Sur Ecuatorial respectivamente, transportan considerables volúmenes de agua caliente, provocando un descenso del nivel del mar en el lado este del Pacífico y acumulando enormes volúmenes de agua cálida en las regiones ecuatoriales y tropicales del lado oeste.

Las actividades económicas más importantes que se realizan son la pesca y el turismo. Por un lado, la pesquería industrial es una de las más importantes en el Golfo de California, esto se debe a la fuente de ingresos y ocupaciones para las comunidades a lo largo del Golfo (Valdéz –Gardea, 2010). Sin embargo, esta misma tiene repercusiones con la fauna acuática ya que genera capturas incidentales de especies en México, por ello en esta zona se imponen temporadas de veda para cuidar el ciclo de reproducción de las especies. Por otro lado, la importancia creciente del turismo, específicamente del denominado ecoturismo como fuente generadora de empleos y divisas crea la posibilidad de constituirse en una buena alternativa a los procesos extractivos, claro está, si es efectuado con un riguroso proceso de planeación, evaluación, control y ajuste continuo de su desarrollo (Arizpe, 2004).

### 3.1.4. ESPECIES DE CETÁCEOS QUE SON OBJETO DE ESTUDIO

Para efectuar un análisis de conservación de estas especies desde una perspectiva geográfica, se tomaron en cuenta las ballenas que se encuentran en categoría de riesgo de extinción y se usó la clasificación de la IUNC, (1998) y NOM-059-SEMARNAT, (2010), para revisar a cada una de las 19 especies. Como segundo punto para este trabajo se buscó información como sus hábitos alimenticios, la profundidad a la que realizan inmersión, si son especies de alto interés turístico, su temporada de reproducción y su temperatura óptima en el océano, además de otros aspectos generales de cada una. Pese a que algunas de estas no son muy estudiadas se recurre

a homologar la información que se obtenga para así evaluar datos de cada especie según las variables: temporada de reproducción, turismo, alimentación, temperatura y profundidad de inmersión y temporada de reproducción. Posteriormente se aplicó el método jerárquico analítico para ponderar los datos recabados. De esta manera, con un plan de conservación y medidas adecuadas lo que se busca es contribuir a la conservación de estas ballenas y otros animales marinos dentro del hábitat las cuales además conllevan relaciones importantes dentro de este nicho, debido a que existen especies sucedáneas de las cuales las más conocidas son las especies clave, bandera, paraguas e indicadoras (Catalá, 2011).

La tabla siguiente Tabla 3, hace referencia a los grupos de ballenas objeto de estudio para este trabajo. Se consideran estas especies, ya que en su distribución todas coinciden en el Golfo de California lo que representa un nicho ecológico para estas. Todas ellas se encuentran incluidas en el Catalogue of Life, el cual es un portal reconocido mundialmente en donde está incluido el nombre de cada especie de forma oficial en el ámbito científico, es decir que mundialmente está validado el nombre de cada especie lo que facilito diferenciarlas y evitar confusiones entre diferentes géneros.

Tabla 3. Especies de ballenas consideradas. Elaboración propia, (Species 2000,2019 & ITIS Catalogue of Life), (Roskov, Et al. 2019).

Nombre común /Nombre científico	Validado por Species 2000 & ITIS Catalogue of Life.
Ballena Franca ( <i>Eubalaena japónica</i> ).	Valido, <i>Eubalaena Japónica</i> (Lacépède, 1818).
Ballena Gris ( <i>Eschrichtius robustus</i> ).	Valido, <i>Eschrichtius robustus</i> (Lilljeborg, 1861).
Ballena Jorobada ( <i>Megaptera novaeangliae</i> ).	Valido, <i>Megaptera novaeangliae</i> (Borowski, 1781).
Ballena menor, Rorcual de Minke ( <i>Balaenoptera acutorostrata</i> ).	Valido, <i>Balaenoptera acutorostrata</i> (Lacépède, 1804).
Rocual tropical ( <i>Balaenoptera edeni</i> ).	Valido, <i>Balaenoptera edeni</i> (Anderson, 1879).
Rorcual de sei ( <i>Balaenoptera borealis</i> ).	Valido, <i>Balaenoptera borealis schlegelii</i> (Flower, 1865).
Cachalote pigmeo ( <i>Kogia breviceps</i> ).	Valido, <i>Kogia breviceps</i> (Blainville, 1838).
(Kogia sima) Cachalote enano ( <i>kogia simus</i> ).	Valido, <i>Kogia sima</i> (Owen, 1866).
Zifido de Cuvier ( <i>Ziphius cavirostris</i> ).	Valido, <i>Ballena picuda</i> (Cuvier, G. Cuvier, 1823).
Zifido de Baird ( <i>Berardius bairdii</i> ).	Valido, <i>Berardius bairdii</i> (Stejneger, 1883).
Ballena picuda peruana, <i>Mesoplodonte pigmeo</i> ( <i>Mesoplodon ocephala electra</i> ).	Valido, <i>Mesoplodon peruvianus</i> Reyes, (Mead y Van Waerebeek, 1991).

Tabla 3. (continuación). Especies de ballenas consideradas. Elaboración propia, (Species 2000,2019 & ITIS Catalogue of Life), (Roskov, Et al. 2019).

Nombre común /Nombre científico	Validado por Species 2000 & ITIS Catalogue of Life.
Orca falsa ( <i>Pseudorca crassidens</i> ).	Valido, <i>Pseudorca crassidens</i> (Owen, 1846).
Orca ( <i>Orcinus orca</i> ).	Valido, <i>Orcinus orca</i> (Linnaeus, 1758).
Calderón de aletas cortas ( <i>Globicephala macrorhynchus</i> ).	Valido, <i>Globicephala macrorhynchus</i> (Gray, 1846).
Calderón Pigmeo ( <i>Peponocephala electra</i> ).	Valido, <i>Peponocephala electra</i> (Gray, 1846).
Mesoplodonte de Blainville ( <i>mesoplodon densirostris</i> ).	Valido, <i>Mesoplodon densirostris</i> (Blainville, 1817).
Ballena azul ( <i>balaenoptera musculus</i> ).	Valido, <i>Balaenoptera musculus</i> (Linnaeus, 1758).
Roncual común ( <i>balaenoptera physalus</i> ).	Valido, <i>balaenoptera physalus</i> (linnaeus ,1758).
Cachalote ( <i>physeter macrocephalus</i> ).	Valido, <i>physeter macrocephalus</i> (linnaeus, 1758).

Se aprecia que la riqueza de cetáceos en el mundo concentra gran parte en el Golfo de California con las especies anteriores. Todas las anteriores se encuentran localizadas en este punto geográfico debido a sus características individuales de vida que las hacen coincidir en este punto, ya que en sus aguas se han registrado 8 de las 13 familias existentes que contienen a 39 de las 86 conocidas a nivel mundial (IUCN, 1998). Esta diversidad marina es el resultado de varios factores como lo son la ubicación geográfica, la variedad de ambientes marinos y costeros, las variaciones espacio-temporales, además de la geología de México.

Las anteriores especies son el punto de partida, ya que fueron consideradas en todos los procesos cartográficos que requieren generarse para lograr los objetivos de la presente la tesis. Los datos recopilados para cada una de estas ayudarán a estimar

resultados con mayor certeza. Ahora bien, la utilización de esta tabla de especies se explica a continuación:

En primer lugar, del portal Global biodiversity information facility GBIF se obtuvieron las especies de ballenas georreferenciadas para elaborar un mapa inicial de presencia. Posteriormente, se eligieron los mapas del proyecto de gobierno del “Plan de ordenamiento ecológico marino para el Golfo de California”, debido a que el análisis que concretan coincide en la zona de estudio de este trabajo y las variables que utilizaron, que son: índice de turismo, índice de conservación e índice pesca; las cuales, afectan directamente a la localización de puntos de ballenas en la zona, por ello estas variables de mapas, se comparan con la abundancia de especies para denotar en primera instancia zonas de coincidencia entre la zonificación propuesta y la geolocalización de especies, lo anterior se explica desde la fig. 25 a la fig. 29.

Para definir la densidad de puntos de presencia de especies y aplicar el método jerárquico analítico, se eligieron algunas variables atendiendo al diagrama BAM sin embargo se busca incluir en estas variables información precisa de las 19 especies. Esto debido a que no se cuenta con información suficiente de ciertas especies por el desconocimiento de la actividad de estas ballenas, las cuales hasta la fecha siguen siendo un desafío para la ciencia (Ariche, M. 2018). Las variables que nos ayudarán a realizar el objetivo previsto son: temporada de reproducción, temperatura superficial del océano, profundidad del océano, turismo de avistamientos, y el alimento de especies (fitoplancton, peces, entre otros). Estas variables fueron elegidas ya que son las que se obtuvo información para cada especie, en un principio se contemplaron otras como la salinidad, la pesca, el oxígeno disuelto, etc. Sin embargo, reitero que no había información de muchas de estas especies, por ello se eligen las variables de las que fue posible recabar datos para cada especie, así facilito comparar las ballenas entre sí. A partir de esto se realiza cartografía aplicando densidad de puntos de especie en general y después para cada variable a partir de la jerarquización analítica, y se le asignan valores según la tabla de Saaty, (2005).

## 3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de este trabajo se utilizaron tres etapas las cuales se explican en los esquemas: fig. 15. fig. 16. y fig. 17. Con estos, se busca cumplir con el objetivo: de identificar la distribución de las diversas especies de ballenas que tienen su nicho en el Golfo de California con la finalidad de proponer zonas estratégicas de conservación para estas especies.

En cada etapa se ejemplifican las variables y métodos utilizados para así facilitar su comprensión. Cada fase se divide por una numeración que indica los pasos cronológicamente desarrollados.

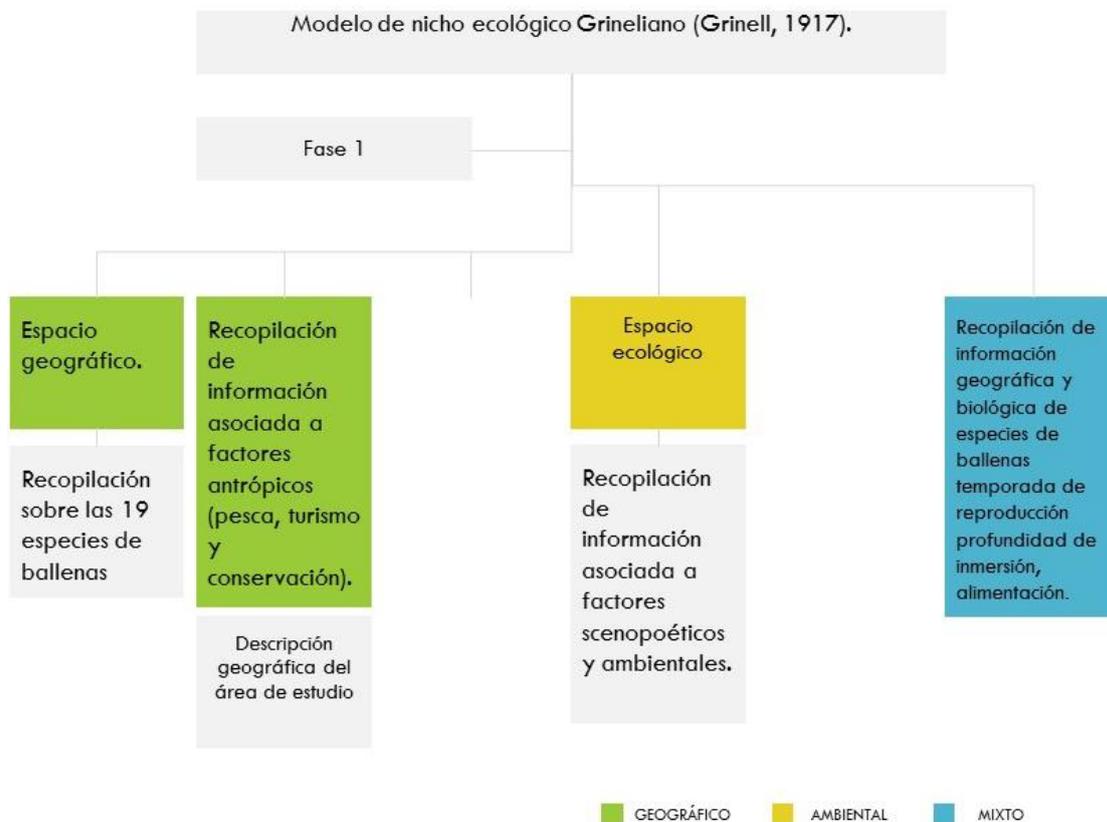


Figura 15. Esquema metodológico fase 1. Elaboración propia.

Todos los procesos cartográficos mencionados a continuación tienen como base el mapa de división política de México INEGI, (2016). En esta etapa se recabaron datos de presencia de 19 especies de ballenas. Para este trabajo se usará el modelo de nicho ecológico para definir el Modelo de Distribución de Especies (MDE), que para este caso son 19 especies de ballenas en el Golfo de California donde existe una distinción entre el espacio ambiental y el geográfico.

La información para cada una de las ballenas observadas fue obtenida del portal Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2013). La ventaja de estos datos es que se encuentran georeferenciados y actualizados para cada especie. Es así como, paso seguido, se utilizó el modelo de nicho ecológico de Townsend-Peterson, et al., (2011), método que en los últimos años se ha vuelto clave en el desarrollo de la biogeografía, pues las estimaciones que generan este tipo de modelos han logrado comprender

problemáticas ambientales que sugieren algún grado de alteración en los ecosistemas (Illoldi & Escalante, 2008). Después se buscaron datos de las variables ambientales y antrópicas (Guisan & Zimmermann, 2005), como lo son: la profundidad, la temporada de reproducción, la temperatura superficial del océano, el alimento y el turismo de avistamientos. Posteriormente con esta información de ballenas se valoran las variables anteriores en un espacio determinado, en este caso el Golfo de California, ya que como menciona Grinnell (1917), lo que se busca es la relación entre el espacio ecológico y el geográfico denominado como “la dualidad de Hutchinson” (Soberón Osorio-Olvera & Townsend- Peterson, 2017). Finalmente se tomaron en cuenta los datos generales de cada una de las 19 especies de ballenas anteriormente mencionadas para organizar la información de cada especie. Todo lo anterior siguiendo el concepto del nicho ecológico.



Figura 16. Esquema metodológico fase 2. Elaboración propia.

En esta segunda fase se propone una zonificación en el Golfo de California, en donde el atributo de comparación fueron las 19 especies de ballenas con cada uno de los mapas proyectados en la proyección cónica transversa de Lambert, que son: índice de turismo, índice de pesca industrial e índice de conservación; para así incluir zonas en cada una de las diferentes temáticas dentro del proyecto de gobierno con los mapas ya mencionados (pesca, conservación y turismo) y utilizadas a partir de esta cartografía base.

Como primer punto, la presencia de especies de ballenas se debe convertir con kernel density para mostrar la abundancia, la cual puede ser definida de dos maneras: la abundancia relativa de una especie en la comunidad, que es la proporción de especies que contribuyen a la abundancia total; y la abundancia absoluta, que puede ser entendida como el número de individuos (Magurran, 1988). Para esto, el mapa resultante de densidad de ballenas se sintetiza para poder homologar la información y definir la abundancia absoluta de estas especies en áreas específicas, y junto con los mapas del proyecto de gobierno proponer áreas de conservación según la distribución de las diversas especies de ballenas que habitan el Golfo de California.

Para la modelación de abundancia de especies fig. 22 y realizar el modelo de las zonas de conservación se utiliza el modelo sintetizado de especies fig. 25, para poder comparar información, posteriormente, se utilizó el software *ArcGis 10.3*, como se utilizó en Gómez, (2013). En este caso para llevar a cabo una superposición de capas que permite comparaciones entre mapas de índices de presión y la abundancia de ballenas medida por su densidad. La construcción de esta cartografía se explica con las figuras 26, 27, 28 y 29.

El mapa generado de abundancia de especies de ballenas fig. 25, fue resultado de recopilar datos del catálogo de GBIF, (2013), para posteriormente simplificar la información de datos de avistamientos. Finalmente, se utilizó la herramienta kernel density (Sheather & Jones, 1991), la cual permite generar densidades dentro de un margen de datos de puntos en un área. Así, después del resultado generado, se establecieron rangos, clasificados como alto medio y bajo.

El mapa de índice de pesca industrial, mapa de índice conservación y mapa de índice de turismo fig. 5, Fig. 6, Y fig. 7, respectivamente), fueron referenciados según las coordenadas que se presentaban en las imágenes del proyecto, después cada uno de ellos se georreferenció en NAD 1927 UTM zona 12N en la proyección cónica transversa de Lambert. Se tomó en cuenta la información preexistente de cada mapa mostrado en el capítulo 1.3, en el apartado de antecedentes de este trabajo, y a partir de esto fue que en la simbología se respetaron los rangos alto, medio y bajo. Se sobrepuso a la abundancia realizada con kernel density a los puntos de presencia de ballenas, y así mostrar abundancia de especies. Finalmente se procede a sobreponer la abundancia de ballenas en cada uno de los mapas anteriores, y a partir de la comparación se crearon zonas de conservación de estas áreas representando las propuestas con un shape de polígono (Sheather & Jones, 1991).

Cabe mencionar que el programa de conservación ecológico marino para el Golfo de California no especifica de dónde obtuvo datos para su análisis en los mapas de índices de turismo, conservación y pesca industrial. A pesar de ello, se menciona que son datos abiertos de las diferentes entidades por parte del gobierno de México. En virtud de ello, se espera que el análisis realizado por este proyecto fuera hecho de la mejor manera posible.

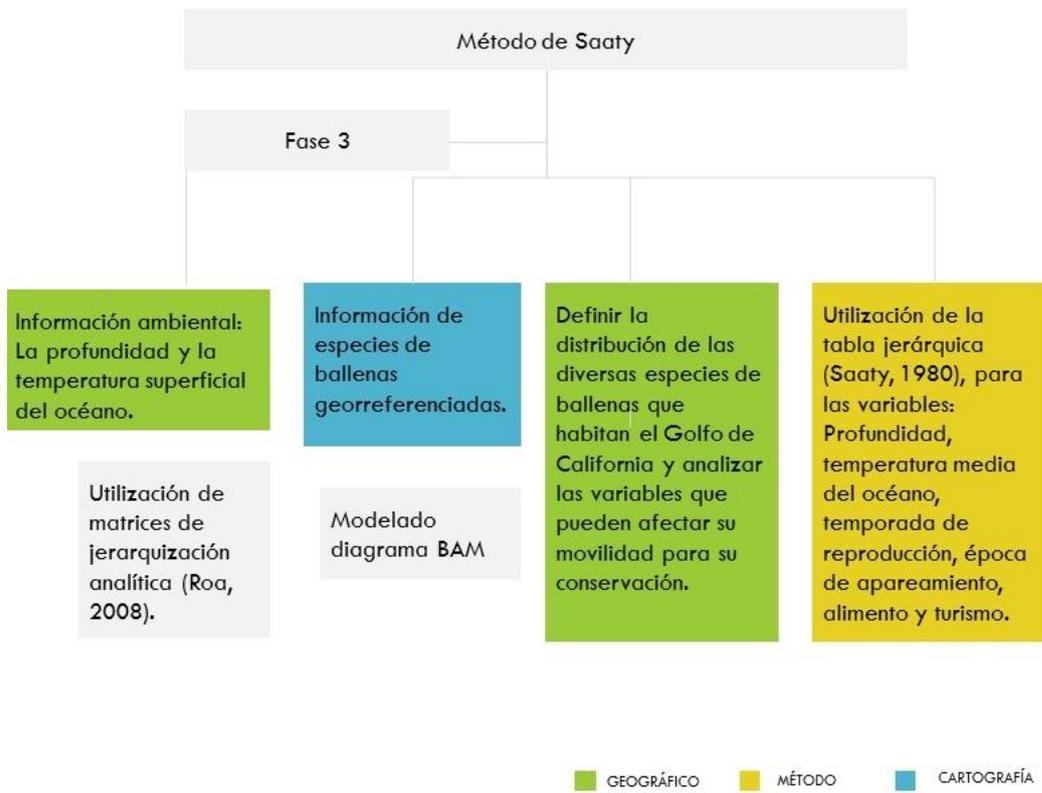


Figura 17. Esquema metodológico fase 3. Elaboración propia.

En esta etapa se realizó el modelado del nicho, hecho basado en la teoría sistémica, creando un escenario geográfico. Para lo anterior, se debe cumplir la dualidad de Hutchinson mencionada anteriormente, esto se realiza con las variables que se desglosan más adelante. Así entonces, en esta etapa, es cuando la dualidad de Hutchinson se cumple puesto que un punto en el espacio geográfico corresponde a un punto en el espacio de nicho, es decir, se genera una superposición cartográfica de los datos ambientales sobre la distribución de ballenas en el espacio geográfico. La información ambiental y antrópica son los datos recopilados y analizados a través de la utilización de la tabla jerárquica analítica, que se elabora en esta etapa (Saaty, 2005).

Se utilizó también, el método de análisis jerárquico analítico para formar un mapa de distribución de valores con el método de interpolación mediante distancia inversa ponderada (IDW) por sus siglas en inglés, que se traduce como “la interpolación mediante distancia inversa ponderada” (Watson, D., & Philip, G., 1985, p. 48). Las variables utilizadas en el Sistema de Información Geográfica son las siguientes: las físico-ambientales, temperatura superficial anual del océano y profundidad en National Geophysical Data Center de la NOAA, (2020). Las variables bióticas se extrajeron de las siguientes bases de datos: Fitoplancton en Bio-ORACLE v2.0 2017 (Assis, et al 2017), las especies de peces en (CONABIO, 2017), y la temporada de reproducción y avistamientos (turismo) (Kiefner, 2002). De esta manera se modelaron los resultados en software *Arcgis* mostrando la distribución de las ballenas según cada una de las variables anteriores con base en el diagrama BAM (Booth, et al, 1988). Finalmente se analizaron los riesgos en su distribución. Cabe mencionar que la interpolación estimada de los valores anteriores en áreas que no se muestrean o miden presencialmente pueden analizarse de forma correcta (Watson, D., & Philip, G., 1985). Por ello, se denota la validez de este procedimiento. Dicho esto, se explican los mapas realizados a continuación:

Para las representaciones cartográficas siguientes ya se ha ponderado las variables son respectivamente fig. 20, fig. 21, fig. 22, fig. 23, y fig. 24. Para la realización de dichos mapas se tomó como base un programa de información geográfica llamado ArcGis, se trabaja con la capa satelital de la NASA lansat- 3. Y con la base de datos de ballenas georreferenciadas, se le atribuyen a cada especie los datos de variables ponderadas: avistamientos de ballenas, temperatura superficial del océano, temporada de reproducción, profundidad de inmersión y disponibilidad de alimento. Seguido de eso, se aplica la interpolación IDW mencionada ya anteriormente, para así representar cartográficamente la expresión de cada variable en un mapa individual. Y una representación cartográfica de priorización general de las zonas más representativas, en donde las especies mejor valoradas en la ponderación coinciden en el pixel de la capa satelital. Este mismo procedimiento se aplica al mapa de priorización fig. 36, pero la interpolación se realiza a todo el conjunto de variables.

Con base en la cartografía anterior (Fig. 20, Fig. 21, Fig. 22, Fig. 23 y Fig. 24.) Se utilizó la herramienta kernel density, esta calcula una magnitud por unidad de área, para este caso a partir de entidades, la cual se adapta a una superficie curva uniforme sobre cada punto. El valor de superficie es más alto en la ubicación del punto y disminuye a medida que aumenta la distancia desde el punto y alcanza cero en la distancia, así se calcula

la densidad de las entidades de puntos de incidencia de ballenas en su vecindad, en cada celda ráster de salida, es decir, lo que se calculó fue la densidad de puntos con información específica de cada especie, que coincide con las propiedades de cada variable en la cartografía mencionada, en un radio por kilómetro cuadrado (Silverman, 1986).

#### **Alimento de ballenas (peces).**

Este mapa figura 30 fue referenciado en una proyección cónica transversa de Lambert, NAD 1927 UTM zona 12N. Se utilizó la abundancia de especies de peces en el área del Golfo de California, con 2,627 especies consideradas como especies de peces en general, obtenidas de CONABIO, (2017), posteriormente se sobrepone esta información con base de datos en formato ráster con los puntos de especies de ballenas en formato shape, se extrae la información de píxel, esto justo en donde se ubican ambos datos al momento de sobre posicionarse en el espacio geográfico. Finalmente, se utilizó el procedimiento de interpolación IDW, generando una densidad de puntos valorando su proximidad.

#### **Alimento de ballenas (Fitoplancton)**

En este mapa figura 21, referenciado en una proyección cónica transversa de Lambert NAD 1927 UTM zona 12N, se procede a utilizar la base de Datos de Bio-ORACLE v2.0 (Assis, et al 2017), que es la información de presencia de fitoplancton en formato ráster. Se realizó el procedimiento de Interpolación IDW con la información de datos extraídos de presencia de ballenas en formato shape de puntos. Esto genera que en cada píxel en donde coinciden se valore su proximidad, tomando así el dato de proximidad de fitoplancton en alta o baja densidad de cada punto de ballena.

#### **Profundidad de inmersión**

Este mapa figura 31, es referenciado en NAD 1927 UTM zona 12N. Se elabora a partir de una interpolación IDW de datos de batimetría del G.C., resolución de 3.72 km<sup>2</sup>, del National Geophysical Data Center de la NOAA, (2020), en sobreposición de un formato ráster de esta capa, se realiza la interpolación IDW con la información de datos de puntos de especies de ballenas en coincidencia de píxeles, así se muestran datos de profundidad en donde se encuentra cada punto de especie de ballena.

### **Temperatura superficial del océano**

Mapa figura 32, referenciado en una proyección cónica transversa de Lambert NAD 1927 UTM zona 12N. Se elabora a partir de realizar una interpolación IDW, recopilando datos de temperatura de satélite NOAA GDS versión 2 (2018). Resolución 5 km<sup>2</sup> formato ráster, con información de datos de puntos de especies de ballenas GBIF, y al geo posicionar así zonas donde la temperatura se muestra en un valor de pixel con las especies de ballenas que coinciden el pixel con valor de temperatura, entonces se muestran datos de temperatura para cada especie de ballena, como en este punto no se tenían valores específicos de temperatura en la que están las especies se toman estos datos, pues en donde se encuentren las ballenas, toleran la temperatura de ese punto geográfico en el océano.

### **Temporada de reproducción**

Mapa figura 33, en una proyección cónica transversa de Lambert Lambert NAD 1927 UTM zona 12N. Se elabora a partir de realizar una interpolación IDW, recopilando datos de temporada de reproducción de ballenas en la tabla de atributos, esta información se sobrepone en el satélite NOAA GDS versión 2 (2018). Resolución 5 km<sup>2</sup> formato ráster, y al geo posicionar así zonas donde la temporada de reproducción coincide para cada especie de ballena.

### **Valores de turismo de ballenas.**

Este mapa fig. 34, se genera a partir de una imagen obtenida de Satelite lansat- 3, en una proyección cónica transversa de Lambert NAD 1927 UTM zona 12N. Se elabora a partir de realizar una interpolación IDW, recopilando datos de especies más avistadas en la tabla de atributos, esto se sobrepone en satélite NOAA GDS versión 2 (2018). Resolución 5 km<sup>2</sup> formato ráster, mostrando así en color rojo las especies con mayor interés turístico.

### **Mapa final**

Mapa figura 35, referenciado en una proyección cónica transversa de Lambert NAD 1927 UTM zona 12N. Se elabora a partir de las variables alimento, turismo, temporada de reproducción, profundidad y temperatura, a estas variables que en realidad son los mapas realizados anteriormente, se les ajusta para tener una reclasificación a 5 clases, esto para poder sumar los datos estimados y multiplicarlos por 1 según la ponderación

de variables, esta suma da como resultado un mapa de aptitud que finalmente se caracteriza con tres variables para facilitar su interpretación.

A continuación, se señala un árbol jerárquico, este es un modelo que facilita las relaciones de análisis, requiere de una secuencia básica, cada nodo del árbol representa un tipo de registro conceptual, es decir, una entidad y las relaciones entre entidades se representan debajo de estas “ramas” ejemplificando los procedimientos generales a partir de la utilización del método jerárquico analítico con las variables elegidas para este análisis.

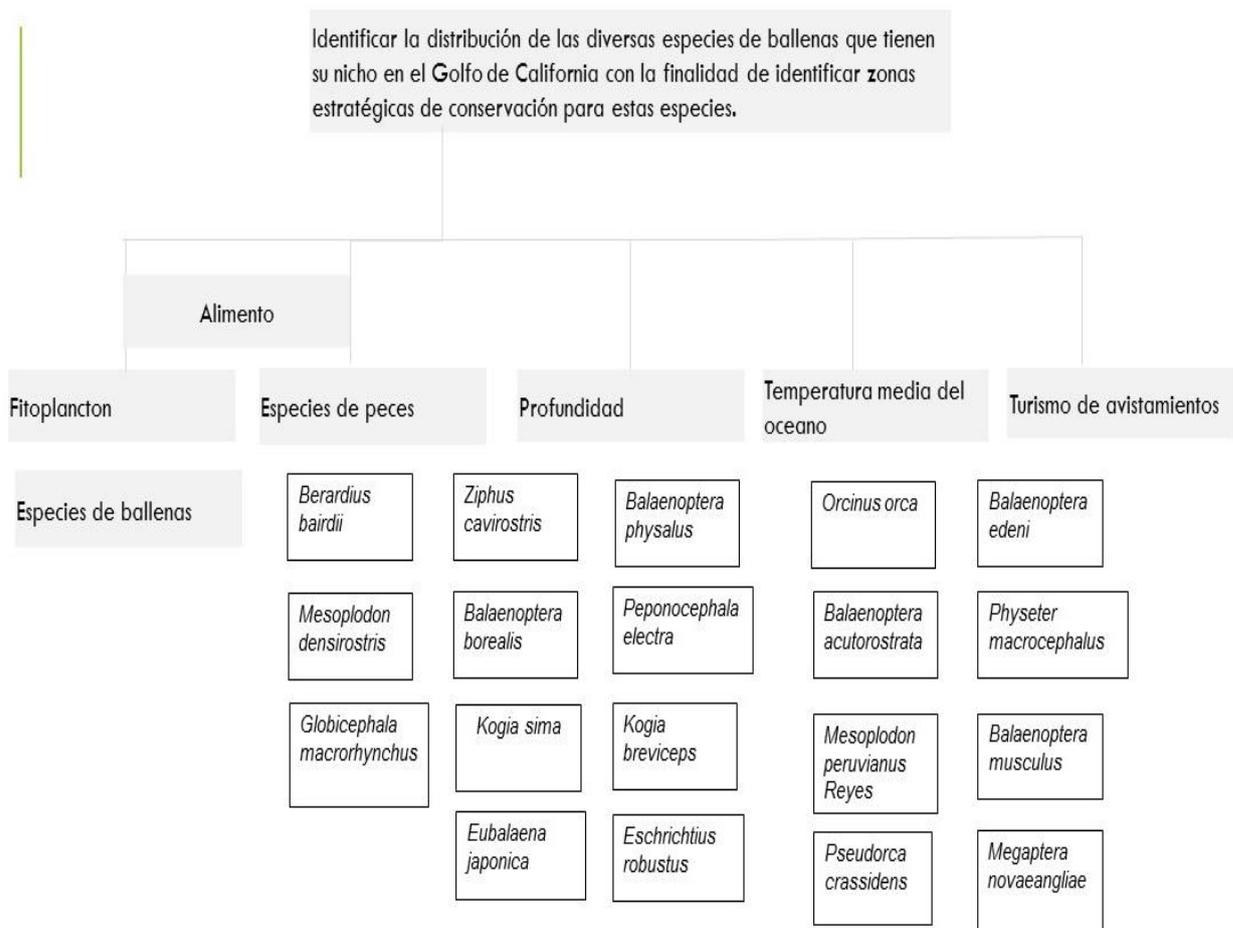


Figura 18. Árbol de representación jerárquica. Plantea la problemática del tema en cuestión con tres fases de aplicación, objetivo, variables y objeto de estudio: las 19 especies de ballenas (Sánchez, 2003).

Las variables que se utilizan para realizar este trabajo, relacionadas entre sí, se debe aclarar en este punto que en primera instancia se consideraron más variables de importancia como la salinidad, la presencia por ello se le asignó mayor peso a través de un criterio propio basado en la información de cada especie, utilizando el método de análisis jerárquico de Saaty de acuerdo a la necesidad específica de las comunidades de ballenas, esto no quiere decir que sea más importante una variable que otra, sino

que es la información que es posible recabar en común para las 19 especies de ballenas y así para realizar el método analítico jerárquico.

La tabla 4, se basa en el método jerárquico analítico. En esta, se busca demostrar la importancia de estas variables con apoyo del diagrama de BAM, en relación con la distribución de las ballenas, en ella se realizó la valorización correspondiente, para así saber cuál de estas depende más o menos en cada. Es necesario aclarar que la ponderación se realizó con base en el hábito alimenticio de cada especie (igualmente para el caso de los avistamientos, profundidad, la temperatura del océano y la temporada de reproducción), siendo las especies más generalistas ponderadas con menor nivel en la jerarquía, ya que se esperaba que fueran estas especies las que tuvieran mayor rango de distribución y mejores capacidades de adaptación ante variaciones en el nicho actual según las variables analizadas. Estos primeros valores de caracterización entre las variables elegidas surgen de la comparativa entre variables según la matriz siguiente, la importancia de cada una en esta valoración es relativa dada la premisa que busca conservar las especies de ballenas en el golfo de california esto se explica con más detalle a continuación.

Tabla 4, Análisis jerárquico. Se puede observar que en el total de las comparaciones el peso que se le da a cada una responde simplemente a la importancia de influencia de esas variables respecto a las especies de ballenas en general. Elaboración propia con datos de Saaty, T. (2005).

<b>Variables</b>	<b>Alimento</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Reproducción</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Turismo</b>
Alimento	1.00	2.00	3.00	3.00	4.00
Temperatura	0.50	1.00	3.00	3.00	3.00
Reproducción	0.33	0.33	1.00	4.00	4.00
Profundidad	0.33	0.33	0.25	1.00	2.00
Turismo	0.25	0.33	0.25	0.50	1.00
Total	2.41	4.00	7.50	11.50	14.00

La secuencia de valorización sobre que variable afecta con relación a otra procurando la conservación de las especies, los valores se determinan a partir de la fila de variables, cuestionando una a una en la matriz hasta llenar las columnas es decir; la variable alimento se considera 1.00 ya que no hay diferencia con su comparación propia, sin

embargo, la misma variable comparada con la temperatura del océano es considerada 2.00, un valor de mediana importancia sobre la temperatura ya que los valores medios se utilizan para matizar en la matriz, en cambio la misma variable alimento comparado con la temporada de reproducción, es considerada 3.00 moderadamente más importante ya que sin alimento no se generaría supervivencia para poder tener apareamiento y así consecuentemente.

Tabla 5 Normalizada de variables. En esta tabla se normalizan los datos anteriores con el objeto de minimizar la redundancia de datos facilitando su posterior utilización. Elaboración propia según el método de Saaty, (2005).

<b>Alimento</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Reproducción</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Turismo</b>
0.41	0.50	0.40	0.26	0.29
0.21	0.25	0.40	0.26	0.21
0.14	0.08	0.13	0.35	0.29
0.14	0.08	0.03	0.09	0.14
0.10	0.08	0.03	0.04	0.07
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Para normalizar las variables se divide cada uno de los números de la columna entre el total. Al normalizar las variables correctamente tienen que dar un total de 1 para corroborar que se ha ponderado correctamente las variables al momento de evaluarlas. En la tabla normalizada son los mismos valores mostrados en la primera tabla, pero en este proceso se establece una normalización en los datos para así valorar si generan un sesgo importante entre las variables y sea razonable el procedimiento.

Las variables anteriores buscan la conservación de especies por tal motivo cada una se explica en el desarrollo de este apartado con su mapa respectivo.

Posteriormente se debe calcular la ponderación de la tabla normalizada

Tabla 6, Ponderación de variables, en esta tabla se distinguen los pesos ponderados de cada variable ordenados de mayor a menor, elaboración propia.

<b>Variables</b>	<b>Ponderación</b>
Alimento	0.37
Temperatura	0.27
Reproducción	0.20
Profundidad	0.10
Turismo	0.07

La ponderación es el promedio de las filas. Esto quiere decir que la mayor importancia en esta ponderación será el alimento posteriormente la temperatura y así sucesivamente, la regla denota que  $C1 > C2 > C3 > C4 > C5$ , a primera instancia se nota una relación de concordancia con los datos en los resultados, para comprobar que se ha ponderado de manera correcta se hace la siguiente operación:

Primero se multiplica la ponderación con la matriz original, esta multiplicación es de un vector por una matriz el resultado es el siguiente:

Tabla 7. Multiplicación de matriz por vector, esta tabla muestra el resultado de multiplicar la ponderación con la matriz original según los pesos determinados.

<b>AxP</b>
2.06
1.54
1.06
0.49
0.35

Se suman los datos del resultado que es 5.49 este número según la fórmula es  $nMax$ .

El cálculo del índice de consistencia (IC) de una matriz se calcula según la siguiente fórmula:

$$CI = \left( \frac{n_{max} - n}{n - 1} \right)$$

Nmax= 5.49

n= número de criterios

La consistencia aleatoria (RI), es el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada de forma aleatoria. Se obtiene de:

$$RI= 1.98\left(\frac{n-2}{n}\right)$$

RI= 1.98 este número es parte del cálculo de la fórmula

La razón de consistencia tiene como fórmula es la siguiente: CR =CI/RI, si la razón de consistencia es mayor a un 0.10, se recomienda una revisión de calificaciones (Berumen & Redondo, 2007), y modificar los valores originales hasta lograr la razón de consistencia. En caso contrario siendo, si es menor o igual a 0.10, es señal de un nivel razonable de consistencia aleatoria.

Tabla 8. Resultados de comprobación, en esta tabla se muestra la relación de ponderación según la consistencia de la matriz valorada, elaboración propia.

<b>Comprobación</b>	<b>Resultados</b>
Índice de consistencia	0.12
Consistencia aleatoria	1.19
Razón de consistencia	0.10

A continuación, se muestra el procedimiento para valorizar las especies de ballenas. Las variables de comparación serán explicadas en primer punto, más tarde se mostrará la representación de la matriz donde se expresan las ballenas que tienden a un conjunto de características específicas (Kiefner, 2002). Finalmente se hizo, la representación cartográfica solamente de cada variable elegida en el Golfo de California, para así estimar mediante las diferentes matrices que se valoran de 1 al 5 según sus características en donde uno es menor importancia y 5 prioridad, correspondientes a las ballenas que tienen incidencia para las variables mencionadas.

Se pone un ejemplo de la matriz generada de temperatura.

	temperatura																		ponderacion		
32																					
33																					
34	<i>Micropodius peronii</i>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.08	
35	<i>zephyrus caudatus</i>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.08	
36	<i>Pseudorca crassidens</i>																				
37	<i>Eubalaena aculeata</i>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.08	
38	<i>Frepono cephala electa</i>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.08	
39	<i>Balaenoptera</i>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.08	
40	<i>Eschscholzia</i>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.08	
41	<i>Acipenser</i>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	
42	<i>Eubalaena japonica</i>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	
43	<i>Balaenoptera borealis</i>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	
44	<i>Micropodius peronii</i>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	
45	<i>Acipenser brevirostris</i>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	
46	<i>Chelonus curica</i>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	
47	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	

Figura 19. Matriz de temperatura, Elaboración propia.

En la figura anterior se muestra como ejemplo de la comparación de especies según la variable temperatura, para establecer el valor de cada especie se explica a continuación en base a que se determinó su valoración posteriormente se comparan entre ellas para de esta manera a generar la cartografía de las variables según las especies.

### Alimento

Se tomó en cuenta el fitoplancton, información que fue recopilada en bases de datos en BIOORACLE (versión 2.0), ya que el alimento “es la base de la vida en el mar” refiriendo a que la red trófica inicia con organismos vegetales microscópicos (Assis, et Al 2017), que a grandes rasgos son el alimento del zooplancton (crustáceos, larvas y otros); a su vez, estos alimentan a diversas especies marinas como las ballenas (Torres, et al. 2006). Además, para complementar la alimentación de ballenas, también se tomaron en cuenta especies de peces en registros de ejemplares entre 1800-2017, con 2,627 especies obtenidos de bases de datos por la CONABIO (2017).

En la matriz jerárquica se tomaron en cuenta por cada especie tres factores: plancton, peces, y cuántas especies abarcan en su dieta individual; valorando en este punto especificaciones como si son oportunistas o comen determinadas especies. A partir de esta clasificación se determinaron puntajes del uno al tres, como se muestra en la tabla. A la especie que se alimenta de un solo factor se le asigna mayor importancia de conservación. Las ballenas que comen peces y plancton tendrán un menor puntaje debido a que estas podrán tener una mayor distribución por disponibilidad del alimento, es decir, al realizar su desplazamiento pueden alimentarse de diferentes especies sin ningún problema, por lo tanto, no afectará el fin de su movilidad. Se comparó si eran

especies oportunistas o solo comían determinado tipo de alimento, en este caso se le da mayor peso a las que comen especies específicas puesto que una especie oportunista no requiere una dieta especial y puede encontrar su alimento a lo largo de la columna de agua. En la comparación de estas últimas especies de ballenas oportunistas y aquellas que tienen dieta diversa se les dan valor similar. Esto se basó en la teoría ecológica, la cual clasifica a las especies en especialistas y en generalistas, en función de la amplitud del nicho ecológico (Futuyma & Moreno, 1988).

“Según esta teoría las especies especialistas presentarían una reducida amplitud de nicho ecológico, mientras que el nicho ecológico de las especies generalistas presenta mayor amplitud. En caso concreto los depredadores generalistas tienen un amplio nicho trófico y los depredadores especialistas con un nicho trófico reducido. No obstante, existen grupos intermedios como los depredadores facultativos que se adaptan a las condiciones dominantes, cambiando su presa por otra más rentable” (Grasser, 1982 en Díaz-Ruiz & Ferreras, 2013, pp. 7).

Tabla 9. Alimento de especies de ballenas. En esta tabla se designaron con mayor importancia a las especies que solo se alimentan de una variable y las especies de ballenas que se alimentan de más factores tendrán menos prioridad, con la premisa de que podrán encontrar alimento más fácilmente a comparación con las otras. Elaboración propia, datos de Kiefner, (2002).

Especies	Valores	Especificaciones
<i>Globicephala macrorhynchus</i> , <i>Mesoplodon peruvianus</i> Reyes, <i>Kogia sima</i> , <i>Eubalaena japónica</i> , <i>Balaenoptera musculus</i> , <i>Eschrichtius robustus</i> .	3	Ballenas que comen solamente especies de peces o de plancton en su dieta normal.
<i>Balaenoptera acutorostrata</i> , <i>Balaenoptera borealis</i> , <i>Berardius bairdii</i> , <i>Balaenoptera edeni</i> , <i>Mesoplodon densirostris</i> , <i>Ziphus cavirostris</i> , <i>Kogia breviceps</i> .	2	Ballenas que se alimentan de peces y de plancton, su dieta abarca máximo 7 especies.
<i>Megaptera novaeangliae</i> , <i>Physeter macrocephalus</i> , <i>Balaenoptera physalus</i> , <i>Peponocephala electra</i> , <i>Orcinus orca</i> . <i>Pseudorca crassidens</i> .	1	Son oportunistas o se alimentan de más de 7 especies de plancton y peces.

En la tabla anterior se muestran aquellas especies que se alimentan de peces y plancton según es el caso, como se puede notar algunas son oportunistas algunas otras estrictas en su dieta y se aprecia además que el conjunto de estas especies se agrupa de manera equilibrada entre especies y especificaciones.

La figura siguiente (Fig. 20.), delimita zonas en donde el cromático azul oscuro demuestra un conjunto de especies de peces que se encuentran cercanos entre sí, este conjunto de peces puede considerarse en general como alimento para algunas especies de ballenas. La mayor concentración está en la costa de Baja California Sur, por La Paz y Loreto; hacia el norte se nota una presencia media de estas especies con alta incidencia en la costa de Sonora y Playa Grande. La porción central y sur se mantiene en general baja, con rasgos de áreas en rango medio.

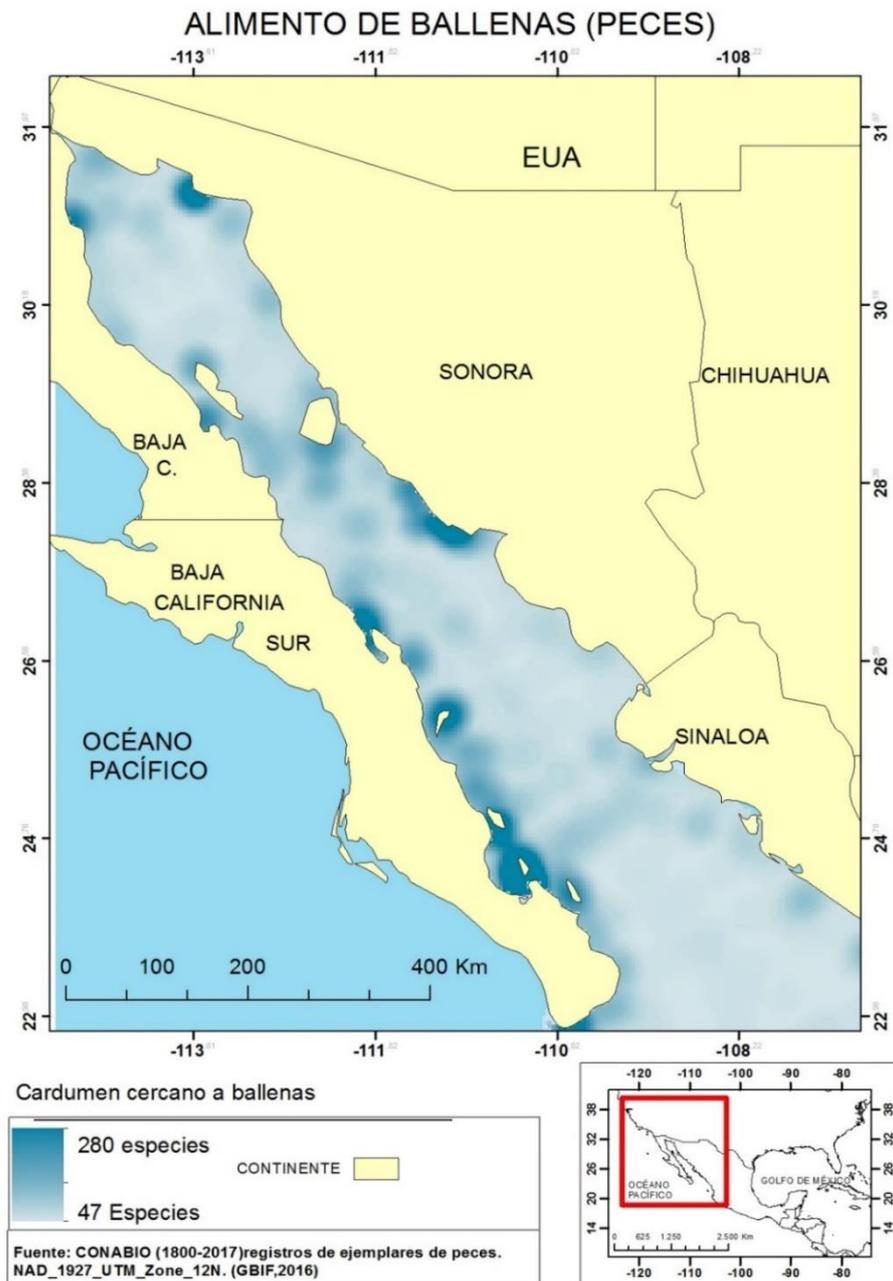


Figura 20. Alimento de ballenas (peces). Elaboración propia, base de datos CONABIO, (2017).

El mapa anterior muestra la presencia de peces en el Golfo de California. La mayor presencia se encuentra en la zona de costa en Baja California y en general sus islas circundantes; la zona media se encuentra al norte por Playa Grande y San Felipe; se extiende en zona sur por la costa de Sonora y Sinaloa, y la zona con menos presencia se encuentra en Baja California Sur. Se debe añadir que ambos mapas (peces y fitoplancton) se ejemplifican con la variable “alimento de ballenas”. Muchas especies

consumen plancton en su dieta, y otras se alimentan exclusivamente de peces; pocas son las especies de ballenas oportunistas que en su dieta contemplan estos dos factores. Esta información se ejemplifica en la tabla 9, de alimento de ballenas.

### **Avistamientos (turismo)**

En 1993, la IWC (Comisión Ballenera Internacional) reconoció formalmente la observación de ballenas como una industria turística legítima que prevé el uso sostenible de estos animales (Fondo Internacional para el Bienestar Animal, 1995). Específicamente en la zona de estudio, “Esta región se ha convertido en un destino internacional turístico, que atrae a más de dos millones de personas anualmente, quienes visitan el Golfo de California con fines turísticos y recreativos para practicar actividades al aire libre como pesca y buceo entre otras” (WWF, 2018, p.1). Los principales puertos que se encuentran dentro de la zona de estudio son: La Paz, San José del Cabo, San Felipe, Puerto Peñasco, Guaymas, Santa Rosalía y Topolobampo.

La abundancia de la vida marina asociada con el turismo es fundamental para el desarrollo de diferentes actividades. “El turismo ha constituido una importante fuente de ingresos, pero ha provocado también modificaciones ambientales y socioeconómicas, además del deterioro de recursos, en muchos casos frágiles e inestables, ocasionando la pérdida de los valores naturales” (Burgui, 2013, p.31).

El avistamiento de ballenas puede asociarse como un método turístico viable y sostenible. A pesar de lo anterior, existe una preocupación general sobre los impactos que tienen las actividades de observación de ballenas en general (Beach & Weinrich, 1989). El aprovechamiento de este recurso debe hacerse con las condiciones óptimas de observación para cada especie, ya que cada una tiene distinto comportamiento, es una actividad sumamente relacionada con estos mamíferos acuáticos; refiriéndose a la cantidad de ballenas que son consideradas una atracción turística, en donde diferentes embarcaciones dirigen rutas para admirar estas especies en su hábitat natural. Menciona la CBI (International Whaling Commission) que, en general, esta es una actividad en la cual se avistan a estos animales en un lugar de acceso abierto desde plataformas como embarcaciones, aviones o tierra firme (CBI, 2007). Sin embargo, la actividad de observación de ballenas realizada incorrectamente, sin información adecuada, o de manera irresponsable puede perjudicar gravemente la salud y la reproducción de estos cetáceos (Utreras, 2012).

Un ejemplo de práctica irresponsable es el trayecto de embarcaciones que afectan físicamente por contacto, y de la misma manera, otro ejemplo es la contaminación del ruido submarino que afecta en demasía (Di Sciara & Gordon, 1997). A partir de esto se toma en cuenta con puntaje más alto a las ballenas que son consideradas atracción turística, y que regularmente son avistadas en el Golfo de California. Por ejemplo, aquellas que muestran curiosidad hacia las embarcaciones, si saltan o se mantienen cerca de una embarcación, como las ballenas grises (*Eschrichtus robustus*), que son populares ya que se dejan divisar fácilmente por su carácter juguetón y su interés por los barcos (Kiefner, 2002). Por el contrario, encontramos también a la ballena piloto (globicephala acrorhynchus), tipo de cetáceo que huye al ver una embarcación debido a su comportamiento de supervivencia por precaución a la pesca.

Es así que una excursión en el océano puede, por ejemplo, separar fácilmente a una ballena madre de su cría, o intranquilizarlos ya que los ruidos de muchas embarcaciones pueden poner nerviosos a los animales, e interponer problemas para su alimentación y ubicación (Utreras, 2012). Se evaluarán también aquellas ballenas que viajan en grupos grandes, en parejas o solitarias, y si tienen un tiempo en superficie considerable para su avistamiento, y así evitar clasificarlas como iguales. Se asigna, por su parte, mayor valor en la matriz jerárquica analítica a las especies que son más avistadas para así favorecer su conservación. Esto no quiere decir que las otras sean menos importantes, más bien reflejaría a cuáles especies se debería priorizar ya que son las que habitualmente funcionan como atracción turística, científica y recreativa.

El problema con el turismo de ballenas en general surge en la sociedad, cada vez menos gente acumula más recursos para su uso privado y no permite una mejor distribución de la riqueza, que permita mejorar las condiciones de aprovechamiento de los mismos, en un contexto de baja o nula disponibilidad de técnicas para lograr un aprovechamiento de los mismos (Ramírez, 2008). El Instituto Nacional de Ecología de México, a través de SEMARNAT, atiende temas de protección ambiental relacionados y sienta bases para un desarrollo sustentable en el país. Por otro lado, al ser un recurso económico al preservar las especies que favorecen el turismo, ayudará a fomentar esta actividad de manera controlada, pues “poblaciones de cetáceos visitan o viven en los mares mexicanos. Por tanto, es probable que un incremento explosivo o sin regulación de la actividad de avistamientos, podría derivar en la desaparición o disminución de las visitas de estas poblaciones a las costas del país, convirtiéndose en la práctica en un aprovechamiento con características similares al extractivo, por la disminución del

número de individuos derivado de la interrupción de los apareamientos o de la crianza” (Ramírez & de la Cueva, 2009, p. 241).

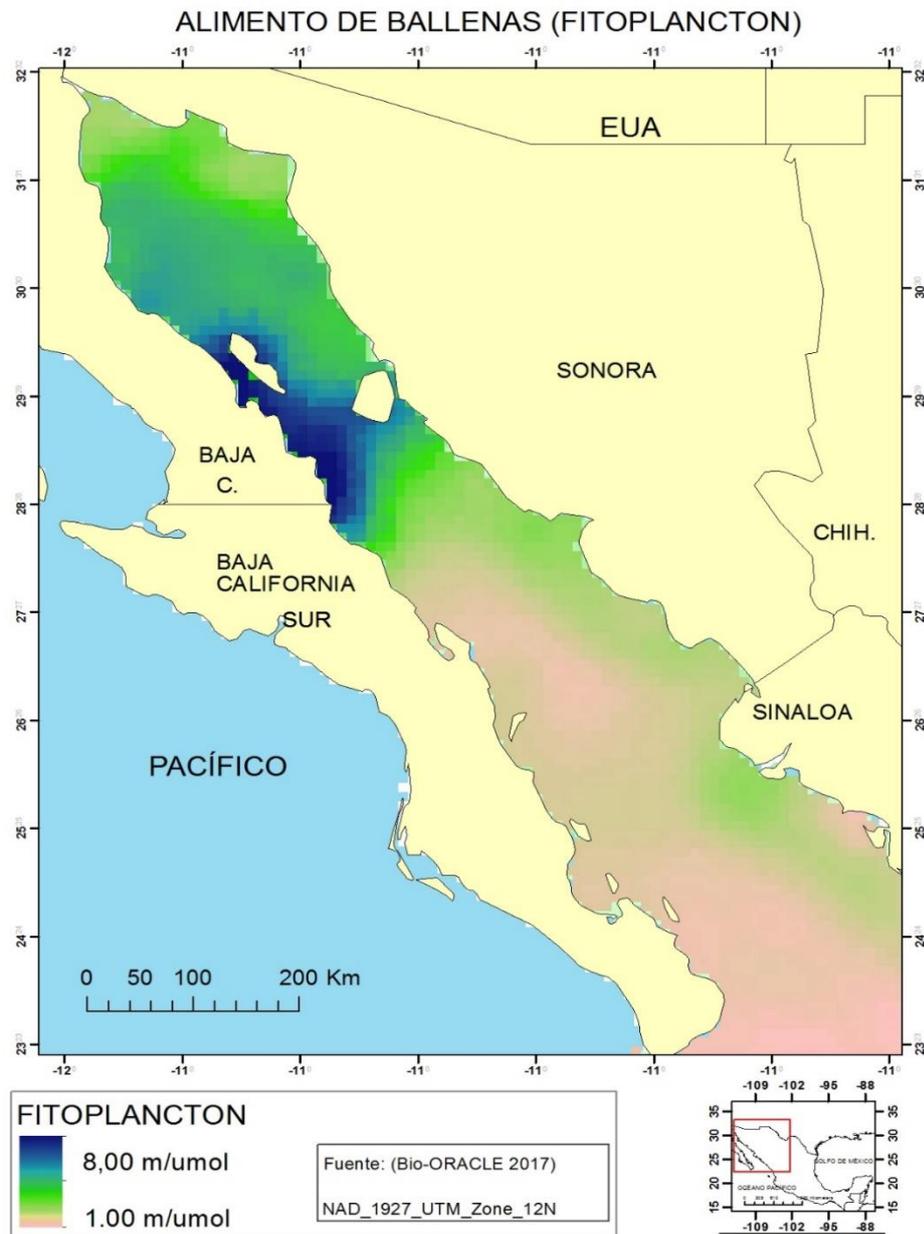


Figura 21. Alimento de ballenas (fitoplancton) Elaboración propia, datos de Bio ORACLE v2.0. (Assis, et Al 2017).

En la tabla 10, se puede observar que las especies que son más avistadas consideradas de interés turístico son las valoradas con 4 y 5, considerado como un nivel alto en esta valoración, la única diferencia en estos datos anteriores, es que algunas son

consideradas agresivas y no solo curiosas como se ejemplifica en la tabla y las valoradas con 3 y 2 son tímidas o casi no avistadas debido a su naturaleza de vida, sin embargo, es notorio que en esta categoría quedan más especies en conjunto que posiblemente estén en áreas de avistamiento de las otras especies de interés turístico, pero que se alejen de las embarcaciones o simplemente se encuentren a otra profundidad y su interacción con la superficie sea la mínima posible.

Tabla 10. Especies de interés turístico. Se valoran las especies de ballenas que se avistan más frecuentemente, dependiendo de su comportamiento (curiosas, miedosas, agresivas, etc.) con las embarcaciones. Elaboración propia, datos de Kiefner (2002).

ESPECIES	VALORES	Especificaciones
<i>Eschrichtius robustus</i> , <i>Pseudorca crassidens</i>	5	Ballenas que interactúan con las embarcaciones o que viajan en grupos muy grandes.
<i>Megaptera novaeangliae</i> , <i>Eubalaena japonica</i> <i>Balaenoptera edeni</i> , <i>Orcinus orca</i> <i>Physeter macrocephalus</i> .	4	Se consideran curiosas o agresivas con embarcaciones y viajan en grupos grandes máximo 100 individuos.
<i>Balaenoptera acutorostrata</i> , <i>Balaenoptera musculus</i> , <i>Balaenoptera physalus</i> , <i>Peponocephala electra</i>	3	Ballenas poco curiosas miedosas y solitarias.
<i>Balaenoptera physalus</i> , <i>Kogia sima</i> , <i>Mesoplodon peruvianus</i> Reyes, <i>Balaenoptera borealis</i> , <i>Ziphus cavirostris</i> , <i>Mesoplodon densirostris</i> , <i>Kogia breviceps</i> , <i>Berardius bairdii</i> , <i>Globicephala macrorhynchus</i> .	2	Tímidas casi no son avistadas.

Mapa de abundancia de ballenas como una primera aproximación sobre los puntos de densidad de las especies, se califica de esta manera para notar la presencia de estas especies en el Golfo de California, a partir de este primer mapa se elaboran los consecutivos de especies.

## Abundancia de todas las especies de ballenas

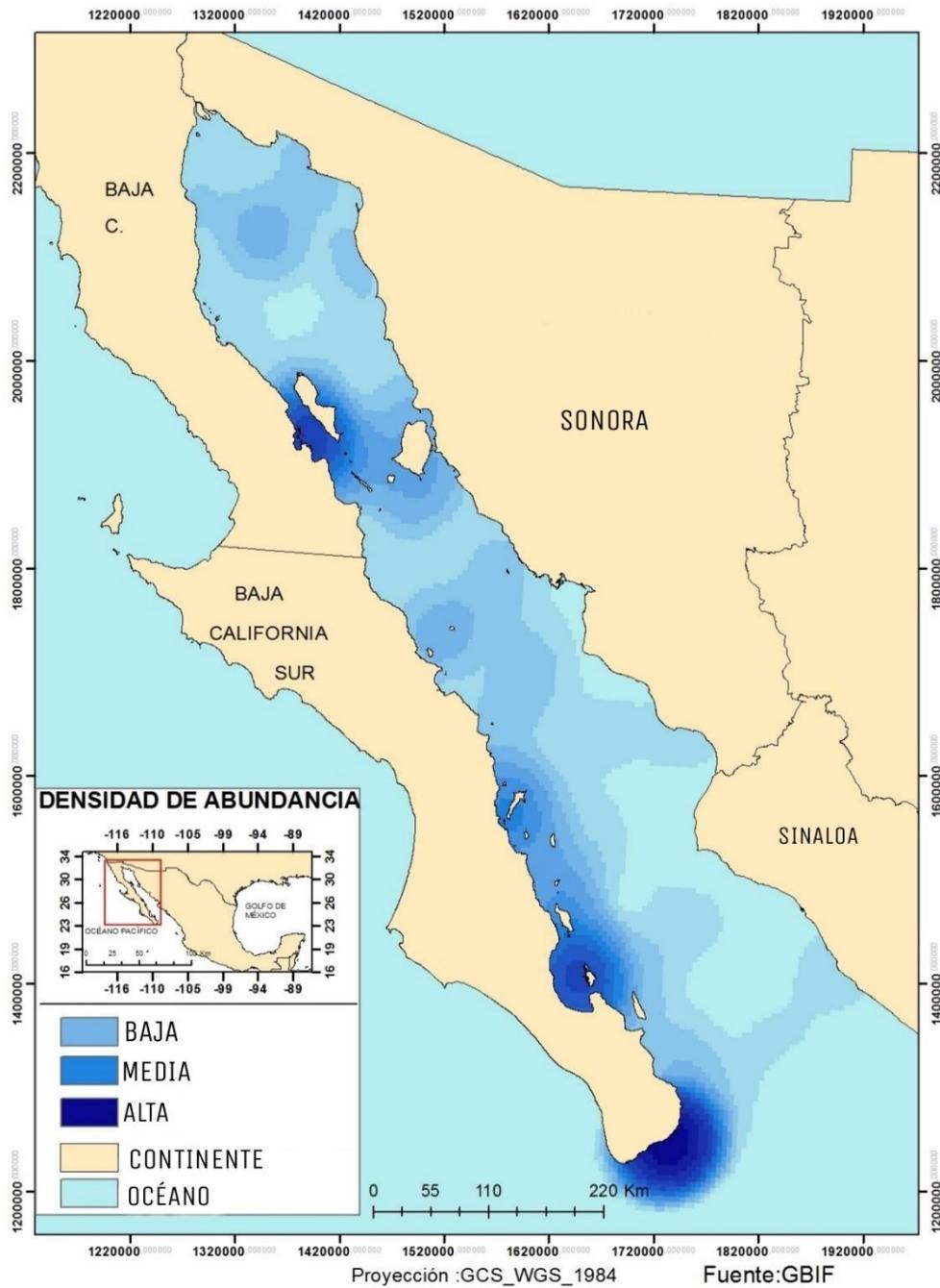


Figura 22. Densidad estimada para el avistamiento de ballenas. Fue proyectado en NAD 1927 UTM zona 12N. Se elaboró a partir de realizar una sobre posición de datos de presencia de ballenas, Información obtenida en el portal GBIF.

En esta tabla se valora de 1 a 5 según la escala de Saaty (2005), esto para no generar un sesgo importante, dependiendo de si las especies de ballenas nada en profundidades cercanas a la superficie oceánica o se mantienen a grandes profundidades durante su inmersión por la columna de agua. Se puede notar que en su mayoría están entre los 50 m y 200 m sin embargo muchas especies de ballenas superan las profundidades de 1000 m lo que demuestra que la interacción con la superficie para estas especies es mínima, podría esto explicar el desconocimiento de estas especies.

Tabla 11. Profundidad de inmersión de especies de ballenas. Inmersión máxima por especie se distinguen las especies de estos mamíferos que entre todas se sumergen a menor profundidad ya que son menos a comparación de las que lo hacen a mayor profundidad. Elaboración propia, datos de Kiefner (2002).

ESPECIES	VALORES	Especificaciones
<i>Megaptera novaeangliae</i>	5	Ballenas que nadan a una profundidad menor de 50m
<i>Eschrichtius robustus.</i>	4	Ballenas que sumergen máximo de 120m
<i>Balaenoptera musculus, Balaenoptera acutorostrata, Kogia breviceps, Balaenoptera physalus, Eubalaena japónica, Balaenoptera edeni, Balaenoptera boreales, Kogia sima.</i>	3	Ballenas que se sumergen de 200m a 300m.
<i>Peponocephala electra, Globicephala macrorhynchus, Ziphus cavirostris, Orcinus orca.</i>	2	Ballenas que se sumergen de 500m a 1000m
<i>Mesoplodon peruvianus Reyes, Mesoplodon densirostris, Pseudorca crassidens, Physeter macrocephalus, Berardius bairdii.</i>	1	Ballenas que tienen una inmersión mayor que las anteriores máximo 3000m

### Profundidad

La profundidad se refiere principalmente a la zona del océano en la que se encuentran normalmente cada una de las especies dentro de la columna de agua en el perfil

oceanográfico, que se divide de manera general en estas zonas de forma horizontal, de menor a mayor profundidad son las siguientes:

Zona litoral, zona sub litoral, zona batial, zona abisal y la zona más profunda llamada hadal que va desde los 6000 m. En esta zona varía la cantidad de nutrientes, también la cantidad de sales, la temperatura cálida disminuye proporcionalmente, además la presión aumenta conforme más profundidad y la cantidad de luz solar va disminuyendo sobre la columna de agua. Por estas razones la mayoría de las especies oceánicas viven o tienden a visitar la superficie.

Esta variable valorada con la siguiente matriz de ponderación: se explica como la profundidad máxima y mínima de inmersión, tomando en cuenta especies que se sumerjan más en la columna de agua, ya que sugiere una mayor adaptación a la presión atmosférica. Esto comparado con especies que habitualmente nadan cerca de la superficie, siendo así susceptibles a la observación humana, se les asignó mayor calificación a estas últimas, ya que al estar más cercanas a la superficie pueden interactuar con embarcaciones, redes de pesca, contaminación, etc.; por ello, se propone una prioridad a estas especies y así apoyar su conservación.

A pesar de esto, el sesgo entre calificaciones en la valoración no es mucho, ya que todas las especies de ballenas, independientemente a la profundidad en la que realicen sus inmersiones, son importantes para la conservación, sin importar que no se sepa mucho de las actividades que realizan estas pues todas estas especies tienden a respirar en superficie. La vida de estas ballenas en profundidad es difícil de conocer, es complicado tener una certeza de la profundidad máxima a la que se sumergen, y es de suerte que los científicos encuentran nueva información sobre ellas de forma constante gracias a nuevos métodos y uso de tecnologías (Ibarra, 2016). La mayoría de las inmersiones de ballenas son de corta duración, sin embargo, existen algunas otras especies que muestran mayor tiempo bajo el agua, presentando gran tolerancia a grandes profundidades y a la falta de oxígeno entre otras características en su organismo (Kiefner, 2002).

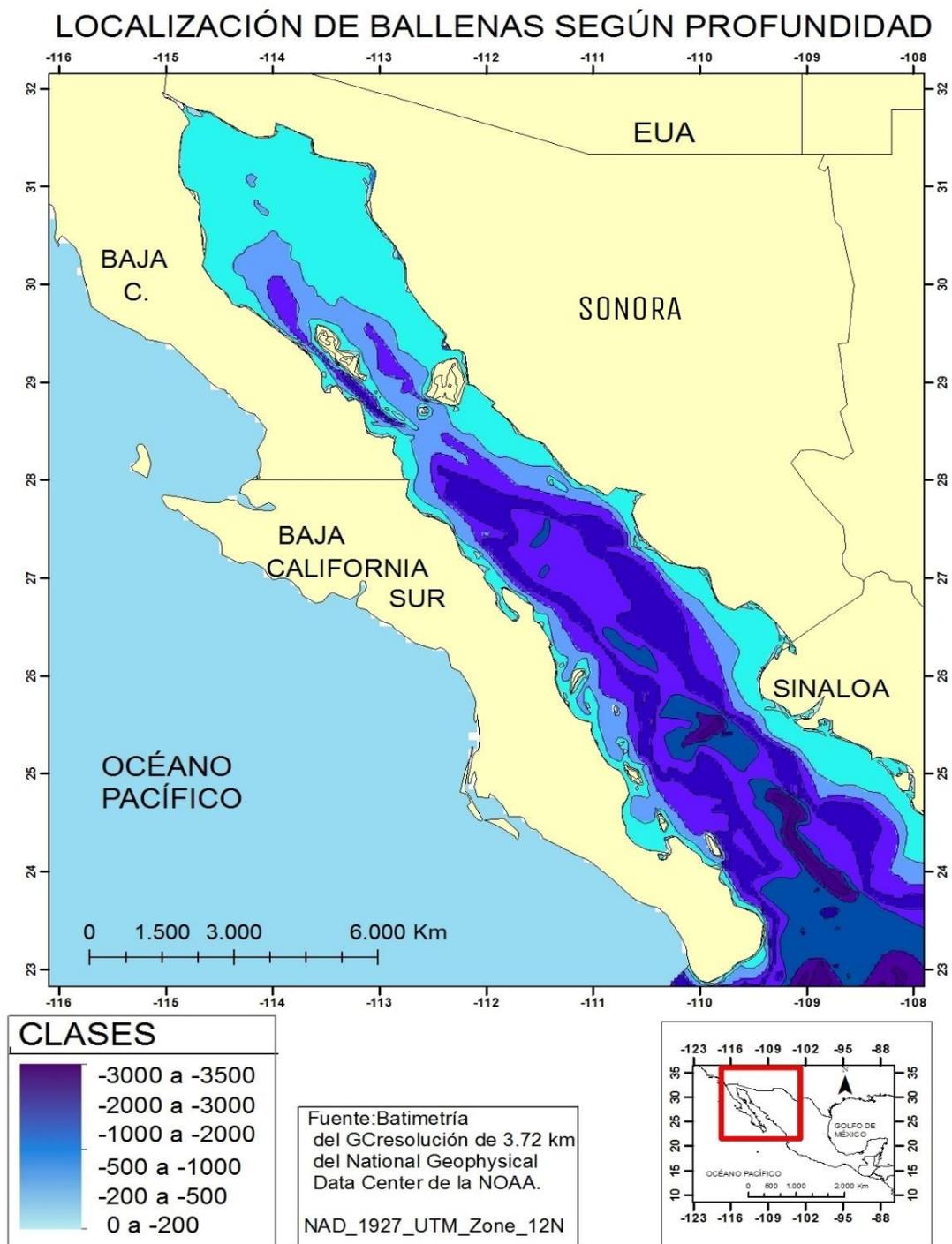


Figura 23. Hipsometría del Golfo de California. Fue proyectado en NAD 1927 UTM zona 12N. Se elabora a partir de realizar una sobre posición de datos de batimetría y una capa de líneas hipsométricas que delimitan las zonas de profundidad, para así representar las zonas de profundidad en el Golfo de California (INEGI, et al, 1990).

## **CLIMA (TEMPERATURA)**

La variable "clima" "es uno de los elementos geofísicos que componen el espacio geográfico. Este crea unas condiciones ambientales que hacen posible, dificultan o impiden el asentamiento Martín, B. (1999). El clima entendido como clima entendido como "el conjunto fluctuante de elementos físicos, químicos y biológicos que caracterizan a la atmósfera en un lugar y su influencia sobre los seres vivos" Escardó, A. (2001). No obstante, la temperatura del océano afecta directamente a la especie de ballena en particular lo que ocurre es que en la medida en que la especie este más en la superficie marina, tendrá mayor temperatura y viceversa, pero cabe aclarar que la batimetría es una constante y, por lo tanto, la temperatura varía en función de la profundidad batimétrica. La batimetría es la técnica asociada a la obtención de valores de la profundidad de los cuerpos de agua, la cual puede ser de tipo marina, lacustre o fluvial (Romero & Pineda, 2007), Por tal razón, estos estudios son poco usuales, sin embargo, se estima que las especies quieren temperaturas según sus necesidades, como la búsqueda de alimento o su temporada de reproducción (Borrego & Guzmán, 1992), donde se explica el caso de la ballena gris que en verano se encuentra en el Mar de Bering a tan solo 6 C°, y en invierno en laguna Ojo de Liebre que ronda entre los 13.5 C° a los 19C°.

Tres fenómenos tienen mayor influencia en el aumento o disminución de la temperatura superficial en estas zonas: la radiación solar, la advección, y la mezcla provocada por mareas y surgencias. Por esta razón se tomará en cuenta de forma general si las ballenas se encuentran en un ambiente de aguas cálidas tropicales, templadas, frías o en varias en diferente temporada. Con relación a los efectos del calentamiento global, estos no se tomarán en cuenta ya que para fines prácticos son menos intuitivos porque las tolerancias de temperatura pueden ser específicas para cada especie en todos los grupos taxonómicos (Seckbach & Kocielek, 2011). Respecto a las temperaturas corporales, las ballenas pueden aislar la temperatura externa con su espesa capa de grasa, así pueden mantener la temperatura diferente a la marina si es que lo deseara, a pesar de esto, no pueden aislar todas las partes de su cuerpo y a larga duración puede tener problemas incluso mortales (Otero, 2011). Para la matriz jerárquica, el clima se valorará tomando en cuenta a aquellas especies que se encuentren en aguas cálidas, templadas y frías, dándole mayor calificación a las que solo soporten un tipo de temperatura. Si se encuentran dos de diferente grado de temperatura, se igualarán a uno.

En la tabla 8. se visualiza a las especies que buscan un solo tipo de temperatura en su hábitat natural y trayectoria al migrar, lo cual es muy selectivo pero abundan en este conjunto muchas especies, sin embargo, pocas son las especies que resisten dos o tres tipos de temperatura según la temporada del año como se muestra en la tabla, esto quiere decir que con esas características se podrán visualizar recurrentemente en áreas específicas durante sus migraciones, épocas de reproducción o alimentación y finalmente las especies que resisten a todos los cambios de temperatura oceánica por lo menos hasta la información que se conoce hoy en día son un conjunto importante dentro de las especies consideradas, es un buen indicio para pensar que podrían ser especies que se han adaptado para desplazarse geográficamente de acuerdo a sus necesidades ambientales y biológicas y podrían ser encontradas de forma aleatoria en cualquier parte del mundo.

Tabla 12. Temperatura. En la tabla se pueden visualizar las especies que pueden estar en varios tipos de temperatura en el mar esto depende de las estaciones del año y la ubicación geográfica. Elaboración propia datos de Kiefner (2002).

ESPECIES	VALORES	Especificaciones
<i>Mesoplodon peruvianus</i> Reyes, <i>ziphus cavirostris</i> , <i>Pseudorca crassidens</i> , <i>Balaenoptera acutorostrata</i> , <i>Peponocephala electra</i> , <i>Balaenoptera borealis</i> , <i>Eschrichtius robustus</i> .	4	Ballenas que habitualmente estén en un solo tipo de temperatura
<i>Kogia sima</i> , <i>Eubalaena japónica</i> , <i>Berardius bairdii</i> , <i>Mesoplodon densirostris</i> .	3	Dos tipos de temperatura
<i>Kogia breviceps</i> , <i>Orcinus orca</i> .	2	Tres tipos de temperatura
<i>Globicephala macrorhynchus</i> , <i>Megaptera novaeangliae</i> , <i>Balaenoptera edeni</i> , <i>Balaenoptera musculus</i> , <i>Balaenoptera physalus</i> , <i>Physeter macrocephalus</i>	1	Todas las aguas.

## TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL OCÉANO

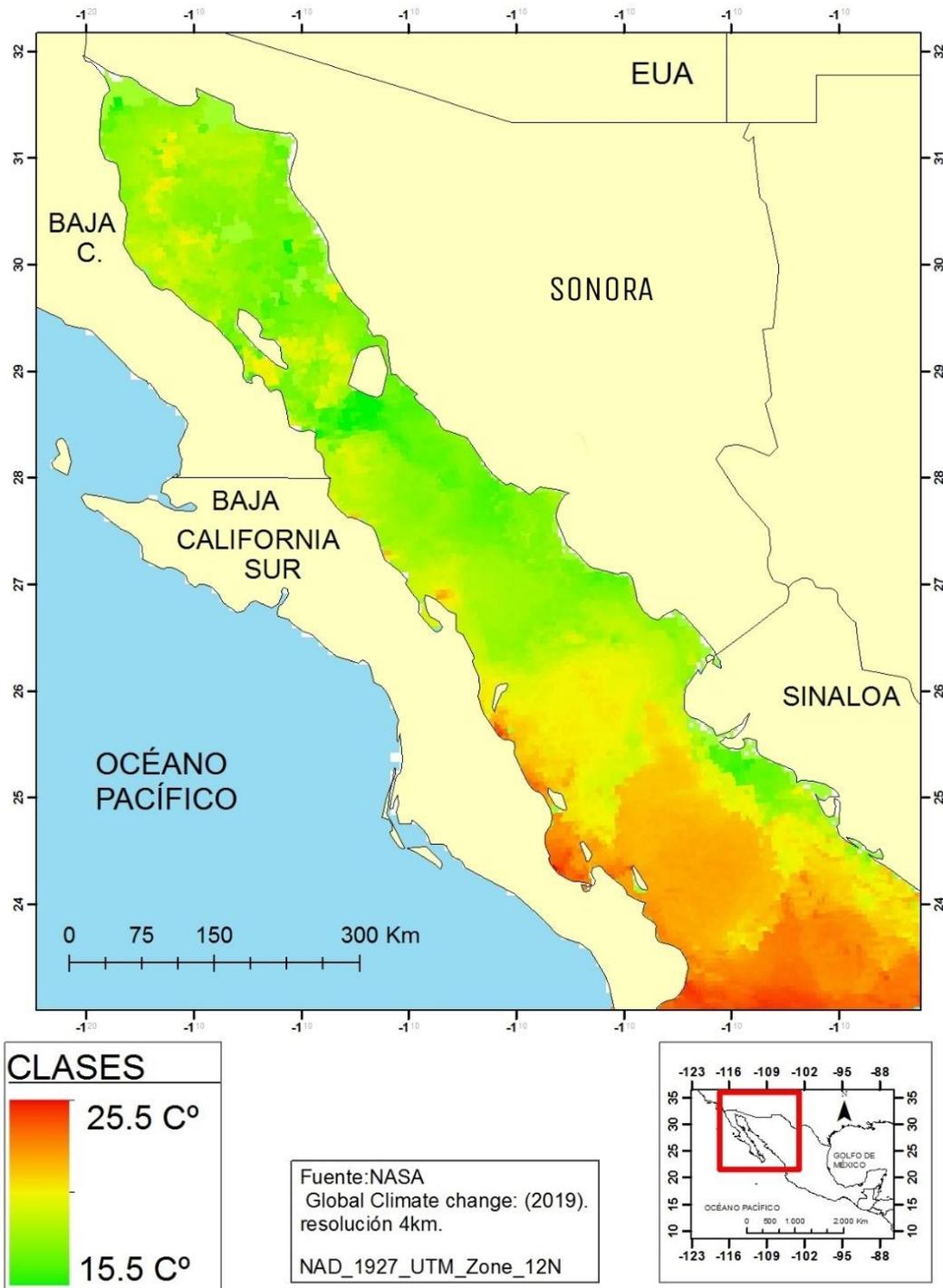


Figura 24. Temperatura superficial del océano. Temperatura superficial anual muestra así zonas en donde la temperatura varía en un rango de entre 15.5C° y 25 C°. Elaboración propia, se generó a partir de datos del National Geophysical (NOAA, 2020).

Se puede notar la diferencia de temperatura entre la zona media y baja del Golfo, esta última presenta una mayor temperatura que puede deberse a varios factores como las corrientes marinas y los vientos, además de fenómenos naturales. La zona norte se mantiene una temperatura menor con rasgos intermedios.

## **ÉPOCA DE APAREAMIENTO**

Durante el proceso de reproducción, las ballenas migran a diferentes puntos buscando condiciones naturales específicas. En general, en ese proceso las crías nacen, esto ocurre la mayoría de los casos entre los 10 y 16 meses, dependiendo del tipo de ballena, la lejanía del punto geográfico al que se desplazan, y el tiempo que lleve su migración; todo lo anterior debe considerarse pues es parte de su temporada de reproducción.

Algunas especies pueden reproducirse en cualquier época del año, algunas otras tienen una o dos temporadas en el año, otras especies solo se reproducen una vez y con pocas crías y otras especies tienen varias crías, sin embargo, esto último no está comprobado para todas las especies estudiadas. Un ejemplo de lo anterior sucede en la Isla del Caño en Costa Rica, y la bahía Santa Elena que se ubica en el Pacífico Norte, se afirma entonces que la ballena jorobada se encuentra en ambos lugares durante el año, debido a que individuos de ambas poblaciones aparecen en aguas costarricenses durante las épocas de reproducción” (Acevedo -Gutiérrez, A., & Stienessen S., 2004).

Es por ello que, a sabiendas de su migración, se propone establecer en la matriz jerárquica analítica valores del número uno a cuatro como máximo. Se asigna el mayor valor a aquellas especies que tengan una sola época de reproducción, y un valor mínimo a las que tengan dos o más durante el año; los valores medios resultarán de las diferencias entre especies, contemplando la información específica de cada una. Aunado a esto, para dar un sesgo mayor entre comparaciones, se toma en consideración para esta categoría las especies que están sujetas a protección debido al riesgo que hay en su extinción (NOM-059-SEMARNAT-2010), ya que con el aumento del comercio marítimo, los buques de pasajeros, los barcos comerciales y turísticos, además de los navíos en general, las ballenas están en peligro de ser golpeadas, o puede haber también estrés por acoso excesivo de las especies, contaminación de residuos o por el ruido de motores lo que les puede producir la muerte. En los tiempos de migración de las ballenas, podría afectar en la temporada de apareamiento y reproducción para algunas especies (Vera, 2016). Este mapa se generó en la figura fig. 33.

En la tabla 9. Se muestra la época reproductiva de las especies de ballenas, es importante aclarar que se considera también las especies prioritarias dependiendo como sea su temporada al momento de evaluar su importancia según la escala de (Saaty 2005), la importancia nivel 4 considera si es muy tardado el ciclo reproductivo por esta razón esas especies en esta tabla son prioritarias, los siguientes grados consideran a las especies no prioritarias pero dependiendo de cuantas temporadas de reproducción al año tengan o si son tardadas durante el año se clasifican con 2 o 3 respectivamente, sin embargo la calificación 1 es para especies que se reproducen en cualquier época del año y no son prioritarias a conservar.

Tabla 13. Época reproductiva de ballenas. Se consideran especies prioritarias para la conservación. Aquí sobresalen varias especies con clasificación 4, lo que quiere decir que son vulnerables a estas variables. Elaboración propia datos de Kiefner, (2002).

ESPECIES	VALORES	Especificaciones
<i>Eschrichtius robustus, Eubalaena japónica, Balaenoptera physalus, Megaptera novaeangliae, Globicephala macrorhynchus, Berardius bairdii.</i>	4	Una sola temporada de reproducción. Se consideran también si es muy tardado el ciclo reproductivo, así como si es una especie prioritaria.
<i>Balaenoptera musculus, Peponocephala electra, Orcinus orca, Balaenoptera acutorostrata, Kogia breviceps.</i>	3	Especies no prioritarias para la conservación. Tienen una o dos temporadas de reproducción
<i>Kogia sima, Physeter, macrocephalus, Balaenoptera borealis.</i>	2	Especies no prioritarias para la conservación, temporadas largas de reproducción.
<i>Mesoplodon peruvianus Reyes, Mesoplodon densirostris, Ziphus cavirostris, balaenoptera edeni, Pseudorca crassidens.</i>	1	Especies no prioritarias para la conservación. Las crías pueden nacer en cualquier época del año.

## 4. RESULTADOS y DISCUSIÓN

### 4.1 PROPUESTA DE CONSERVACIÓN DE ESPECIES DE BALLENAS PARA EL “PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO PARA EL GOLFO DE CALIFORNIA”

En los resultados generales de este trabajo, se pudo apreciar que la distribución de los cetáceos se rige a partir de variables especiales que operan dentro de un nicho específico. Si bien la distribución de las grandes ballenas está principalmente determinada por la temperatura superficial del mar, profundidad y biomasa zooplanctónica (Chávez-Andrade, 2006), entre más características ambientales y geográficas se puedan recabar en el estudio, el resultado obtenido se hará más específico, que en este caso coincide con las investigaciones de Qiao, H. Soberón J. & Townsend- Peterson A. (2015).

Por su parte en esta primera fase se denota una distribución a partir de abundancia de especies que concuerda con Sheather, S. & Jones, M., (1991), esto arrojó de primera instancia la ubicación de las especies.

La investigación también concluyó en su segunda fase que son los intereses políticos los que buscan activar la economía del país con el proyecto en el Golfo de California sin considerar a las especies de ballenas. Se presentan los mapas de comparación entre la síntesis final de la presencia de las 19 especies de ballenas con los datos extraídos de GBIF, en contra parte de los mapas de turismo, pesca y conservación del programa de ordenamiento ecológico marino para el Golfo de California, para finalmente generar propuestas de zonificación en cada uno de estos y proponer un mapa de aptitud general para la conservación como se hizo en (Ybarra & León, et al., 2006). En comparativa con este último estudio se obtuvieron datos similares con respecto al mapa de conservación, sin embargo, la zonificación difiere a lo que se propone conservar debido a los intereses por los que se rige esta investigación, por ello se generan algunas otras áreas óptimas para conservar. Este trabajo pretende aportar en la concientización de la existencia de especies relevantes de ballenas con un enfoque social, económico y ecológico en el sitio de estudio; además resaltar la importancia de proteger su nicho, para preservar otras especies presentes en el ecosistema. Se espera que a futuro se tenga más información de las especies que hasta el momento siguen siendo un desafío y finalmente sean contempladas en este tipo de proyectos “Zonas Prioritarias para la Conservación de las Ballenas en el Golfo de California: Un Enfoque Ecológico” (Gómez, 2013).

Cabe aclarar que el criterio por el cual se proponen las áreas de conservación que se presentan a continuación son solo contemplando la distribución de especies y se retoman de los mapas generados por parte del proyecto ecológico marino del Golfo de California aprobado en 2006, explicados en los antecedentes de este trabajo. Como primer resultado se puede observar de forma general en esta figura 25, una propagación de especies que a primera apreciación y de forma general se encuentran en puntos de las zonas en donde existe un alto índice de turismo, un alto índice de pesca y un alto índice de conservación.

Lo primero que se distingue son tres categorías: alta, media y baja con el fin de compararlo con los mapas de turismo, pesca industrial y conservación que tienen esta misma clasificación, Posteriormente se muestra solo el índice alto de cada uno de los mapas anteriores para corroborar en cada uno las áreas en donde hay incidencia de estas especies y poder generar el mapa final de conservación con base a esta información.

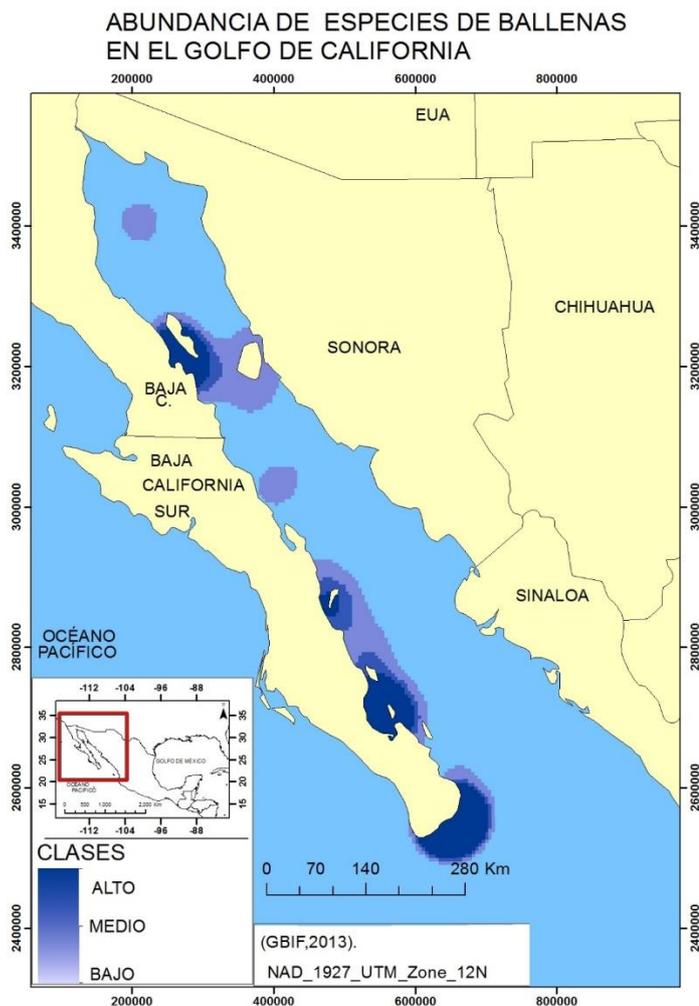


Figura 25. Abundancia de especies de ballenas en el Golfo de California. Elaboración propia (GBIF ,2013).

#### 4.1.2 ZONIFICACIONES PROPUESTAS A PARTIR DE ÍNDICES

En la fig. 26, de aptitud turística, El criterio por el cual se zonifica fue a partir de la información final de ballenas localizadas en el Golfo y en este caso el mapa de turismo propuesto en el “Programa de ordenamiento ecológico marino del Golfo de California” son ejemplificadas 4 zonas (z1), (z2), (z3), (z4), para las que se sugiere priorización para la conservación de las ballenas en el Golfo de California. En el “Programa de ordenamiento ecológico marino del Golfo de California” se sugiere una aptitud turística Alta en zonas de alta abundancia de ballenas por lo anterior, se proponen estas zonas para el cuidado y conservación de estas. Puesto que el turismo es una actividad recreativa y de alto potencial en México no se propone dejar de incentivarlo u aplicarlo en este lugar, se propone orientarlo en zonas donde no afecte directamente a las ballenas, es decir, no aplicarlo en donde más se concentran. El avistamiento de ballenas puede asociarse como un método turístico viable y sostenible. A pesar de lo anterior, existe una preocupación general sobre los impactos que tienen las actividades de observación de ballenas en general (Beach & Weinrich, 1989).

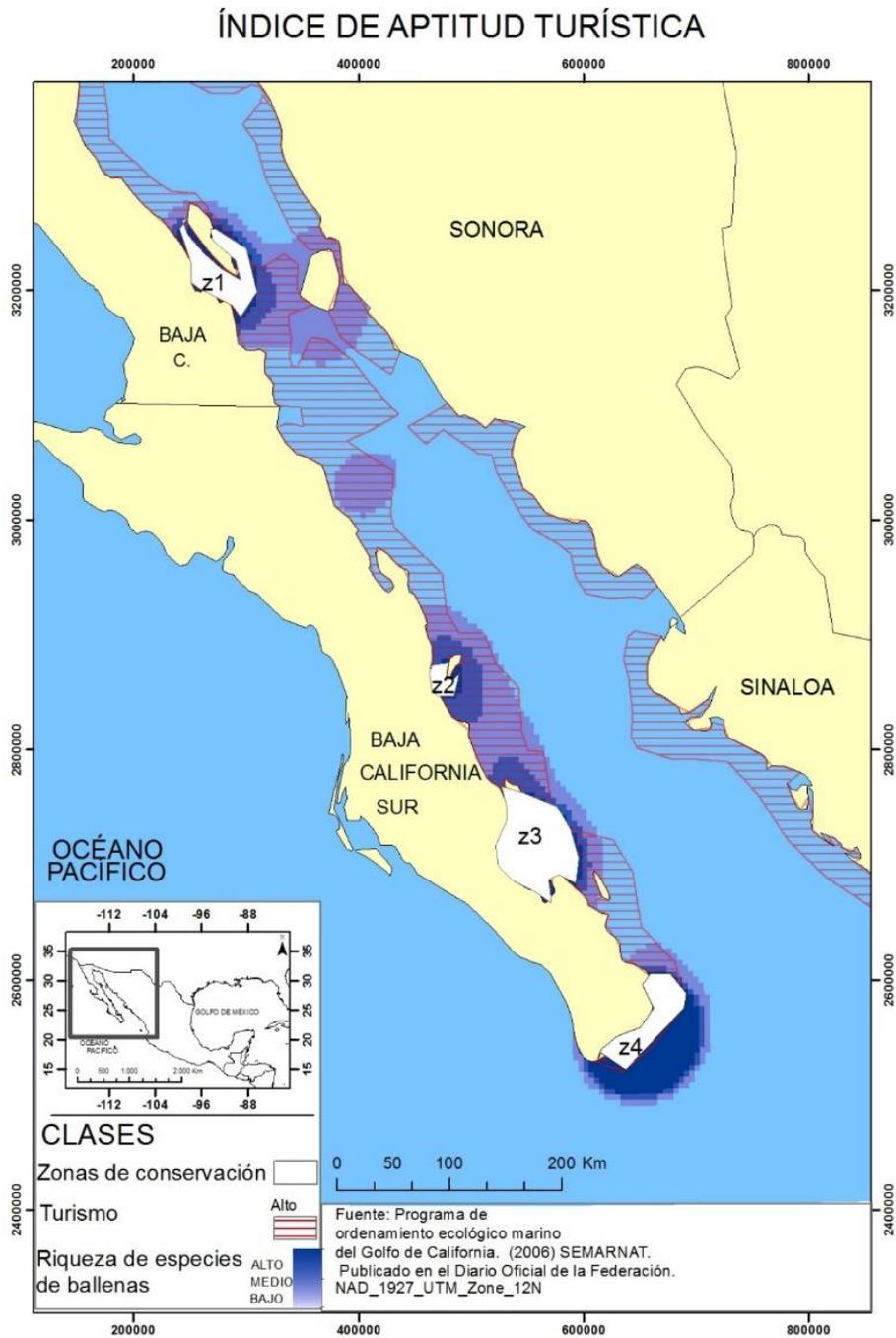


Figura 26. Propuesta índice de aptitud turística. Elaboración propia (GBIF, 2013) e (Ybarra & León, et al., 2006).

La zona 1, (z1), cuenta con presencia de ballenas con clasificación media y alta respectivamente, sin embargo, el turismo alto se sobrepone en ambas de estas cubriendo hasta la Isla Ángel de la guarda, por ello se propone este polígono, ya que este lugar es un nicho importante para la distribución de estas ballenas.

La zona 2, (z2), busca conservar la riqueza de ballenas con clasificación alta, puesto que para este caso el índice de turismo abarca las 3 clasificaciones de riqueza de ballenas las cuales son alta baja y media, por ello, se sugiere con la propuesta de polígono una reestructura en el programa de ordenamiento ecológico marino en el Golfo de California y así fomentar la conservación de menos la abundancia alta de estas especies evitando así rutas turísticas en esta zona.

La zona 3, (z3), la variable riqueza de especies de ballenas es de grado "Alto", por otro lado, el turismo de igual manera tiene el mayor grado. En este caso el turismo abarca totalmente la riqueza alta de ballenas, por esta razón se propone para esta zona lo más recomendable que sería evitar toda la (z3), sin embargo, se podría gestionar y generar un turismo adecuado.

La zona 4, (z4) de aptitud turística, se sobrepone con un área de riqueza de especies muy importante, es en donde más datos de especies se recopiló y por tanto más saturación de datos de presencia por lo tanto se tiene clasificación alta y como se puede apreciar en el mapa, la parte costera de la península se indica como turismo alto en el plan de ordenamiento marino para el Golfo de California. Por lo que se propone un polígono en esta zona de conservación pues es esencial para el cuidado y conservación del nicho de las ballenas.

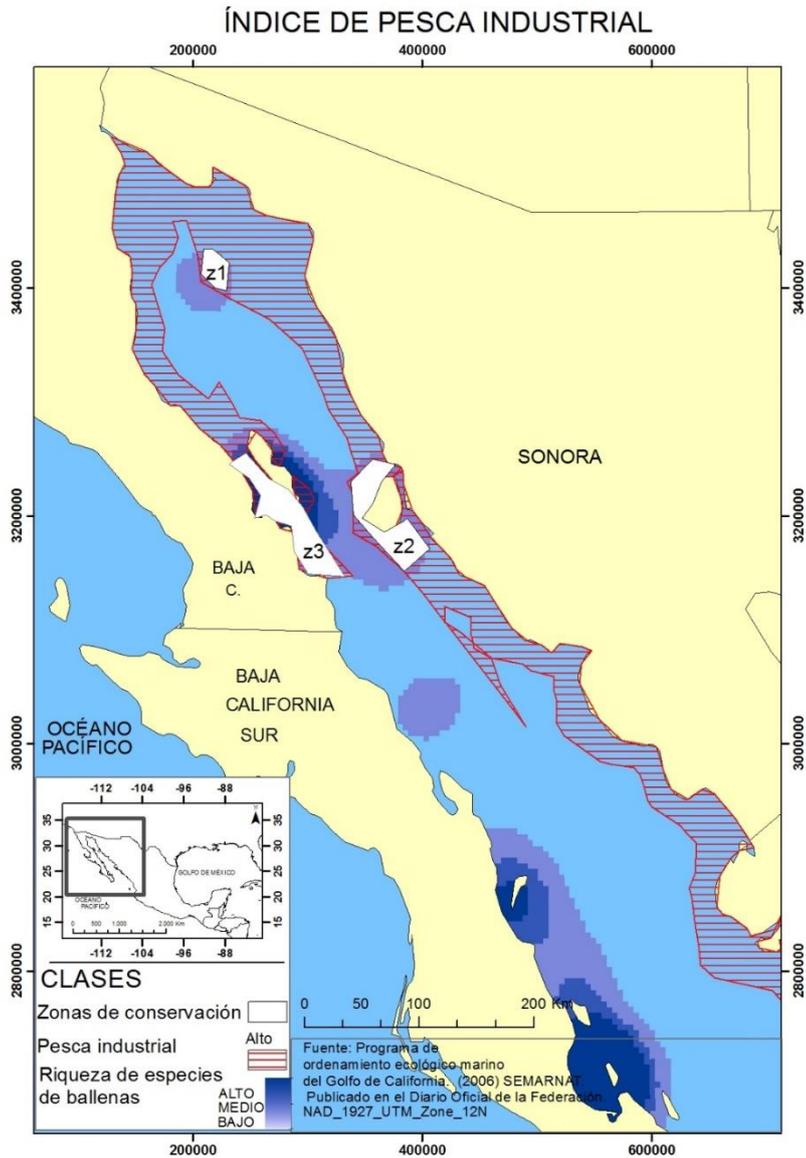


Figura 27. Propuesta índice de pesca industrial. Elaboración propia (GBIF, 2013) e (Ybarra & León, et al., 2006).

En la fig. 27, de Índice de pesca industrial señala las zonas en las que se sobrepone el programa de conservación ecológico marino en la temática de pesca industrial, con la riqueza de especies, evidencian 3 zonas importantes en donde se generan los polígonos z1, z2 y z3, como propuestas de conservación, ya que en estas se pueden apreciar la alta y baja riqueza de especies respectivamente en cada caso y alta pesca industrial que sería el grado de mayor riesgo para estas especies.

### Propuesta Z1

Del índice de pesca industrial bajo la zona 1(z1), coincide con un área importante de especies de ballenas en clasificación baja, sin embargo, en esta zona muchas de estas especies están en peligro de extinción, en su mayoría coinciden con características de protección, además, de que siendo pesca industrial baja, ésta podría re considerarse a no estar en este sitio específico, si a futuro se considerase la pesca en grado alto en esta zona podrían afectar a la riqueza de ballenas para esta zona. Por esto se propone contemplar esa área del polígono propuesto para la conservación.

### Propuesta Z2

Índice de pesca industrial en la zona 2 (z2), las especies de ballenas con clasificación baja y media se sobreponen con una aptitud de pesca alta según el “Plan de ordenamiento ecológico marino”, por lo que esta zona se propone para el resguardo y cuidado de la riqueza media de especies de ballenas, y así evitar una perturbación y por tanto pérdida de riqueza de especies, la pesca industrial alta, solo debería limitarse a la zona baja de especies de ballenas.

### Propuesta Z3

En este caso la pesca industrial al sobreponerse la riqueza de especies de clasificación alta, con el índice de pesca industrial alto, este es el primer caso donde ambos rangos altos se encuentran y para evitar afectar zonas de alto índice de presencia de ballenas ya establecidos se pensó en esta propuesta. Por lo que en la zona 3 (z3) se propone una zona para la preservación de las especies de ballenas que están en esta área debido a que la pesca abarca en su totalidad riqueza alta y parte de la media, lo que es perjudicial para la riqueza de especies.

En este mapa, Fig. 28, se resumen las 3 Zonas propuestas para conservación (z1, z2 y z3). En general la riqueza de especies de ballenas no es contemplada por el índice de conservación en las áreas anteriormente propuestas. El índice de conservación incluye zonas de riqueza de especies para este caso con clasificación alta, sin embargo, la propuesta que se plantea aquí es reestructurar la conservación para salvaguardar así áreas de alta riqueza de ballenas.

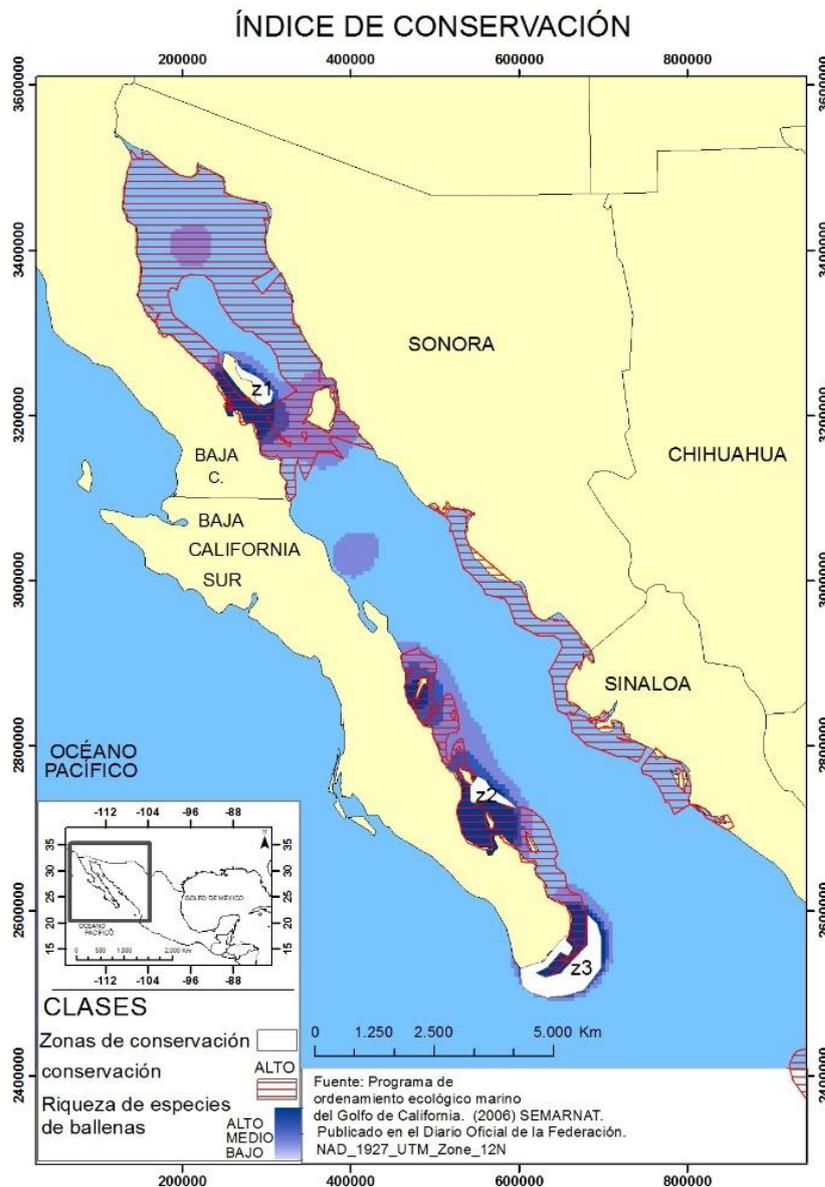


Figura 28, Propuesta índice de conservación. Elaboración propia, (GBIF, 2013) e (Ybarra & León, et al., 2006).

La zona uno (z1) muestra la zona de riqueza de especies de ballenas alta que no cubre el índice de conservación de interés alto en esta parte de la isla. Este resultado denota que en la parte noreste de la isla ángel de la guarda la presencia de ballenas es de valor alto y su consideración en zona es fundamental, suponiendo que el turismo pudiera regularse en esta zona, favorecería a conservar la riqueza alta de especies.

La zona dos (z2) demuestra un índice alto sin embargo, para la zona sur de Baja California sur se propone que es una zonificación de área exclusiva a conservación, en

este sitio la variable riqueza de especies con valor alto no es contemplada por el índice de conservación con el mismo valor en su totalidad, por tanto se propone esta área para incentivar la conservación de este sitio pues deben considerar extender el área contemplada ya que si en este punto temporal están presentes estas especies lo mejor es proteger estas áreas para mantener armonía en el sitio.

En la zona 3 (z3) se propone una conservación a la parte sur del Golfo de California, en esta área es la mayor incidencia lata de riqueza de especies así que se requiere una conservación adecuada para la preservación de las diferentes especies que llegan a este punto.

#### 4.1.3 IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN

En función de las múltiples zonificaciones construidas a partir de los índices, en esta sección se genera una zonificación general para las zonas de conservación de las ballenas en el Golfo de California a partir de los tres mapas mostrados anteriormente, para analizar en donde se podría fomentar la conservación de áreas en la zona de estudio, tomando como base principal el mapa generado "índice de conservación" ya que se ha demostrado con antelación en este trabajo que, debido a ser un mapa general con atributos faltos de información en el ámbito biológico pues no considera a las ballenas como mamíferos importantes para la generación de su mapa diagnóstico, es importante esta información junto con las variables económicas para generar estrategias adecuadas de conservación y aprovechamiento de recursos. En el mapa fig. 29, se proponen áreas adecuadas de conservación alta, para estas especies, debido a que se parte de la simbología de los mapas mencionados, La Zonificación color blanca son las propuestas y lo generado por SEMARNAT color rojo.

Se sugiere una conservación alta (prioritaria) para este caso figura 29, debido a que estas especies de ballenas deberían estar contempladas en la conservación alta, aunque estas estén en clasificación media o baja para realizar la comparación de mapas, una conservación óptima por parte del estado debería contemplar las especies en conjunto, ya que estas estando en presencia baja son igual de importantes que las de presencia alta debido a la distribución potencial que pudieran presentar estas especies, así en conjunto con la aplicación de las medidas adecuadas se podría lograr la preservación de las diferentes especies de ballenas que están en esta zona. Los mapas de turismo y pesca industrial deberían reordenarse según la idea presentada en este mapa de conservación.

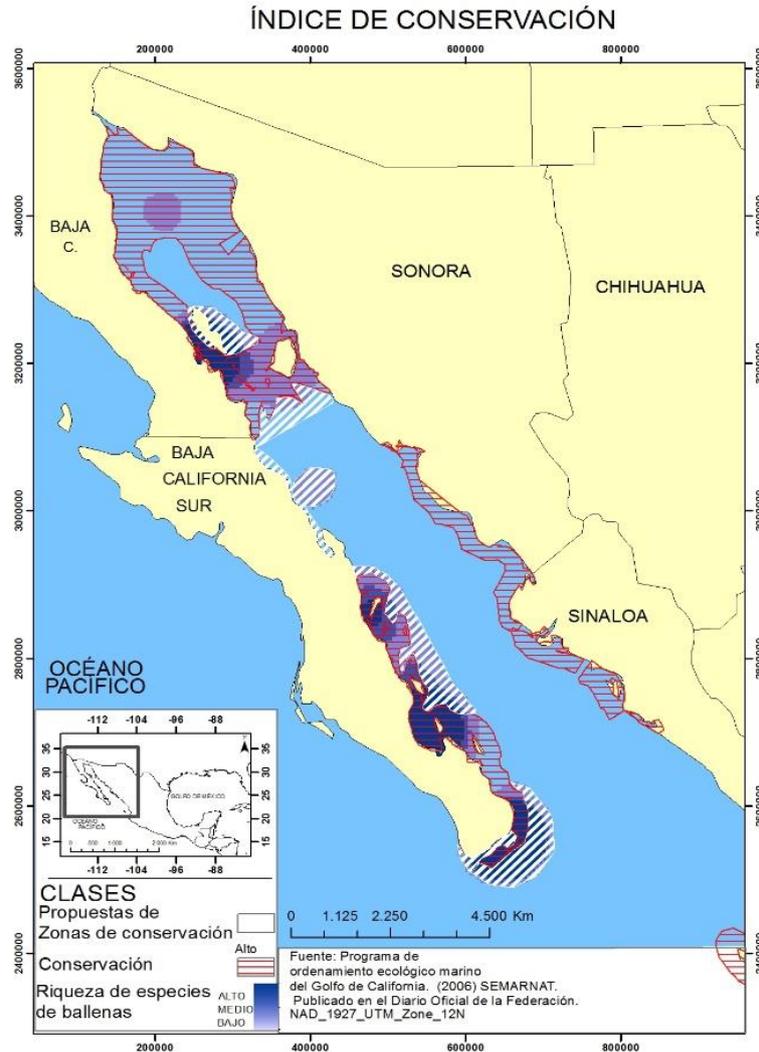


Figura 29. Propuesta en el índice de conservación. Para este análisis solo se toman en cuenta las especies de ballenas como nicho importante del Golfo de California, pero es claro que existen algunas más contempladas por SEMARNAT y se respeta su delimitación en el mapa. Elaboración propia (GBIF, 2013) e (Ybarra & León, et al., 2006).

### TABLA DE PONDERACIÓN

La siguiente tabla, explica la ponderación realizada de las variables: alimento de ballenas, temperatura superficial del océano general, profundidad de inmersión, temporadas de reproducción y turismo de avistamientos, dichos resultados demuestran inclinación de la valoración realizada en base a las estimaciones de (Saaty, 2005), en este caso el alimento es mejor ponderado que la temperatura y así sucesivamente.

Ponderación:

Tabla 14. Ponderación de variables. Resultado final de ponderación en la comparación de variables. Elaboración propia (Saaty, 2005).

<b>Variables</b>	<b>Resultados</b>
Alimento	0.37
Temperatura	0.27
Reproducción	0.20
Profundidad	0.10
Turismo	0.07

Estos valores denotan que el alimento es de suma importancia sobre la valorización de las otras variables, posteriormente se posiciona de manera consecutiva la temperatura del océano y la temporada de reproducción, se consideró de menor valor en la comparación a la profundidad y el turismo respectivamente se reitera que esto responde a la premisa de conservar a las especies de ballenas y como responden las anteriores a la comparación entre estas variables. Posteriormente se realiza la comprobación de variables anteriores, de esta manera se obtiene el índice de consistencia IC, consistencia aleatoria RI y relación de consistencia CR. Finalmente se obtienen los resultados y así se estimaron los datos generados, después de realizar los cálculos adecuados se genera la tabla.

Tabla 15. Comprobación de resultados. La relación de consistencia en este caso aprueba la ponderación. Elaboración propia.

índice de consistencia	IC	0.12
consistencia aleatoria	RI	1.19
relación de consistencia	CR	0.10

Una consideración importante es que la relación de consistencia es menor o igual a 0.1 lo que quiere decir que se ha ponderado razonablemente la función y estos resultados fueron viables según la estimación de las variables que se utilizaron, por tanto, la tabla anterior es un método de comprobación del ejercicio en la matriz.

Estos datos de consistencia son importantes en términos de calidad de decisión final, se refiere a la consistencia de los juicios que muestra el tomador de decisiones en el transcurso de toma de decisiones pareadas, es de esperar por tanto cierta

inconsistencia, para esto se necesita el IC y el RI para determinar si un nivel de consistencia es o no razonable y este es el caso de ser consistente.

#### 4.1.4 RELACIÓN ENTRE VARIABLES ELEGIDAS EN EL PROCESO JERÁRQUICO ANALÍTICO

A continuación, se visualizan los resultados según el procedimiento de análisis jerárquico analítico, para denotar la relación de las variables utilizadas en la matriz, pero ahora con cada especie de ballena que ha tenido presencia en el Golfo de California.

La profundidad y la temperatura son variables físicas, están sumamente relacionadas en la dinámica oceánica, dicha relación es fundamental como entre cada una de las otras variables: la salinidad, la velocidad de corrientes etc. Sin embargo, se toman en cuenta estas dos primeras ya que son las variables que más se relacionan con la distribución de las especies de ballenas además de que estas variables contemplan a las 19 especies de ballenas, es decir, se tiene información de cada una, esto es muy útil pues la diferencia de temperatura está directamente determinada según la profundidad y la región que tienen los distintos océanos del mundo en donde se encuentren estas especies. (Tovar, et al., 2015).

La relación de variables anteriores referente al alimento de ballenas ya sea peces o fitoplancton, está en que las corrientes marinas transportan grandes cantidades de agua y energía en forma de calor, por lo que influyen en la distribución de la temperatura, como resultado se distinguen las condiciones climáticas de la región y la productividad primaria de aguas generando así el ciclo trófico (Ramírez, J. 2006). A partir de esto las ballenas deciden seleccionar áreas de confort o áreas de hábitat como sucede con su ciclo anual de migración (Guevara, 2018). Este se alterna entre un periodo de alimentación en aguas productivas regularmente frías, y un periodo de reproducción y crianza en aguas tropicales y subtropicales en forma general, esto depende de cada especie de ballena.

Además, el turismo y la pesca son las actividades económicas más importantes en el Golfo de California y aportan a México un gran valor económico, por eso mismo se incluye el turismo como variable antrópica que está relacionada con el avistamiento de estas, sin embargo, dada la falta de información respecto a datos de pesca de ballenas o relacionado a estas, la pesca solo se considerará para comentarios generales que inciden en relación a estos temas, pero no se contempla para datos de análisis en la matriz jerárquica analítica. En la matriz jerárquica se expresan las variables anteriores dentro de la matriz, finalmente se valoraron cada una de ellas dependiendo las

necesidades de cada ballena, demostrando así la jerarquización en la distribución de ballenas. En la siguiente tabla se expresan los valores ponderados de cada ballena y al final de esta tabla la ponderación que se realizó de las variables en cuestión esto con el fin de realizar una suma producto de matrices ponderadas y así determinar la priorización de especies. Se señala en cada fila la ponderación resultada de la comparación entre ballenas según cada variable para esto se utilizó los datos resultantes de valorar las especies de ballenas en el apartado de 2.2 Materiales y métodos.

Tabla 16. Resultados del vector promedio de las especies de ballenas según las variables: temperatura, alimento, turismo de avistamientos, temporada de reproducción y profundidad.

<i>Especies</i>	Temperatura	Alimento	Turismo	Temporada de reproducción	Profundidad
<i>Mesoplodon peruvianus</i> Reyes	0,08	0,11	0,02	0,02	0,02
<i>Ziphus cavirostris</i>	0,08	0,26	0,02	0,01	0,03
<i>Pseudorca crassidens</i>	0,08	0,02	0,14	0,01	0,02
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	0,08	0,07	0,04	0,05	0,08
<i>Peponocephala electra</i>	0,08	1,52	0,05	0,05	0,04
<i>Balaenoptera borealis</i>	0,08	0,07	0,02	0,03	0,06
<i>Eschrichtius robustus</i>	0,08	0,02	0,14	0,12	0,10
<i>Kogia sima</i>	0,06	0,10	0,01	0,03	0,06
<i>Eubalaena japonica</i>	0,06	0,08	0,08	0,11	0,06
<i>Berardius bairdii</i>	0,06	0,02	0,02	0,08	0,01
<i>Mesoplodon densirostris</i>	0,06	0,06	0,02	0,02	0,02
<i>Kogia breviceps</i>	0,03	0,05	0,02	0,04	0,08
<i>Orcinus orca</i>	0,03	0,02	0,09	0,05	0,03
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	0,02	0,12	0,03	0,09	0,04
<i>Megaptera novaeangliae</i>	0,02	1,50	0,05	0,09	0,15
<i>Balaenoptera edeni</i>	0,02	0,02	0,08	0,01	0,06
<i>Balaenoptera musculus</i>	0,02	0,09	0,04	1,08	0,08
<i>Balaenoptera physalus</i>	0,02	0,02	0,05	0,10	0,06
<i>Physeter macrocephalus</i>	0,02	0,02	0,09	0,03	0,02
<i>Ponderación de variables.</i>	0,27	0,37	0,07	0,20	0,10

A continuación, se señala la cartografía resultante de la tabla anterior, cada variable fue valorizada según las características que se le atribuyen a cada especie, para ejemplificar de forma general el impacto de todas en su nicho ecológico, dentro el espacio geográfico del área de estudio y así determinar posteriormente las zonas que de forma autónoma denotan una prioridad para la conservación.

Posteriormente se genera un mapa general con la priorización recomendada según la ponderación resultante, cabe mencionar que los resultados se basan en la herramienta de Kernel density que calcula la densidad de las entidades de punto de alrededor de cada celda ráster de salida, solo en la zona de estudio, es decir, en el Golfo de California. Así se determinaron estas áreas en donde las coincidencias de valores altos de diferentes variables, entre diferentes especies coinciden según los datos recabados. Cabe señalar que los siguientes mapas tienen como base una imagen satelital Lansat y los datos que se modelan son los ponderados según las especies.

## VALORES DE ALIMENTACIÓN DE BALLENAS

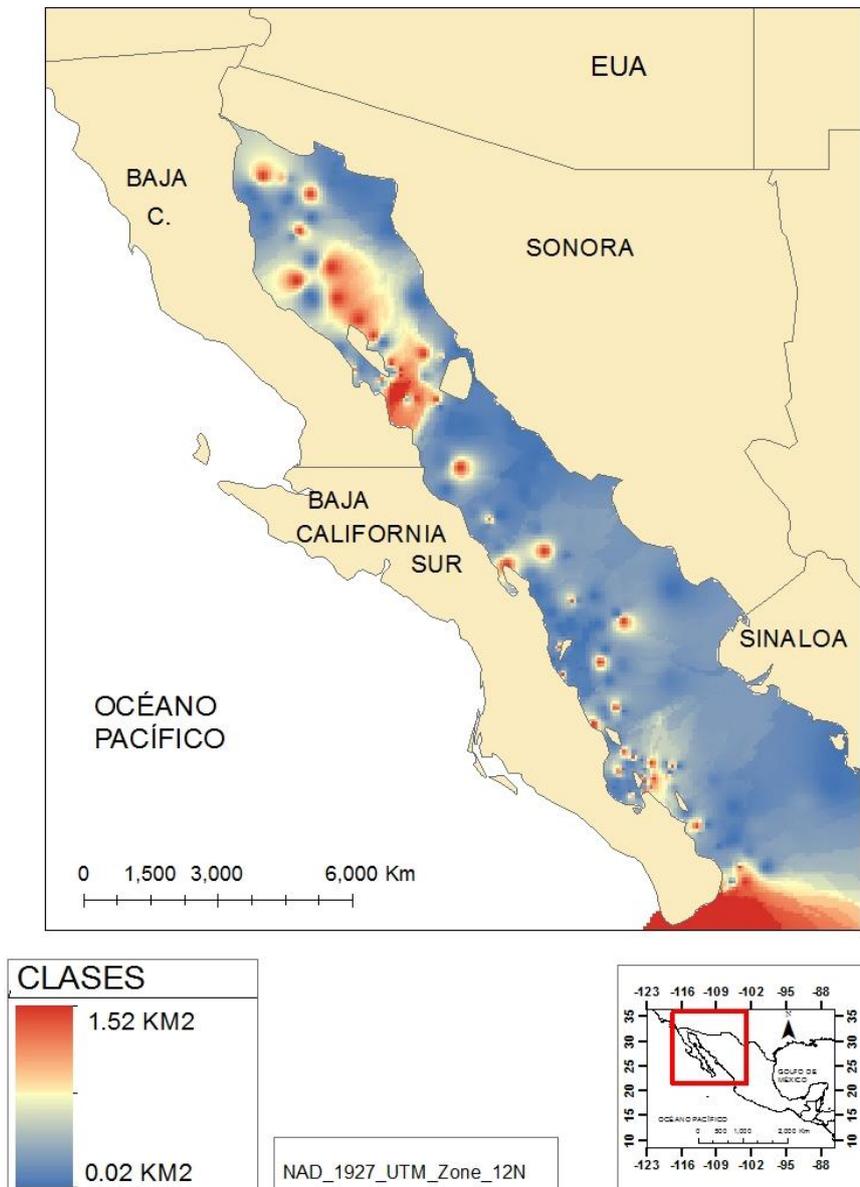


Figura 30. Valores de alimentación de ballenas. Elaboración propia con imagen de satélite NASA lansat- 3

En el mapa anterior fig. 30, se puede observar que las especies con mayor valoración son representadas por los manchones de color rojo, estos coinciden en áreas de la zona norte del Golfo de California, que es en donde se puede distinguir mayor presencia de estos mamíferos con diferentes puntos de coincidencia, en las islas del norte son representativas las manchas debido a que es una zona de surgencia importante que casi conecta de extremo a extremo con Sonora y Baja California al igual que la distinción en la parte sur de la península de Baja California sur que muy probablemente coincide con la incidencia de especies en general. Por tanto, estas zonas se sugieren como de

mayor prioridad para la conservación ya que son zonas en las que usualmente se alimentan las especies de ballenas que comen solo peces o plancton (especialistas).

### VALORES DE PROFUNDIDAD DE BALLENAS

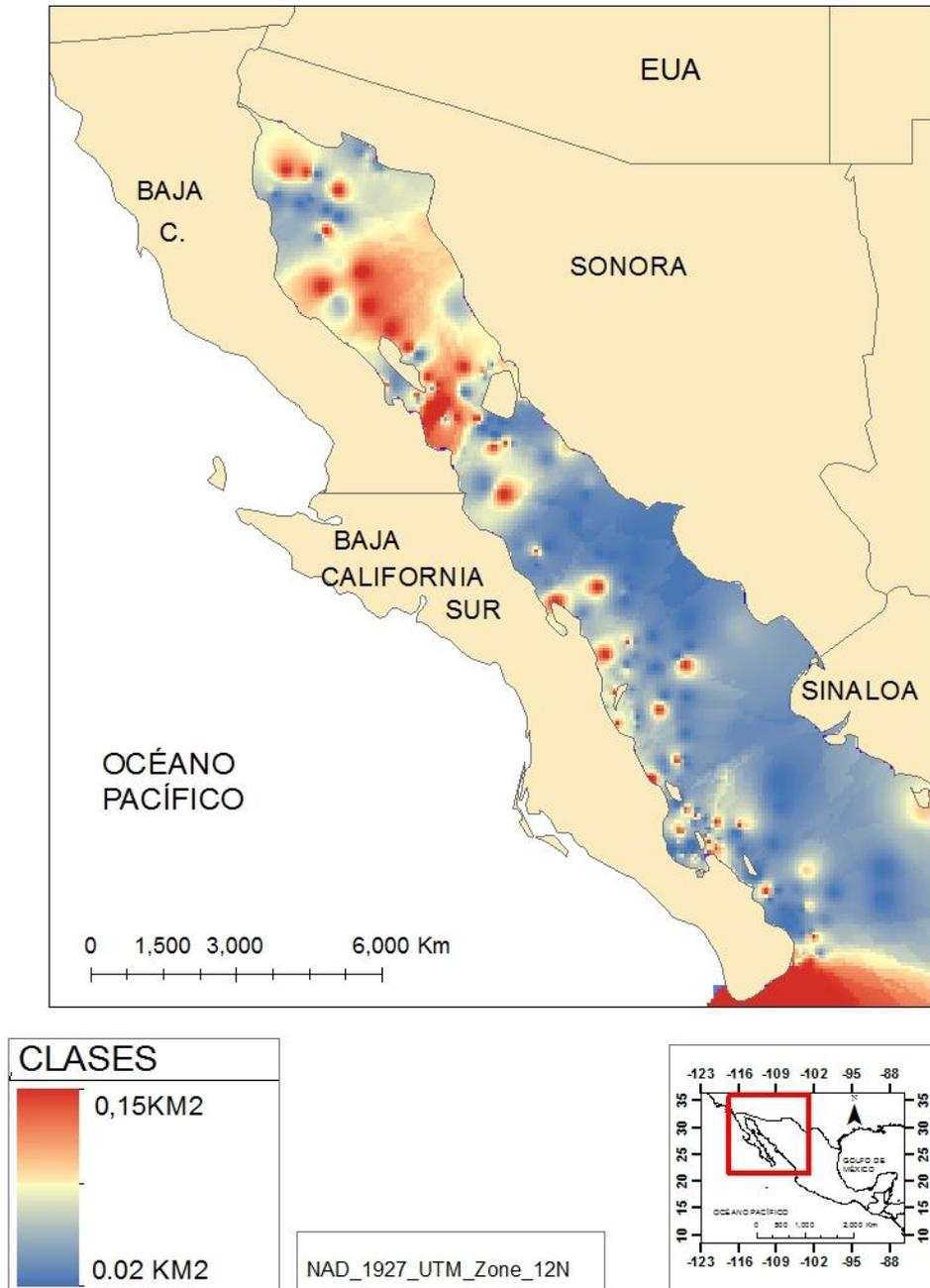


Figura 31. Valores de profundidad de ballenas. Datos NOAA, (2020), elaboración propia

En este mapa fig. 31, se distinguen tres manchones importantes de ballenas que fueron valoradas según su profundidad el más pequeño se encuentra en la zona norte casi en la última parte del Golfo de California, después hay otra área con coloración roja entre

la zona de islas entre Baja California y Sonora la cual abarca un mayor espacio. Finalmente hay presencia dispersa en la zona media de dicho Golfo y en la parte de la península se extiende un área roja intensa de dimensión importante.

Esto demuestra que las especies de ballenas que resaltan en tonalidad roja son generalmente las que se encuentran más fácilmente en superficie debido a que estas no hacen inmersiones a gran profundidad, por lo que, la zona en donde se demuestra más presencia de ballenas coincide con una superficie poco profunda del Golfo de California.

### VALORES DE TEMPERATURA DE BALLENAS

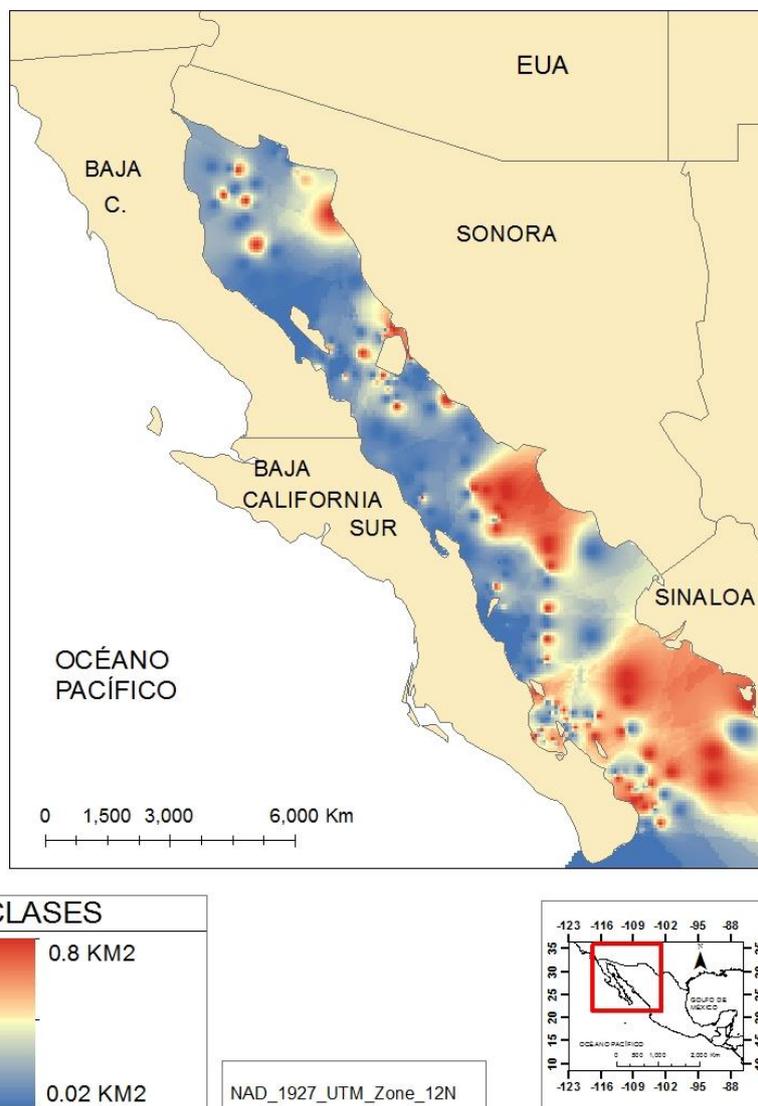


Figura 32. Valores de temperatura de ballenas. Elaboración propia, a partir de imagen obtenida de Lansat-3

En el mapa anterior fig. 32, los valores de temperatura de ballenas generan un mapa con manchones rojos los cuales ejemplifican zonas importantes de coincidencia. En la parte norte existen áreas dispersas con una que resalta cerca del estado de Sonora, en la zona media se extienden áreas de menor tamaño dispersas, dando por hecho que la zona sur comprende las áreas más importantes de profundidad con áreas con presencia roja en Sonora y Sinaloa que se extienden en lo ancho del Golfo de California. Esto demuestra que las ballenas que habitualmente están en un solo tipo de temperatura pueden restringirse a unas zonas determinadas durante una temporalidad de tal manera que si esas especies están restringidas a esa temperatura tendrían que ser zonas de conservación.

### VALORES DE TEMPORADA DE REPRODUCCIÓN

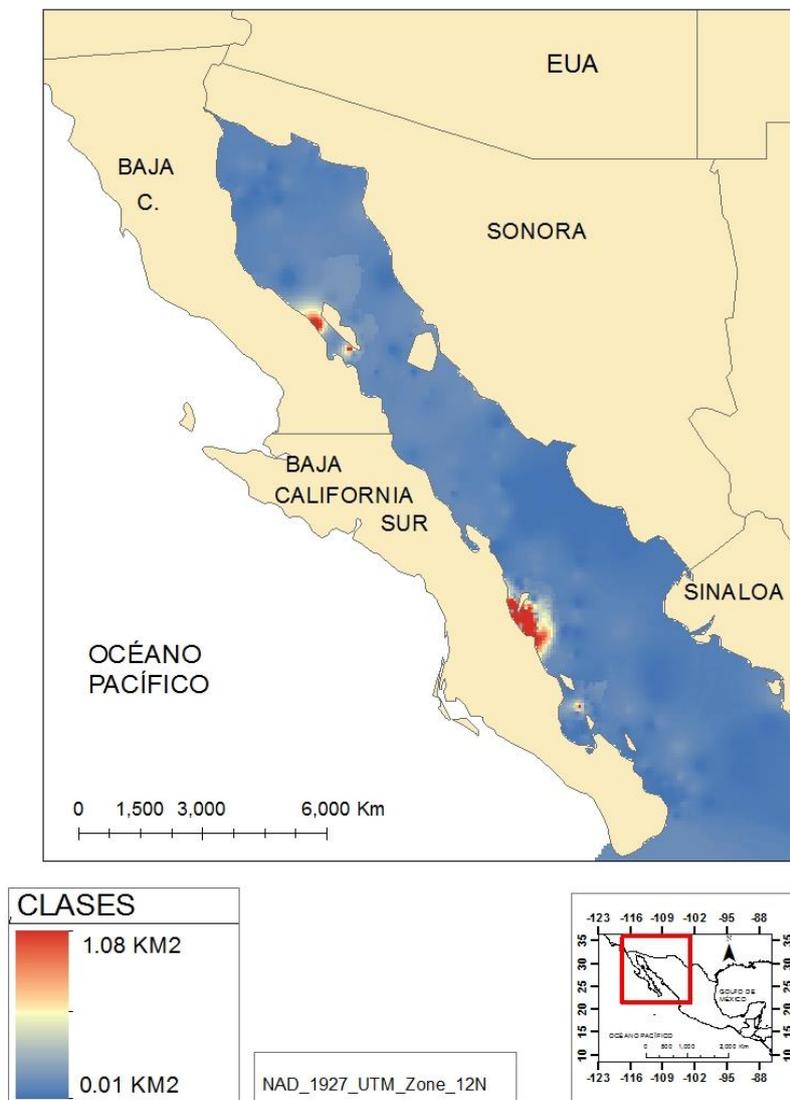


Figura 33. Valores de temporada de reproducción de ballenas. Elaboración propia, a partir de imagen obtenida de de Satellite lansat- 3.

En este mapa fig. 33, la temporada de reproducción solo demuestra dos áreas que resaltan en tono rojo, lo que responde a una coincidencia de especies de ballenas que solo tienen una temporada de reproducción que puede durar poco o un periodo amplio, sin embargo, para esta valoración en específico se consideró también si las ballenas están en peligro de extinción para así favorecer más a estas. La primera área, está en la isla noreste, el área se extiende a Baja California. La segunda zona se encuentra en la parte central de Baja California sur pegada al continente y se extiende a lo ancho del Golfo. Esto demuestra que las ballenas que realizan una temporada de reproducción que puede verse afectada, según la valoración realizada están en un área específica que puede ser un factor importante de consideración para la conservación pues sugiere entre otras cosas que estas especies solo realizan una temporada de reproducción y crianza y por qué algunas de estas están en peligro de extinción al existir una perturbación en la zona podría afectar su ecosistema y a todo el nicho ecológico.

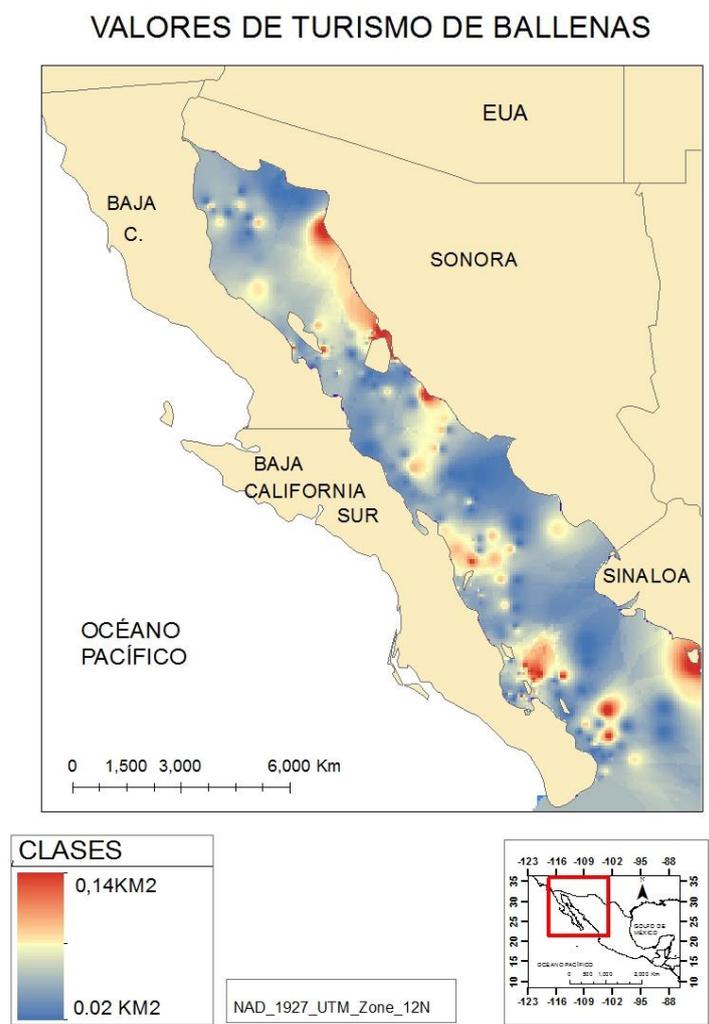


Figura 34. Valores de turismo de ballenas. Elaboración propia, a partir de imagen obtenida de Satélite lansat- 3.

Este mapa fig. 34, de valores de turismo de ballenas da como resultado varias zonas de localización de coincidencia de especie con la misma valoración en común, demostrando en color rojo la mayor concentración. En primer lugar, existe un área importante en la costa norte de Sonora, en la zona media hay dos áreas que se extienden del continente al Golfo no muy ancho más bien largas en tonos amarillo y rojo. Y finalmente en la zona sur existen tres áreas de coloración roja la que resalta un poco más se encuentra en la costa de Sinaloa y las otras del otro lado del continente.

Esto demuestra que en el Golfo de California, hay una gran presencia de ballenas que son importantes para el avistamiento, muchas de estas son consideradas famosas para el turismo de ballenas y que por la misma situación que les atañe son las más conocidas y existe mayor información de la mayoría de estas, gracias a esta información podrían establecerse lineamientos adecuados de ballenas que si interactúan con las embarcaciones y que generalmente no están en peligro de extinción para así favorecer la conservación.

El siguiente mapa responde al modelo final, es una valoración general de especies de ballenas, que relaciona las variables anteriores con respecto a la información de cada especie, por ejemplo, si una especie tiene una profundidad de 30 m el procedimiento de kernel density la asocia con otra especie que justo este en el mismo pixel de información en la Isolínea de profundidad 30 m, marcada esta relación se evalúa primero la densidad y áreas donde se distribuyen, así se hace con cada variable como se hizo desde la figura 37, 38, 39 y 40, posterior a esto se realiza un mapa final de aptitud para la conservación, según estos datos anteriores y las variables iniciales dada su ponderación que se explican a continuación.

Los mapas de alimento, temperatura, turismo de avistamientos, temporada de reproducción y profundidad, fueron reclasificados en su estructura en 5 variables para poder incluir la información en uno solo, y posteriormente se realizó la sumatoria del producto de cada variable multiplicado por su promedio normalizado (Tabla 5), para marcar significativamente una suma diferencial sobre variables y generar un mapa que se clasificó en las categorías alto medio y bajo

Realmente las variables ponderadas, se mantienen en un eje generico sin embargo las variaciones diferenciales aportan un modelo de distribución general para conservar esas areas mostradas como abundates en especies según las variables jerarquicas.

En este mapa de aptitud modela a todas las variables valoradas en este trabajo, lo que demuestra zonas importantes con presencia alta de especies en la parte Norte principalmente y en la zona del cabo al Sur, asimismo parece ser que el rango medio predomina en la costa Oeste de Baja California sur y el rango bajo demuestra zonas amplias por todo el Golfo de California, lo que no indica la ausencia de ballenas, sino que estas especies no responden de la misma manera como ocurre con las otras variables.

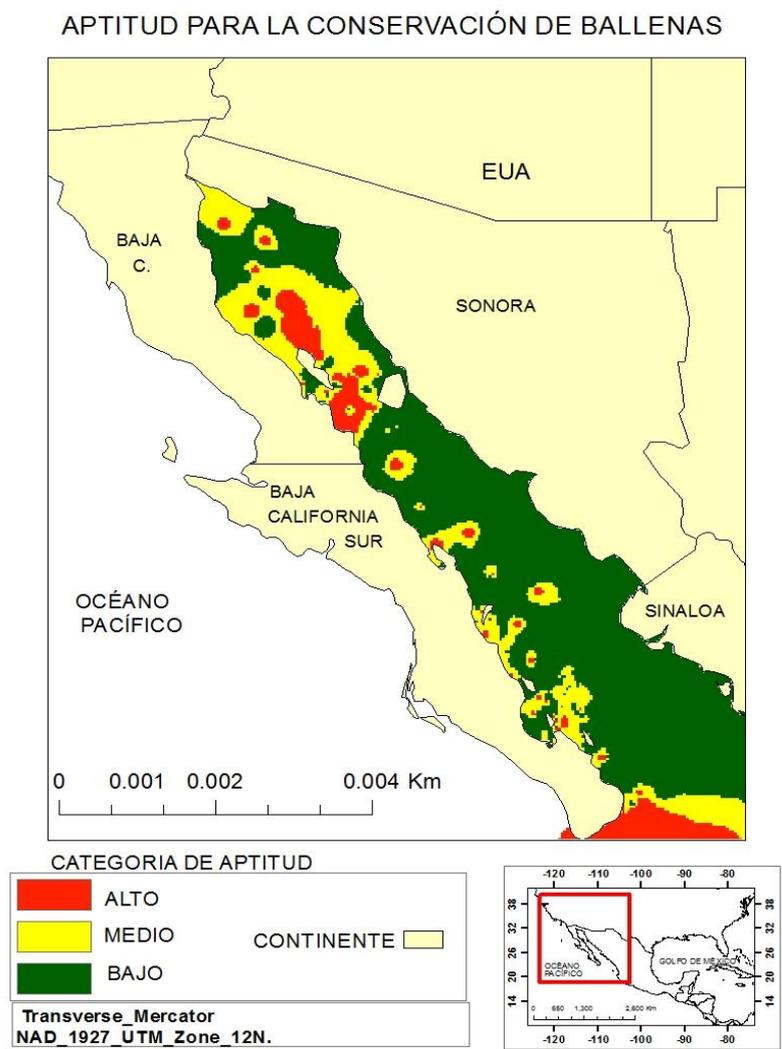


Figura 35. Mapa de aptitud para la conservación

Para la priorización en las tablas siguientes, se da una inclinación por valores, así entonces, a las especies con valor más alto muestran su relación con las variables

anteriormente presentadas, se aclara que las ballenas con rangos más altos no son más importantes que otras, ya que, las ballenas con una valoración alta están más relacionadas con las variables presentadas en caso contrario las de valores menores demuestran una relación menor con las variables anteriores, es decir, que con algunas otras variables pueden resultar resultados diferentes.

Tabla 17. Resultados de la priorización para cada especie de ballena. Realizada a partir de datos de los vectores promedio de las variables anteriormente mencionadas Harker & Vargas, (1987), elaboración propia.

<b>Especies</b>	<b>Priorización</b>
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	0,0667
<i>Megaptera novaeangliae</i>	0,6059
<i>Pseudorca crassidens</i>	0,6008
<i>Balaenoptera musculus</i>	0,5388
<i>Eschrichtius robustus</i>	0,1578
<i>ziphus cavirostris</i>	0,1220
<i>Eubalaena japonica</i>	0,0658
<i>Mesoplodon peruvianus</i> Reyes	0,0644
<i>Kogia sima</i>	0,0621
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	0,0614
<i>Balaenoptera borealis</i>	0,0556
<i>Mesoplodon densirostris</i>	0,0412
<i>Kogia breviceps</i>	0,0411
<i>Peponocephala electra</i>	0,0375
<i>Balaenoptera physalus</i>	0,0317
<i>Berardius bairdii</i>	0,0294
<i>Orcinus orca</i>	0,0284
<i>Balaenoptera edeni</i>	0,0266
<i>Physeter macrocephalus</i>	0,0233

La priorización anterior demuestra a aquellas especies que deberían tener mayor atención, según las variables: avistamientos turísticos, temperatura del océano,

temporada de reproducción, profundidad y alimento. Las tres especies con mayor puntaje en prioridad según los estándares de este trabajo son:

*Globicephala macrorhynchus*, *Megaptera novaeangliae* y *Pseudorca crassidens*, siendo estas las más altas en valor de resultado en la matriz, son especies que por lo general salieron valoradas a partir de un criterio alto de prioridad en por lo menos 2 de las 5 variables mencionadas; sin embargo, la priorización en el mapa fig. 36, se puede visualizar que la distribución no depende tanto de solo estas especies, si no del conjunto de las ballenas en todo el Golfo ya que a pesar de abarcar gran área faltan muchas zonas en donde hay más especies como se ha visto anteriormente.

Deberían considerarse para generar cualquier tipo de programa de infraestructura en pesca o en turismo y para planes de conservación en general, así como tomar acciones en contra de la perturbación del nicho ecológico, para que se siga generando el ciclo natural de vida en el Golfo de California, todo esto con el fin de hacer prevalecer las especies vulnerables a estas variables.

Posterior al análisis de ponderación de las especies de ballenas, se obtuvo una representación cartográfica de su abundancia en el espacio. Para ejemplificar su dispersión espacial y se cartografiaron en este punto las variables para determinar la influencia de los factores que afectan directamente sobre las ballenas. Se generaron estimaciones de densidad IDW de áreas marinas con distinto grado de valorización según las siguientes:

Alimento, temperatura, profundidad. Cabe resaltar que a falta de un mapa base de temporada de reproducción no se pudo valorar en este punto esa variable. Así se distinguen los riesgos que existen para las especies de ballenas, buscando representar la conservación del nicho.

## PRIORIZACIÓN DE ESPECIES DE BALLENAS

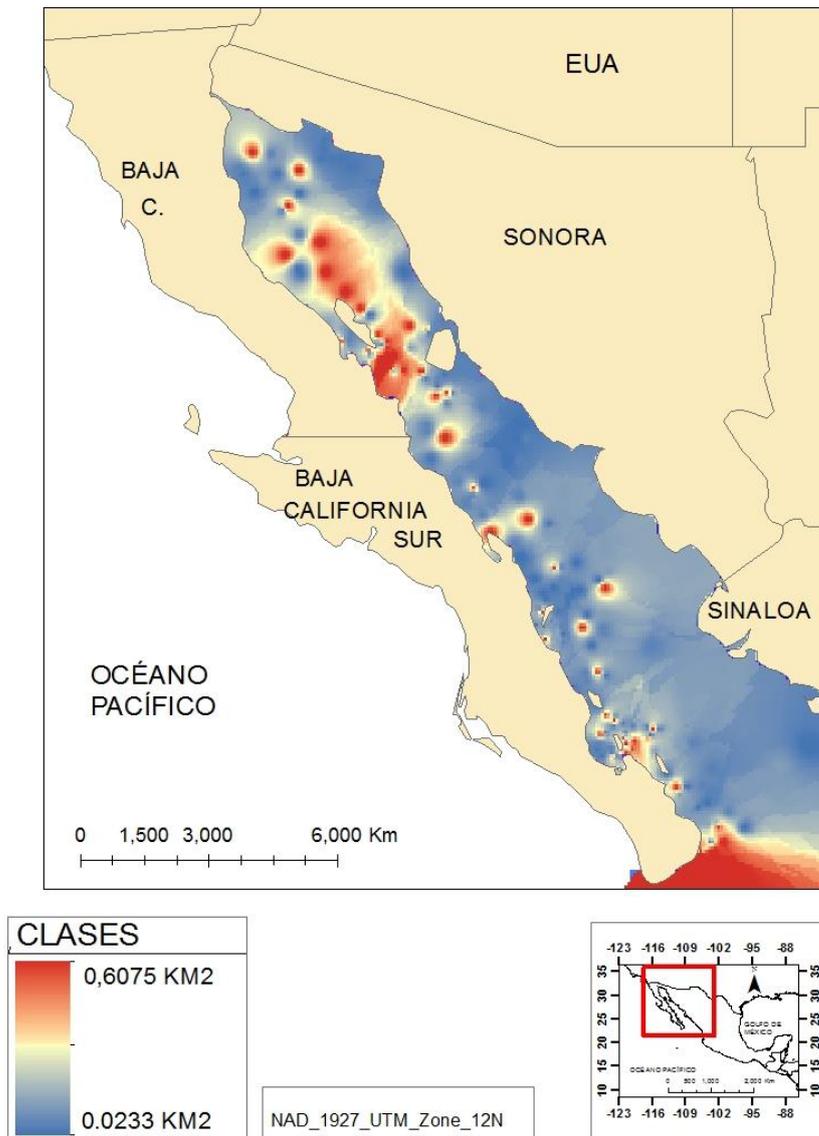


Figura 36. Priorización de especies de ballenas. En este mapa se tomó en cuenta la valoración generada a partir del método de kernel density. Elaboración propia, datos de tabla de priorización.

En este mapa fig. 36, se pueden notar áreas de dispersión alta con tonalidad roja al sur oeste debajo de la península, con alto grado de prioridad lo que parece ser mayor y extenderse hacia el sur, sin embargo, en este estudio solo se considera el área del Golfo de California, además, también existe abundancia de especies prioritarias que se encuentran en la zona norte entre Baja California y Sonora, con dispersiones menores de estas especies en la parte media del Golfo de California las áreas rojas se cubren de tonalidad amarilla en su mayoría que expresa valores intermedios entre la evaluación

de la interpolación y finalmente las tonalidades azules muestran las demás especies dentro de esta zona de estudio dispersas entre si.

Esto quiere decir que después del procedimiento de comparación entre especies y variables seleccionadas, se obtuvieron diferentes resultados de comparación, se estima que las especies mayormente beneficiadas por estas variables expresadas en la tabla 14, en la cartografía resultante se expresan como prioritarias porque dependen o interactúan de mayor manera con estas, por lo anterior se propone en la cartografía tener una atención mayor en las áreas rojas para proponer medidas de conservación ya que con la presencia de especies prioritarias, que son vulnerables a variables turísticas, alimento, profundidad, temporada de reproducción y temperatura se puede establecer una diferencia entre las otras especies lo cual sigue siendo un sesgo que puede ser generado también por la información que hay sobre las especies en términos generales de conocimiento.

Posteriormente se muestran los mapas de distribución generados a partir de la sobre posición de datos geográficos en las capas de bases de información con las variables utilizadas, explicadas en la metodología, es decir, en el programa de información geográfica se tomaron las especies de ballenas y para cada una se asignó pixel de coincidencia en estas capas de información el valor asignado dependía de su localización. Así se determina la variación en las variables las cuales son:

Temperatura del océano, alimentación (fitoplancton y peces) y profundidad. Los resultados muestran una variación general de datos que se explican para cada caso específico. Se muestran a continuación.

### LOCALIZACIÓN DE BALENAS EN ALIMENTO (PECES)

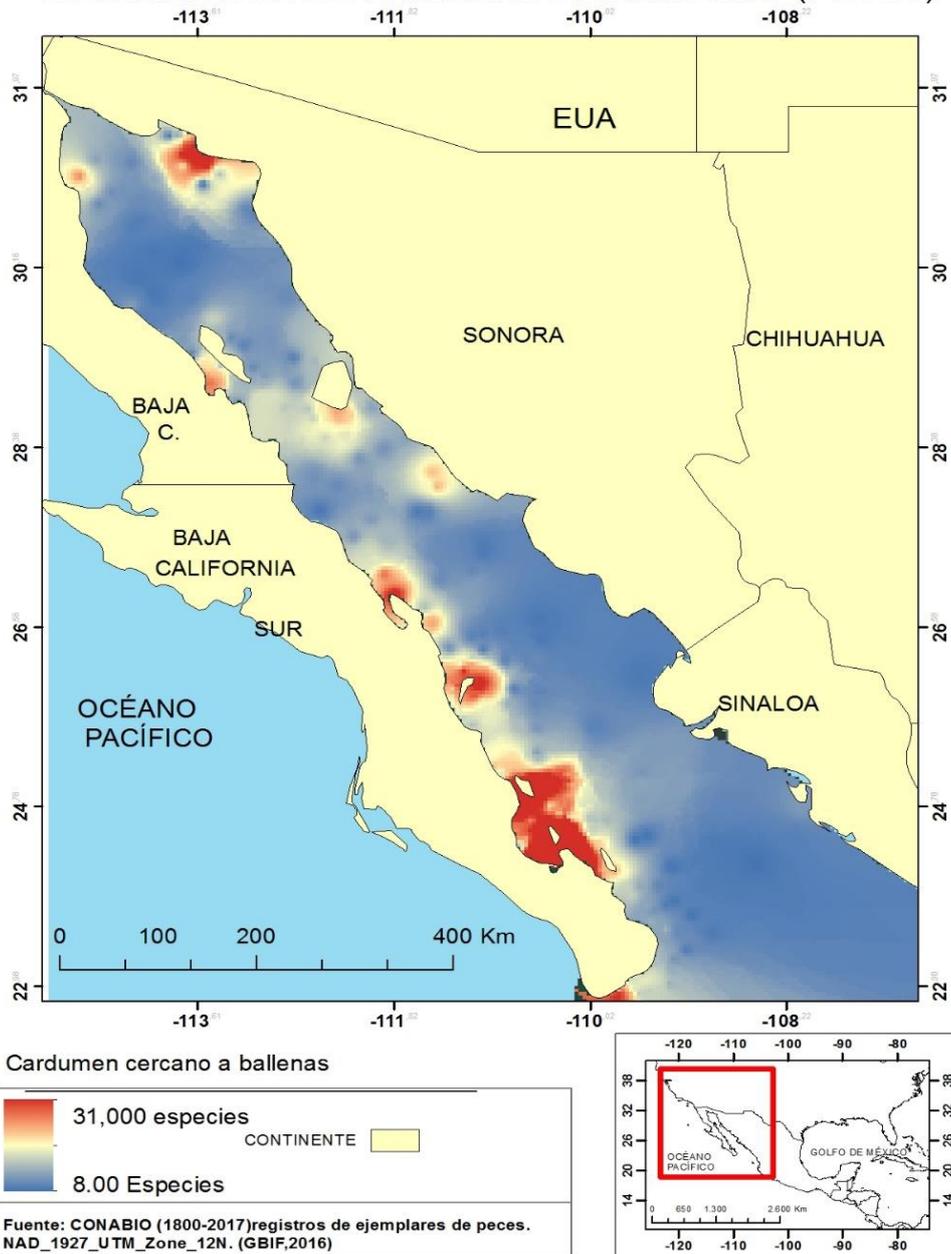


Figura 37. Alimento de ballenas (peces). Elaboración propia, datos de CONABIO, (2017).

En el mapa anterior fig. 37, proyectado en NAD 1927 UTM zona 12N, se utilizó el método de interpolación IDW explicado en metodología. Se muestra claramente la abundancia de especies de peces en todo el Golfo de California, con 2,627 especies, obtenidos de bases de datos de CONABIO, se realizó así para denotar que a pesar de ser una zona común para estos peces, se distingue que concurren en áreas específicas como se puede observar en la zonificación de color más oscura, mostrando coincidencias en la zona norte, una franja entre Baja California y Sonora, que demuestra amplia presencia

de especies de peces ,asimismo, la mayor evidencia en la costa de Baja California sur con presencias dispersas ente las costas de Sonora y Sinaloa.

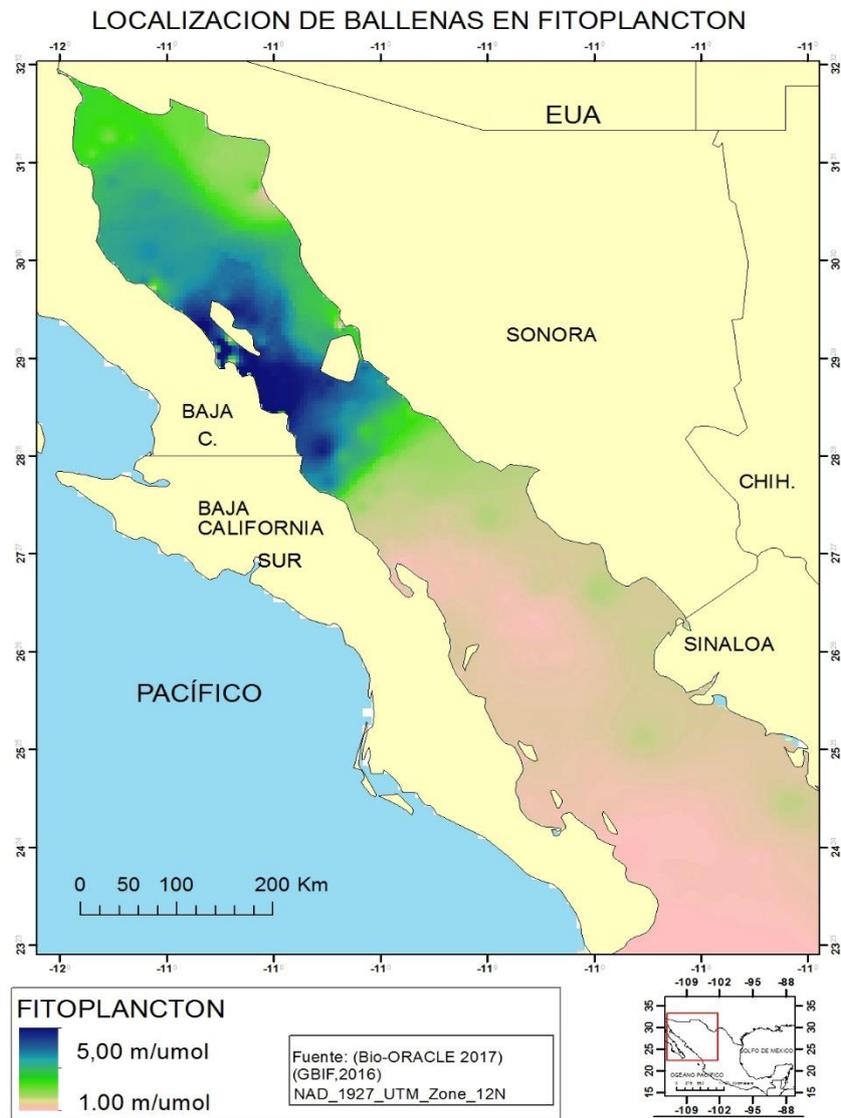


Figura 38, Localización de ballenas en fitoplancton. Elaboración propia, datos de Bio ORACLE v2.0. (Assis, et al 2017).

Se muestra la distribución de especies de fitoplancton en la columna de agua en el Golfo de California que coinciden con especies de ballenas en el área, mostrando zonas con tonos rosas se extienden más a comparación del mapa de fitoplancton, lo que quiere decir que en estas áreas no hay mucha coincidencia en costas de Sonora y Sinaloa, los tonos de verdes más oscuros al norte y sur de dicho Golfo representan una moderada presencia de fitoplancton con ballenas, con dispersiones cerca de los estados de baja California Sonora y Baja California Sur. Las zonas con el cromático azul demuestran presencia mayor de ballenas en área de fitoplancton ubicadas en el norte de este Golfo.

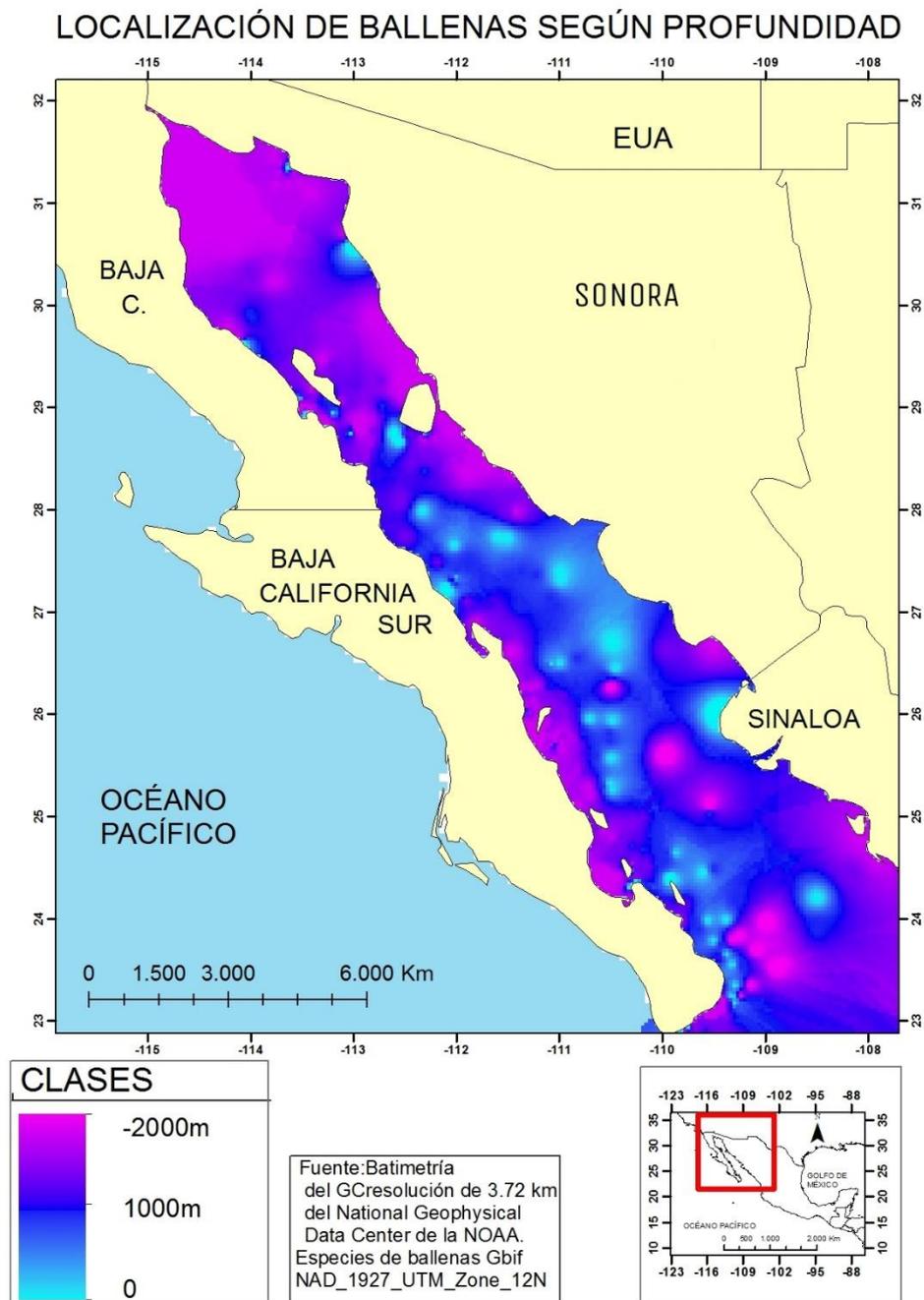


Figura 39. Localización de las ballenas en el Golfo de California según su profundidad. Elaboración propia, datos de batimetría del GC (resolución de 3.72 km del National Geophysical Data Center de la (NOAA, 2020).

En este mapa fig. 39, se puede notar la coincidencia de cada especie de ballena sobre el pixel de dato de profundidad en el Golfo de California, las zonas en donde las especies coinciden en profundidad mayor se encuentran al norte de Baja California Sur y una zona de rango menor entre el norte de Sinaloa y la parte sur de Baja California Sur, denotado en la paleta cromática con color morado y en las zonas de menor profundidad se denotan con un color azul cielo. Se debe decir que

a pesar de que pueden ser coincidencias de avistamientos en esta ubicación geográfica, es decir, de ballenas en zonas profundas o superficiales que tal vez no se inmergen mucho y están en zona baja o por el contrario si lo hacen sobre la columna de agua y se encuentran en zonas superficiales estas coincidencias denotan un factor importante para las ballenas pues pueden coincidir en zonas de alimento, de temperatura o de migración.

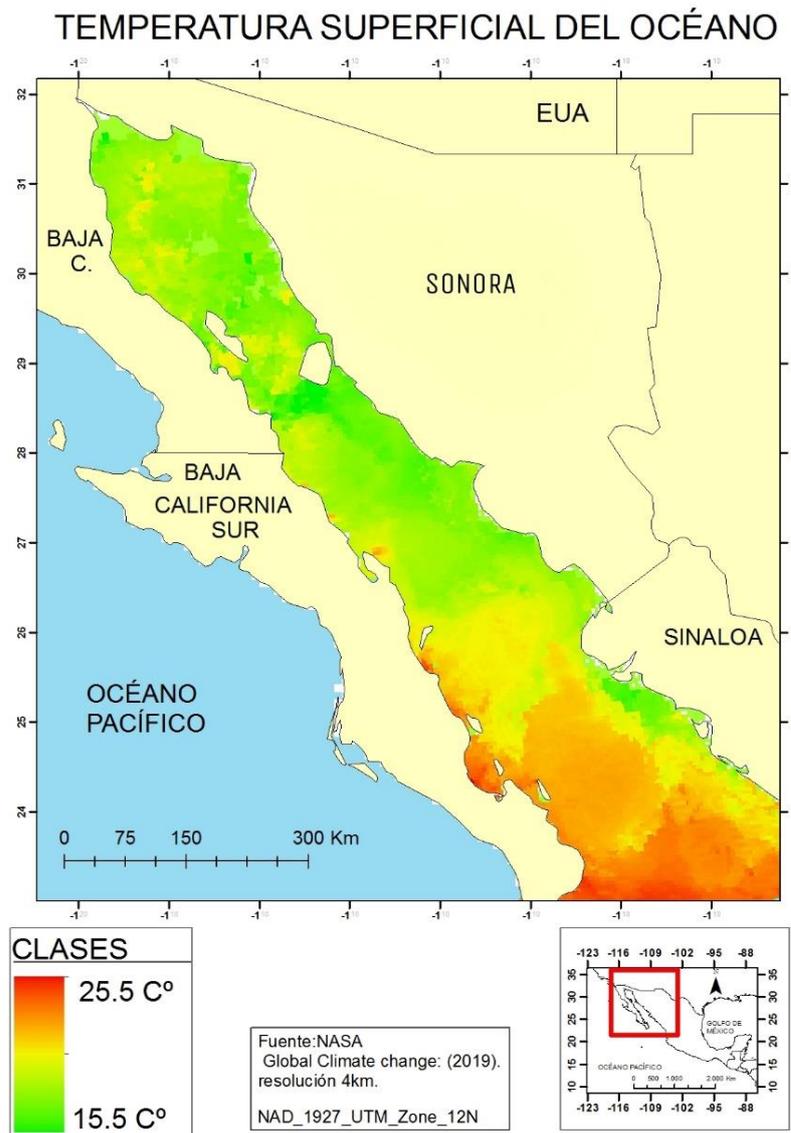


Figura 40. Temperatura según abundancia de ballenas. Elaboración propia, con datos Global Climate change: NOAA, (2020).

En este mapa fig. 40, se puede observar claramente que la dispersión anual de ballenas ronda en una temperatura entre los 15.7C° a los 24.5C° según datos de la en el satélite (NOAA, 2020), puede notar que la paleta cromática va en aumento de norte a sur con

zonas de menor temperatura entre Baja California y Sonora posiblemente relacionado a la mezcla de nutrientes que se da en ese sitio.

Finalmente, en el análisis Jerárquico de solo las variables: alimento, temperatura, turismo de avistamientos, temporada de reproducción y profundidad. Se indicó como resultado que cada variable es muy influyente en las especies, de acuerdo a esta situación con estas variables y aunado a la evaluación ponderada, son las que modelaron la distribución de las ballenas en el Golfo de California. Sin embargo, la priorización realizada a partir de datos de los vectores promedio de las variables anteriormente mencionadas, muestra especies que respondieron de manera dependiente a estas variables que en general son las especies de las que se tienen más datos y viceversa, es decir, algunas ballenas dependen más por ejemplo del turismo o alimentación, que en cambio podrían depender de en donde este su zona de reproducción, y eso sea lo único que afecte su distribución.

Se observa que las zonas de conservación de este trabajo, propuestas en primera instancia con solo la utilización de la abundancia de especies para el proyecto de ordenamiento ecológico marino en el Golfo de California, fueron reforzadas por las áreas de abundancia resultantes de la valoración de cada variable para las especies. Posteriormente y puesto que, para los resultados de las áreas de distribución según la ponderación de todas las especies, denoto que cada variable es importante y en cada una la densidad de ballenas tiene variantes; por ende, si se pretende zonificar resultaría de hacer un estudio en varias temporalidades ya que estas áreas a pesar de estar restringiéndose por variables no demuestran comportarse fijas todo el año.

Como se ejemplifico en cada mapa la tonalidad naranja oscura coincide con la incidencia de densidad de especies según las variables en este trabajo concretando así, la importancia de tomar en cuenta estas zonas en el Golfo de California como el nicho ecológico de las 19 especies de ballenas, lo anterior es esencial para la conservación. Por esto y partir específicamente del mapa final de priorización, las áreas de conservación que se muestran propuestas en este trabajo en concreto son aquellas en donde la coloración rojiza demuestra densidad de especies que en su mayor parte se ubican al norte del Mar de Cortes, abarcando la zona centro, cubriendo la Isla Ángel de la Guarda e Isla tiburón, con una gran aproximación a la costa desde Isla San Lorenzo.

Además, en la parte este de Baja California Sur, existen áreas muy específicas en la parte central del Golfo de California y lo más cercano a la costa en Bahía de Concepción, también se extienden estas áreas por la deriva continental para finalmente encontrar el área de mayor concurrencia al sur, en el cabo del continente en Baja California. De tal

manera que estas áreas, por supuesto que interfieren con las propuestas socioeconómicas que se dan en este lugar en el proyecto de reordenamiento ecológico marino en el Golfo de California, en el cual se propone extender sus zonificaciones con fines económicos a lo largo de la deriva continental, sin embargo los resultados de este trabajo favorecen la presencia de las ballenas en el amplio Golfo de California y haciendo énfasis solo en las prioritarias, son encontradas en áreas centrales del Mar de Cortes. Estas áreas analizadas a partir de variables, en conjunto con las modificaciones al proyecto de gobierno (propuestas anteriormente), favorecen al conservar estas áreas y zonas específicas, estas áreas no se contraponen con las actividades ambientales que se desarrollan en la zona, algunos ejemplos: como disminuir la contaminación generalmente en playas turísticas, focalizar épocas de veda para pesca, evitar pesca intensiva, evitar técnicas de pesca no favorables, evitar contaminación por residuos químicos, etc. Deben concientizarse de la existencia de estas áreas, para incluir en actividades a especies de ballenas, así el nicho ecológico seguiría estando en equilibrio natural como se ha mantenido, favoreciendo a la capacidad de flujo de las 19 especies de ballenas conocidas en este lugar, de las cuales la mayoría está en una lista de protección contra la extinción. Entonces con el antecedente de estas zonas las áreas generadas en este trabajo, se benefician mutuamente las actividades ambientales y sociales, pues dan un mayor conocimiento de las especies que se encuentran en este Golfo, además al saber que las especies prioritarias que se muestran en las áreas con mayor afluencia para los avistamientos de turismo puede ser benéfico en el sentido en que muchas de estas áreas son gestionadas por parte del Estado y locatarios propiciando así su conservación.

Pero por otro lado las actividades socioeconómicas que actualmente se desarrollan y proponen en la zona de estudio, en la dinámica actual no concuerdan con todas las áreas de conservación propuestas para las ballenas en (Ybarra & León, et al., 2006) Sin embargo y a consideración de estas zonas de resguardo para las ballenas, se podrían aplicar propuestas de gestión favorables como se hace en López-Camacho, M., Rodríguez-Valencia, J. A., & Cisneros-Mata, M. Á. (2006), pues hasta consideran mapas participativos con pesquerías locales. Y evitar propuestas que lleven solamente a un manejo económico de este recurso natural, puesto que esta zona es de gran incidencia económica por parte de las actividades como el turismo y la pesca "puede verse como otra forma de explotación dañina de estos mamíferos marinos" (Troyo B., et al., 2018.p. 563). Finalmente, lo que se busca es el equilibrio sustentable, que puede llegar a ser óptimo en espacios que apliquen adecuadamente la gestión a diferente escala en cada

ámbito mencionado, por ejemplo, zonas en donde sería mejor fomentar turismo y no la pesca como es el caso de Cabo Pulmo Arizpe, O. (2004).

La actividad pesquera a pequeña escala es común para las poblaciones que viven en contacto con las áreas naturales protegidas marítimo-terrestres. En estos espacios, la gestión de la pesca intenta establecerse en el desarrollo socioeconómico de las comunidades y la conservación de las especies, claro que es una cuestión conflictiva pues este ejercicio genera tensiones entre el sector pesquero y las autoridades que implementa los programas de manejo sostenible, J. M. C., & Rivera, M. G. (2017).

## 5. CONCLUSIONES

La generación y recopilación de los datos de este trabajo podrían ser utilizadas para revalorar el proyecto de gobierno anteriormente mencionado “ordenamiento ecológico marino para el Golfo de California” (Ybarra & León, et al., 2006). Se podría generar una perspectiva diferente, en este caso revalorando sus datos en zonas donde estén todas las ballenas dentro de este Golfo, buscando así el desarrollo sustentable ya que actualmente, la mayoría de las especies enlistadas en este trabajo se encuentran en peligro de extinción de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la naturaleza (IUCN, 1998) y su extinción afectaría a todo el nicho y eventualmente a nosotros mismos.

El objetivo principal que se buscó en esta tesis se cumple, sin embargo, se tuvo que adaptar a la información y alcance de datos recopilados, la identificación de las zonas estratégicas de conservación de estas especies, es decir tal vez inclusive variarían estas zonificaciones si se agregaran al estudio toda la familia de cetáceos y no solo ballenas, esto se fue desarrollando gracias a los objetivos secundarios, puesto que primero se determinó y analizo en los factores bióticos y abióticos que abarcaban el nicho de estas especies, en este punto se analizaron los datos, y la problemática central de resolver como las variables elegidas pueden en su conjunto contener a las 19 especies de ballenas y después valorar si esas variables no generaban un sesgo muy marcado debido al desconocimiento de datos de las especies poco conocidas.

Finalmente se encontraron datos en común para las 19 especies y por ello se tuvieron que elegir solo las variables de: turismo de avistamientos, profundidad de inmersión, alimento considerando peces y fitoplancton, temporada de reproducción y temperatura del océano. Posterior a esto se evalúan los aspectos socioeconómicos contemplados en el proyecto de reordenamiento ecológico marino del Golfo de California, se contempla

el índice de pesca industrial, el índice de turismo de observación de ballenas e índice de conservación y al lograr la sobre posición con las especies de ballenas en estos mapas, se llegó al objetivo principal zonificando con polígonos estas áreas y proponiendo un reacomodo en estos mapas mencionados, pero al evaluar las variables que se eligieron en esta tesis y con ayuda del método jerárquico analítico se proponen zonas de conservación y un mapa final de priorización de las especies más vulnerables a estas variables, sin embargo, aquí no se utilizan polígonos debido a que se utiliza la herramienta kernel density en ArcGis, la cual calcula y genera la magnitud por densidad de área, mostrando así las zonas en donde las especies según las variables coinciden y el resultado busca la conservación en la distribución de estas especies.

La información de variables recolectada para realizar los mapas de conservación no es determinante, es decir, faltan muchas otras variables por considerar por ejemplo la salinidad en el océano, las corrientes marinas, las temporadas de veda, la contaminación oceánica etc. para realizar un trabajo más conciso sin embargo, son escasos los datos al contemplar a las 19 especies como un conjunto debido a que muchas de estas no son muy conocidas en la actualidad, de forma posterior y con más información se pueden hacer estudios condicionales de ambiente y variables antrópicas adecuadas tomando como base este trabajo. Además, se concluye que la información de especies que se pudo recolectar es una estimación de la realidad ya que esta información, se sigue guiando por avistamientos de varios bancos de información. Aún faltan técnicas para igualar los estudios en este medio con los de especies terrestres.

Los mapas del proyecto de gobierno realmente incluían información inconclusa, por lo menos de especies consideradas, pues esto demostró en la mayoría de los casos que las ballenas podían coincidir con otras especies que ellos valoraron en su estudio, lo que demuestra coincidencia de ballenas en áreas de otras especies siendo parte del mismo nicho ecológico, sin embargo, donde no coincidían las ballenas con estas especies son áreas que ameritan una protección a la fauna y el desconocimiento podría ocasionar la extinción de especies.

Los mapas realizados de las variables de avistamientos turísticos, temperatura del océano, temporada de reproducción, profundidad y alimento trabajados a partir del método de Saaty, generaron mapas de distribución, según una valoración que reconoció a cada especie en las matrices de forma particular y que represento para cada variable información útil que finalmente representa una aproximación a las necesidades de la especie y que sirven como modelos posteriores de análisis. Las variables que respondieron mejor a la ponderación fueron: alimento, temperatura y reproducción,

estas resultan ser muy informativas y las especies reaccionan con estas por sobre las otras (profundidad, y avistamientos), sin embargo, todas las variables son importantes como se explica en el diagrama BAM fig. 1, entre más variables se utilicen mejor es el modelo por representar.

El mapa final de prioridad de especies demostró que las especies de las cuales se tiene más información *Globicephala macrorhynchus* 0,0667 (ballena piloto), *Megaptera novaeangliae* 0,6059 (ballena jorobada), *Pseudorca crassidens* 0,6008, *Balaenoptera musculus* (ballena azul) 0,5388, estos datos quieren decir que resultaron ser favorecidas en la comparación, sin embargo, esta estimación demuestra que las especies prioritarias son muy compatibles para las variables que se utilizaron y por ende en la actualidad y con la información que fue posible recabar, estas ballenas ameritan mayor atención para proyecciones actuales y futuras por ser más vulnerables a cambios en el ecosistema, sin embargo estos análisis corresponden a un estudio específico y pueden variar en temporalidad, uso de otras variables o análisis particulares por especie.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Acevedo A., & Stienessen S., (2004). Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) increased number of whistles when feeding. *Aquat. Mamm.* 30. P.p. 357-362. DOI: [10.1578 / AM.30.3.2004.357](https://doi.org/10.1578/AM.30.3.2004.357)

Aguayo, A., (1999). Los cetáceos y sus perspectivas de conservación. *Estudios Oceanológicos*, 18. P.p. 35-42.

Aguilar, V., Kolb, M., Hernández, D., Urquiza, T., & Koleff, P., (2008). Prioridades de conservación de la biodiversidad marina de México. *CONABIO. Biodiversas*. P.p. 1-15.

Alvarado, A. & López R. (30/06/2003). El mundo de las ballenas mexicanas. *Revista Digital Universitaria*. P.p. 1-5. En <http://ru.tic.unam.mx/handle/123456789/1145> consultado 12/03/2020.

Armstrong, R. (1976). The effects of predator functional response and prey productivity on predator-prey stability: a graphical approach. *Ecology*, 57(3): P.p. 609-612.

Ariche, M., (2018). La gobernanza de la biodiversidad marina más allá de la jurisdicción nacional: desafíos y perspectivas a nivel global y regional. *UNIVERSIDAD DE JAÉN Facultad de ciencias sociales y jurídicas departamento de derecho público y común europe*. Pp. 1, 316.

Arizpe, O. (2004). El turismo como alternativa a la pesca en el manejo de un arrecife coralino. *Caso Cabo Pulmo, Golfo de California. El manejo costero en México*. P.p. 573-580.

- Arrendajo (2020). *Megaptera novaeangliae* (foto). Obtenido de GBIF: <https://www.inaturalist.org/observations/37769456>
- Assis, J., Tyberghein, L., Bosh, S., Verbruggen, H., Serrão, E. & De Clerck, O. (2017). Baumgartner, M., Mullin, L., May L. & Leming T. (2001). Cetacean habitats in The northern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.* 99, (2). P.p. 219-239.
- Beach, D. & Weinrich, M., (1989). Observando a las ballenas: ¿es una aventura educativa para los humanos que se está convirtiendo en otra amenaza para las especies en peligro de extinción? *Oceanus*, 32 (1). P.p. 84-88.
- Berumen, S., & Redondo, F. (2007). La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente. *Cuadernos de administración*, 20(34). P.p. 77-78.
- Benson T. (2015). *Balaenoptera musculus* (foto). Obtenido GBIF <https://static.in...al.jpg?1498172886>
- Borrego, S. & Guzman, A. (1992) variación espacio temporal de temperatura en un habitat de invierno de la ballena gris: laguna ojo de liebre. *Ciencias marinas*, Instituto de investigaciones Oceanológicas, Ensenada Baja California. Pp. 151-165.
- Broms, F. (2007). *Physeter macrocephalus* (foto) Obtenido GBIF [https://www.artso...6b4d1a1\\_image.jpg](https://www.artso...6b4d1a1_image.jpg)
- Broms F. (2012), *Balaenoptera physalus* (foto). Obtenido GBIF <https://www.artso.../large/303786.jpg>
- Bossart, D. (2006). Marine mammals as sentinel species for oceans and human health. *Oceanography*, 19(2). P.p. 134-137.
- Booth, T. Nix, A. Hutchinson, F. Jovanic, T. (1988). Análisis de nicho e introducción de especies arbóreas. *Forest Ecology and Management*, 23 (1). P.p. 47-59.
- Brown, J. & Lomolino, M. (1998). Distribution of single species. *Biogeography* (Brown, JH, y MV Lomolino, eds.). Segunda edición, Sinauer Associates Incorporation. Massachusetts, EE. UU. P.p. 61-90.
- Burgui, M. (2013). Impactos paisajísticos de los neo-resorts y grandes villas hoteleras en el litoral. El caso de Cayo Santa María (Villa Clara, Cuba). *Cuadernos de Turismo*, (31). P.p. 32.
- Canavilhas, J. (2011). El nuevo ecosistema mediático. *Index. Comunicación: Revista científica en el ámbito de la Comunicación Aplicada*, 1(1), P.p. 13-24.
- Carabias, J. (2000). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-131-ECOL-1998, que establece lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas, relativas a su protección y la conservación de su hábitat. P.p. 2.
- Castro, R., Mascarenhas, A., Durazo, R., & Collins, C., (2000). Variación estacional de la temperatura y salinidad en la entrada del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, 26(4). P.p. 561-563.

Casado-Amezúa, P. (2013). Conectividad y biología de la conservación en el Mediterráneo. Una perspectiva genética basada en especies clave de invertebrados marinos bentónicos. *Chronica naturae*, (3), 97.

Catalá, E. (2011). Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. *Interciencia*, 36(1). P.p. 31-38.

CBI (2007). The Annual Report of the International Whaling Commission, Cambridge, Reino Unido.

Chami, R., Cosimano, T., Fullenkamp, C., Oztopun, S. (diciembre de 2019). Finanzas y Desarrollo, obtenido:

<https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2019/12/pdf/natures-solution-to-climate-change-chami.pdf> recopilado 16/04/2020.

Chávez, M. (2006). Caracterización del hábitat de los grandes cetáceos del Golfo de California durante la temporada fría de 2005 (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas). P.p. 1-53.

CONABIO (1800-2017). SHAPE: Mapas datos peces:

<http://geoportal.conabio.gob.mx/#!!=peces:1@m=mixto> recopilado 16/03/2019.

CONABIO, & CONANP, & TNC, & PRONATURA, & Kolb, Melanie. (2007). Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas

Cottele B. (2016). *Orcinus orca* (foto) Obtenido de GBIF

<https://data.biodiversitydata.nl/obsint/observatio>. Recopilado 26/04/2020.

De la Lanza, G. (1991). Oceanografía de mares mexicanos. AGT editor S.A. México, D.F. P.p. 569.

Dent E. (2018) *Globicephala macrorhynchus* (foto) Obtenido de GBIF <https://static.in...l.jpeg?1567175221> recopilado 26/04/2020.

Di Sciara, G., & Gordon, J. (1997). Bioacoustics: a tool for the conservation of cetaceans in the Mediterranean Sea. *Marine & Freshwater Behaviour & Phy*, 30(2). P.p. 125-146.

Diario Oficial de la Federación. (1994). Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-1994) que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazados, raros y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. *Tomo, 488*. P.p. 10-16.

Díaz, Victoria & Lara, JR & Arenas, V & Bazan, C. & Castañeda, V. (2008). Los ecosistemas marinos, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 135-159.

Doug Macaulay, (2008). Balaenoptera acutorostrata (foto). Obtenido de GBIF:

<https://www.inaturalist.org/observations/4922287> 26/04/2020.

Elith, J. & Leathwick, J., (2009). Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 40. Pp 676-697. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159

Escardó, A. L. (2001). Clima y cambio climático. RAM (Revista del Aficionado a la Meteorología. Vol. 3 Pp 3

España, M. (2020). Ministerio de asuntos exteriores y de cooperación [http://www.exteriores.gob.es/documents/fichaspais/srilanka\\_ficha%20pais.pdf](http://www.exteriores.gob.es/documents/fichaspais/srilanka_ficha%20pais.pdf) 11/12/2021

Espinosa, D., Aguilar, C., & Escalante, T. (2001). Endemismo, áreas de endemismo y regionalización biogeográfica. Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. *México: Las Prensas de Ciencias*. Pp. 31-37.

Fernández, S., (2009). Preferencia de hábitat de la Ballena Jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la costa de Esmeraldas, Ecuador (Bachelor's thesis, Quito: USFQ). P.p 1-20.

Ford, J. (2013). MMP STR 18691 Eubalaena japonica - avistamiento - vista lateral izquierda (Foto). Obtenido de GBIF: <http://n2t.net/ar...b65f-469ea50959bc> consultado: 26/04/202.

Futuyma J., & Moreno, G. (1988). The evolution of ecological specialization. Annual review of Ecology and Systematics, 19(1). P.p. 207-230 DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.19.110188.001231>

GBIF, (2013). GBIF Taxonomía Backbone. Facilidad de información de biodiversidad global, <https://www.gbif.org/es/especies-de-ballas/2879175>. consultado: 16/03/2019.

Global Climate change NASA, (2019).

<https://podaactools.jpl.nasa.gov/drive/files/allData/modis/L3/aqua/11um/v2014.0/4km/8day/2019>. Consultado (13/03/2020).

Gómez, E. (2013). Zonas Prioritarias para la Conservación de las Ballenas en el Golfo de California: Un Enfoque Ecológico Universidad autónoma de Baja California sur área de conocimiento de ciencias del mar departamento académico de biología marina posgrado en ciencias marinas y costeras. Pp. 1-130.

González, L., (2002). Programa de acción para la conservación de especies: ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, México, 60. Pp. 14-111.

Graham, C., Ron, S., Santos, J., Schneider, C., & Moritz, C. (2004). Integrating phylogenetics and environmental niche models to explore speciation. DOI: 10.1554/03-274

Grinnell, J. (1917). The niche-relationships of the California Thrasher. *The Auk*, 34(4). P.p. 427-433.

Guerra, A. (2006). Estrategias evolutivas de los cefalópodos. *Investigación y ciencia*, 355, 50-59.

Guerrero, J. & Rivera, M. (2017). Organización y transformaciones de la pesca comercial ribereña en el Parque Nacional Bahía de Loreto (Baja California Sur, México). *Ager: Revista de estudios sobre despoblación y desarrollo rural= Journal of depopulation and rural development studies*, 2017, no 23, p. 59-96.

Guerrero, M. Urbán J., Rojas L. (2006). Las ballenas del Golfo de California. Instituto Nacional de Ecología. Pp. 1- 345.

Guevara S. (2018). Patrones espaciales de comportamiento de ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) en la Costa norte del Ecuador (Bachelor's thesis, Quito). P.p. 8-20.

Guisan, A. & Zimmermann, N., (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8(9). P.p. 993-1009.

Harker, P. & Vargas L., (1987). The theory of ratio scale estimation: Saaty's analytic Saaty, pp. 1383-1400 DOI: <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.33.11.1383>

Harvey, D. (1969). Teorías, leyes y modelos en geografía, ALIANZA EDITORIAL. Pp. 1-504.

Hátún, H. Payne, M. Beaugrand, G. Reid, P. Sandø, A. Drange, H. Hansen, B. Jacobsen, J. Bloch, D. (2009). Large bio-geographical shifts in the north-eastern Atlantic Ocean: From the subpolar gyre, via plankton, to blue whiting and pilot whales. *Progress in Oceanography*, 80(3). P.p. 149-162. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2009.03.001>

Hernández, E., (1989). Condiciones climáticas del Golfo de California y sus islas. *Investigaciones geográficas*, (20). P.p. 71-87.

Herrera K., (2011). *Peponocephala electra* (foto) Obtenido de GBIF <https://www.inaturalist.org/observations/48493711M> Consultado (13/03/2020).

Ibarra, A., (2016). La inteligencia de las ballenas, GaiaAntartica. Universidad de Magallanes, Punta Arenas Chile. Pp. 1-23.

INEGI, (2016). División política estatal 1:250000. 2015. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de La Biodiversidad. [http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/dest\\_2015gw.xml? httpcache=yess& xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc\\_html.xsl& indent=no](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/dest_2015gw.xml? httpcache=yess& xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl& indent=no) Consultado el 03/06/2019.

INEGI, Lugo Hupp J., Vidal Zepeda, R., Fernández Equiarte, A., GallegosGarcía, A., Zavala H, J. & otros. (1990). Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso De La Biodiversidad. Consultado en: [http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/topog/infgrt/hips4mgw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/topog/infgrt/hips4mgw) consultado el 13/05/2019.

Illoldi, P. & Escalante T. (2008). De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. *Biogeography*. P.p. 6-12.

DOI <https://doi.org/10.7550/rmb.32234> consultado 03/06/2019.

Irenek, (2020). *Balaenoptera edeni* (foto). Obtenido de GBIF. <https://www.inaturalist.org/observations/62432648>

IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group. (1998). IUCN Guidelines for Re-introductions. IUCN. Consultado en: <https://www.iucnredlist.org/> el 26/05/2019.

Janinhoff N. (2020). *Balaenoptera borealis* (foto). Obtenido de GBIF. <https://observati...otos/24965110.jpg> 06/5/2019.

Jáuregui, O. & Cruz F. (1980). Algunos aspectos del clima de Sonora y Baja California: Equiparas y surgencias de humedad. *Investigaciones geográficas*, (10), P.p. 143-180.

Jiménez, N. (2010). Hábitos alimentarios y relación interespecífica entre la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) y la ballena de aleta (*B. physalus*) en el suroeste del Golfo de California (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas). P.p. 8 -45.

Johns K. (2016) *Pseudorca crassidens* (foto). Obtenido de GBIF [https://static.in...al.JPG? 1460970817](https://static.in...al.JPG?1460970817) consultado: 20/5 /2019.

Kiefner, R. (2002). Guía de los cetáceos del Mundo: Océano Pacífico, Océano Índico, Mar Rojo, Océano Atlántico, Caribe, Océano Ártico, Océano Antártico. m&g difusión. P.p. 10-200.

Krebs, C. (1985). Ecología: estudio de la distribución y la abundancia (No. 574.5). México, MX: Editor. Harla. P.p. 7.

Lugo, Hubp, J. (1989). Diccionario geomorfológico. México: Universidad de Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. P.p. 209.

López-Camacho, M., Rodríguez-Valencia, J. A., & Cisneros-Mata, M. Á. (2006). Catálogo de mapas del Programa Golfo de California de WWF. -México: Ocho años de Sistemas de Información Geográfica aplicados a la conservación (1998-2006). Pp42.

MacDonald, David y Barrett, Priscilla (2005). Guía de Campo de los Mamíferos de España y de Europa. Barcelona, España: Ediciones Omega. P.p. 370.

Magurran, E. (1988. Diversidad Ecológica y su Medición, Traducción Antonia M.

Cirer, Barcelona, España, P.p. 12-23.

Martín, B. (1999). La relación clima-turismo: consideraciones básicas en los fundamentos teóricos y prácticos. Investigaciones Geográficas (Esp.), (21) P.p. 21-34. DOI:10.14198/INGEO1999.21.04.

Martínez, D., Montero A., & May-Collado, L. (2011). Cetáceos de las aguas costeras del Pacífico norte y sur de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 59(1). P.p. 283-290.

Martínez, S., (2012) *Mesoplodon peruvianus* Reyes (foto). Obtenido de GBIF [https://static.in...l.jpeg? 1566609001](https://static.in...l.jpeg?1566609001) consultado 20/5 /2019.

Martinez, S. (2020). *Kogia sima* (foto). Obtenido de GBIF. [https://static.in...al.jpg? 1601260239](https://static.in...al.jpg?1601260239) consultado 20/5 /2019.

Mateo, J., da Silva, E. V., & Vicens, R. S. (2015). O legado de Sochava. *GEOgraphia*, 17(33), Pp. 227.

Mcalpine, D., (2009). Pygmy and dwarf sperm whales: *Kogia breviceps* and *K. sima*. In *Encyclopedia of Marine Mammals* (Second Edition) (pp. 936-938).

Mead J. (1995), MMP STR 12081 *Mesoplodon de densirostris* (foto) Obtenido GBIF. <http://n2t.net/ar...9fb0-66cf49ab8bb9> consultado 20/5 /2019.

Mead, James G. (2019). MMP STR 22608 *Berardius bairdii* (foto). Obtenido de GBIF <http://n2t.net/ar...889a-691650756e50> consultado 20/5 /2019.

Meffe, G. K., Perrin, W. F., & Dayton, P. K. (1999). Marine mammal conservation: guiding principles and their implementation. *Conservation and management of marine mammals*. P.p. 437-454.

Moreno Hernández, C. (2016). Validación de las corrientes climatológicas del océano Pacífico mexicano simuladas por el modelo regional ROMS (Master's thesis). P.p 12-13

Naturalista (2020). *Eschrichtius robustus*-avistamiento- (foto). Obtenido de GBIF: <https://www.inaturalist.org/observations/39192558> 20/5 /2019.

NOAA, (2020). Temperatura anual del océano, GHRSSST Level 2P OSPO dataset v2.61 de VIIRS en el satélite NOAA-20 (GDS v2) (GDS versión 2).

NOAA, (2020). Batimetría del GC (resolución de 3.72 km del National Geophysical Data Center de la NOAA. <https://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/bathymetry/>

NOM-131-SEMARNAT (1998-2010), Que establece lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas, relativas a su protección y la conservación de su hábitat. Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos. -Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://www.dof.gob.mx> consultado 16/07/2020.

Olvera, L. (2019). Oleada de ballenas en el pacífico mexicano. Migración masiva anual. *Gaceta UNAM (2010-2019)*, (5021). P.p. 8-9.

Otero, A. (2011). Medio ambiente y educación. Ediciones novedades educativas. Buenos Aires Argentina. Pp. 1 -30.

Palomares, MLD & Pauly D., (2019) SeaLifeBase, versión (02/2019). Publicación electrónica de la *World Wide Web*. <https://www.sealifebase.ca/> consultado 7/11/ 2019).

Peinado, M. (1989). RESEÑA de: Sochava, Víctor. La ciencia de los geosistemas. *Espacio Tiempo y Forma. Serie VI, Geografía*, (1). P.p. 417-454.

Qiao, H. Soberón J. & Townsend- Peterson A. (2015). Sin balas de plata en el modelado ecológico correlativo de nicho: ideas de las pruebas entre muchos algoritmos potenciales para la estimación de nicho. *Methods in Ecology and Evolution*. Pp. 1126-1136. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12397>

Ramírez, F. (2016). Los crustáceos de interés pesquero y otras especies relevantes en los ecosistemas marinos. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). (6). Pp 15.

Ramírez, R. (2008). El mercado de observación de ballenas en el pacífico mexicano. Tijuana, México: El Colegio de la Frontera Norte. P.p.-10-30.

Ramírez, R., & de la Cueva H. (2009). Sustentabilidad y regulación de la observación de ballenas en México. *Revista legislativa de estudios sociales y de opinión pública*, 2(4). P.p. 231-262.

Reyes, J., Echegaray, M., & De Paz, N. (2002). Distribución, comportamiento y conservación de cetáceos en el área Pisco Paracas. *Memorias I Jornada Científica Reserva Nacional de Paracas*. Universidad Nacional Agraria. Lima, 136-144.

Rodríguez, J. (2004). Migraciones de la ballena jorobada. *Revista de Ciencias Ambientales*, 28(1), 13-19. DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.28-1.2>

Romero, F., & Pineda, N., (2007). Batimetría del lago de Yojoa. *Revista Técnico-Científica Tatascan*, Volumen 19. P.p. 1-12.

Roskov, Y., Ower G., Orrell T., Nicolson D., Bailly N., Kirk P.M., Bourgoin T., DeWalt R.E., Decock W. (2019). Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2019 Annual Checklist. Digital recuperado de [www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019](http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019). 17/02 /2019.

Rojas, O., (2003). Desarrollo Sustentable. Nuevo paradigma para la administración pública. P.p. 10.

Ruiz, F., & Ferreras, P. (2013). Conocimiento científico sobre gestión de depredadores generalistas en España: el caso del zorro (*Vulpes vulpes*) y la urraca (*Pica pica*). *Revista Ecosistemas*, 22(2). P.p. 6-10.

Saaty, T.L., (2005). Teoría y aplicaciones del proceso de red analítica: toma de decisiones con beneficios, oportunidades, costos y riesgos. Publicaciones de RWS. Pp. 8.

Salvadeo, C., Flores-Ramírez, S., Gómez-Gallardo, U., Mac-Leod, C., Lluch-Belda, D., Jaume-Schinkel, S., & Urbán, R. (2011). El rorcual de Bryde (*Balaenoptera edeni*) en el suroeste del Golfo de California: Su relación con la variabilidad de ENOS y disponibilidad de presas. *Ciencias marinas*, 37(2), pp. 215-225.

Sánchez, G., (2003). Técnicas participativas para la planeación. Fundación ICA A.C México D.F. P.p. 169-173.

(Saporiti, F.2014). Cambios en la ecología trófica de los depredadores apicales del Mar Argentino durante el Holoceno Seckbach, J., & Kociolek, P. (Eds.). (2011). The diatom world (Vol. 19). Springer Science & Business Media. Pp. 483.

Secretaría de Gobernación y secretaria de Marina, (1987). Islas mexicanas Régimen jurídico y catálogo México. P.p. 35- 49.

SEMARNAT, (26/06/ 2018). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Blog. Obtenido de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Blog: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/golfo-de-california-el-acuario-del-mundo-el-26/04/2019>.

SEMARNAT (2015) Atlas digital geográfico. Impreso en CDMX, México. Nueva edición del Atlas Digital.

[http://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/Atlas2015/biod\\_EMN1.html](http://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/Atlas2015/biod_EMN1.html) consultado 10/04/2021

Shirihai, H. y Jarrett, B. (2006). Whales Dolphins and Other Marine Mammals of the World. Princeton: Princeton Univ. Press. pp. 21-24.

Sheather, S. & Jones, M., (1991). A reliable data-based bandwidth selection method for kernel density estimation. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 53(3), pp. 683-690. DOI: 10.2307 / 2345597.

Silverman, W. (1986). *Estimación de densidad para estadísticas y análisis de datos* (Vol. 26). Prensa CRC. Pp. 1-12.

Soberón, J. & Townsend, A. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiv. Inf. Informática de la biodiversidad* 2.0. P.p. 1- 10 <https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.4>

Soberón, J. Osorio-Olvera, L. & Townsend–Peterson, A. (2017). Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. *Revista mexicana de biodiversidad*, 88(2). P.p. 437-441. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.011>

Soto L., Marioni S., & Pares A. (1999). Variabilidad espaciotemporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 25(1), P.p. 2.

<https://doi.org/10.7773/cm.v25i1.658>

Species 2000 (2019) Naturalis, Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-884X en <https://sp2000.org/> el 15/02 /2019.

Trites, A., Christensen, V., Pauly, D. (2006.) Effects of fisheries on ecosystems: just another top predator? In: Boyd, I.L., Wanless, S., Camphuysen, C.J. (Eds.), *Top Predators in Marine Ecosystems*. Cambridge University Press. P.p. 11–27.

Torres, G., Esquivel M., Ceballos, G. (1995). Diversidad y conservación de los mamíferos marinos de México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, Vol. 1 (1). P.p. 22-43.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/ie.20074484e.1995.1.1.157>

Torres, G., Palacios, C., Calderón, T., & Recalde, S. (2006). Interacción del fitoplancton y zooplancton y sus condiciones oceanográficas durante el verano austral 2004 (Isla Greenwich-Antártica). *Revista Tecnológica-ESPOL*, Vol. 19 (1). P.p. 51-60.

Tovar, R., & Vázquez, S. (2015). El mar y las corrientes oceánicas (El futuro de la oceanografía). P.p. 1-3.

Townsend-Peterson, A., Soberón, J., Pearson, R., Anderson, R., Martínez-Meyer E. Nakamura M., y Miguel B. (2011). *Ecological niches and geographic distributions* Princeton University Press. Palacios. (Vol. 49). Pp. 50-120.

Troyo, B., Arnaud G., Galina P., Urbán J., Swartz, S., & Ortega A. (2018). Evaluación del servicio turístico en el avistamiento de la ballena gris: Baja California Sur, México. *Economía, sociedad y territorio*, 18(58). P.p. 853-880. <https://doi.org/10.22136/est20181246>

UNESCO, (3/ 07/ 2019). Las Islas y Áreas Protegidas del Golfo de California (México) inscritas en la Lista del Patrimonio Mundial en Peligro. Obtenido de Las Islas y Áreas Protegidas del Golfo de California (México) inscritas en la Lista del Patrimonio Mundial en Peligro: recopilado de <https://whc.unesco.org/es/noticias/1999/> consultado: 12/20/2019.

Utreras, G. (2012). Propuesta de mejoramiento de la actividad turística de observación de ballenas jorobadas a través de la implementación de una guía de buenas prácticas ambientales en el cantón puerto López en la provincia de Manabí, Ecuador (doctoral dissertation, universidad para la cooperación internacional). P.p. 108- 110.

Valdéz G. (2010). Pesquerías globalizadas: revisitando a la comunidad marítima en el Alto Golfo de California. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 18(35), P.p. 135-153.

Vera, C. (2016). La ballena azul. Universidad de Magallanes Chile pp. 1-11.

Von Bertalanffy, L. (1993). Teoría general de los sistemas. Fondo de cultura económica 13-37.

Watson, D. F., & Philip, G. M. (1985). A refinement of inverse distance weighted interpolation. *Geo-processing*, Vol. 2(4). P.p. 48.

WWF, (2018). WWF México. Obtenido de: WWF México en: [www.wwf.org.mx/que\\_hacemos/programas/golfo\\_california/](http://www.wwf.org.mx/que_hacemos/programas/golfo_california/). Consultado 20/09/2019.

Ybarra, G. & León, D. Gómez, A. Ruiz, A. Carrillo, P. Carabés, R. (2006). Ordenamiento ecológico marino del Golfo de California. Mexico: Discover Editorial Group. P.p 6-142.

Zarigüeya (2008). *Kogia Breviceps* (foto). Obtenido de GBIF.

<https://static.in...al.jpg?1484280961> consultado 20/05 /2019.

Zunino, M., & Palestrini, C. (1991). El concepto de especie y la biogeografía. *Anales de biología*, vol. 17, 1991. P.p. 86-88.

Zuñiga C. (2011). Mamíferos en peligro. Entre ballenas, delfines, zifios y manatíes. Instituto Tecnológico de Costa Rica. P.p. 17-52.

## 7. ANEXO

### 7.1 GLOSARIO

En este trabajo como en otros proyectos biogeográficos se hace uso de conceptos generales, los cuales serán enlistados a continuación con el objetivo de facilitar el entendimiento de esta tesis.

**Nicho ecológico fundamental**- describe las condiciones abióticas donde la especie puede sobrevivir. Entre los factores que determinan causalmente el área de distribución de una especie, se encuentran sus tolerancias ambientales (su nicho fundamental), la presencia o ausencia de otras especies (polinizadoras, dispersoras, competidoras, depredadoras, etc.) y las posibilidades de dispersión en períodos de tiempo y desde áreas originales relevantes (Soberón, Osorio-Olvera & Townsend-Peterson, 2017).

**El nicho ecológico realizado**- describe las condiciones de las cuales una especie puede sobrevivir dada la presencia de otras especies en general, (Illoldi & Escalante, 2008).

**Comunidad-** “Grupos de poblaciones de plantas y animales en un sitio dado; unidad ecológica empleada en sentido amplio para incluir grupos de especies de diversos tamaños y grados de interacción” (Krebs, 1985 p. 7).

**Especies indicadoras-**, “Son aquellas que por sus características (sensibilidad a perturbación o contaminantes, distribución, abundancia, dispersión, éxito reproductivo, entre algunas otras) pueden ser usadas como estimadoras de los atributos de diferentes especies o condiciones en el medio ambiente de interés que resultan difíciles, inconvenientes o costosos de medir directamente” Caro & (O’Doherty, 1999; Fleishman et al., 2001) en (Catalá, 2011, p. 32).

**Especies paraguas-** “Estas son especies que requieren de grandes extensiones para el mantenimiento de poblaciones mínimas viables, por lo que garantizar la conservación de sus poblaciones pudiera implicar la protección de poblaciones de otras especies simpátricas de su mismo gremio” (Berger, 1997; Roberger y Angelstam, 2004; Favreau et al., 2006) en (Catalá, 2011, p. 33).

**Área de distribución de las especies-** es "aquella fracción del espacio geográfico donde una especie está presente e interactúa en forma no efímera con el ecosistema" (Zunino & Palestrini, 1991, p. 86).

**Capacidad de carga del ecosistema** –“Indicador del número máximo de embarcaciones permitido en un espacio determinado, que realizan simultáneamente actividades de observación de ballenas definido por la Secretaría, con base en los estudios realizados sobre la distribución, abundancia y ciclo biológico de las diferentes especies de ballenas” (Carabias, 2000, p. 2).

**Áreas de observación de ballenas** “Porciones de las aguas de jurisdicción federal determinadas por la concurrencia y distribución de las ballenas, donde cualquier persona puede, siguiendo los lineamientos y especificaciones establecidos en esta Norma, desarrollar actividades de observación de ballenas” (Carabias, 2000, p. 2).

**Desarrollo sustentable**\_ Es la siguiente: según (Comisión Mundial de Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988). "Es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" en (Rojas, 2003, p. 10).

**Geosistemas:** Los geosistemas forman una clase de sistemas dinámicos multinivelados de ciclo abierto que se clasifican en geosistemas de la vida terrestre y geosistemas de mares y océanos (Peinado, 1989, p. 422).

**El ecosistema:** Se define como la combinación funcional de los organismos con los factores ambientales, introduciendo así dos tipos de componentes interactivos en el ecosistema: el componente abiótico (relacionado con el medio ambiente) y el componente biótico (relacionado con los seres vivos) (Canavilhas, 2011, p. 14).

**Surgencia costera:** Movimiento ascendente de las aguas subsuperficiales hacia las capas superficiales como producto de un balance de masas provocado por la dirección paralela a la costa e intensidad del viento para producir un flujo superficial (arriba de la capa de Ekman) hacia fuera de la costa (Chávez-Andrade, 2006).

**Siri Lanka:** Sri Lanka (antiguo Ceilán) es un Estado insular de Asia meridional en el océano Índico, situado al SE de la península de la India.

**Cefalópodos:** grupo de moluscos originado en el Cámbrico Medio o Superior hace unos 535 millones de años Guerra, A. (2006).

**Eufáusidos:** Los eufáusidos, anfípodos y misidáceos integran el denominado "zooplancton pesquero", de gran importancia en las tramas tróficas pelágicas que incluye, en sus niveles superiores, especies explotables de gran interés económico. Los eufáusidos, anfípodos y misidáceos integran el denominado "zooplancton pesquero", de gran importancia en las tramas tróficas pelágicas que incluye, en sus niveles superiores, especies explotables de gran interés económico. Ramírez, F., (2016).

**Especies clave** se nombran así, debido a que su actividad es uno de los factores principales que regulan la abundancia Casado-Amezúa, P. (2013).

**Región:** El ser humano y la naturaleza tienen una relación cercana, de forma que no puede distinguirse si el sentido de las influencias es del hombre sobre la naturaleza, o viceversa. Ambos conceptos forman una complicada e íntima relación que constituye una unidad, en geografía conocida como la región (Harvey, 1969).

**FOTOS DE BALLENAS QUE SE IDENTIFICARON EN CON EL FIN DE CONSTATAR PRESENCIA DE ESPECIES DE BALLENAS OBJETO DE ESTUDIO, EN 5 DÍAS. LAS QUE SE PUDIERON AVISTAR EN BAHÍA MAGDALENA, Y LA PAZ EN BAJA CALIFORNIA SUR.**

Estas fotografías se hicieron durante tres recorridos en lancha de aproximadamente 5 horas cada uno, se pudieron apreciar estas especies, sin embargo, en algunas de estas zonas visitadas, las ballenas dejaron de llegar como se les esperaba al comienzo de la temporada. Esto con palabras de los mismos prestadores de los tours, sin embargo, se pudo obtener pruebas de la diversidad de especies de ballenas en el Golfo de California.



Figura 41. Fotografía de ballena jorobada. Fotografía propia.



Figura 42. Fotografía de ballena gris. Ballena gris en San Ignacio BCS. México., fotografía propia.



Figura 43. Fotografía de Rorcual común. La Paz BCS. México Fotografía propia.