



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**Modelación de la distribución de mamíferos
marinos en el Pacífico mexicano por
algoritmos genéticos**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

(**ECOLOGÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES**)

P R E S E N T A:

BIÓL. MARIO ALBERTO PERALTA PÉREZ

Director de tesis: Dr. Luis Medrano González

México, DF.

2008.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

*si te quiero es porque sos
mi amor mi cómplice y todo
Y en la calle codo a codo
somos mucho más que dos*

Te quiero (fragmento)

Mario Benedetti.

A María Eufemia por saber llevar
por buen camino, con mucho amor
nuestra vida juntos,
nos encontramos
para ser de El, te amo Madu.

A mis dos locos pequeños,
Ulises y Moisés, los amo
par de vejós. Madre no dejás
de estar *SIEMPRE AQUI*.

Agradecimientos.

Este documento iniciO bajo la dirección del Doctor Bernardo Villa Ramírez[†], gran universitario, gran maestro y muy querido por muchos que afortunadamente estuvimos bajo su tutela, pero diferentes motivos retardaron esta labor y la buena salud de nuestro maestro disminuyó y fue necesario que decidiese junto con el Dr. Bernardo que otro mastozoologo marino tomara la dirección de mi trabajo y fue al Dr. Luís Medrano González a quién, por la calidad de sus observaciones al proyecto y conocimiento, decidimos solicitarle esto, muchas gracias Dr. Medrano por la paciencia ante mi necesidad de trabajar en esta tesis a destiemplos y de manera irregular, por las atinadas observaciones, darle un mejor camino a la idea y mejorar en mucho mi expresión escrita en el ámbito científico. Agradezco también al Dr. Jorge López Blanco quién fungió como sinodal en mi comité pero principalmente por su excelente materia durante mis cursos en la maestría, no tiene idea Dr. Jorge cómo me ha ayudado en mi diario ejercicio profesional. Eh!, Dr. Enrique Martínez Meyer, mi amigo, siempre oportuno con tus comentarios (es en serio Quique, al menos en mi vida como tu cuate) muchas veces me han hecho reflexionar y otras carcajearme, flaco mil gracias por darme la atención para este trabajo, atención que otros necesitan reclamar, tú sabes que yo también siempre estaré cuando sea necesario o no para ti y tu familia.

A la Dra. Patricia Illoldi Rangel, gracias Patty tu cuidadosa revisión y ayuda y al Dr. Rogelio Aguilar Aguilar muchas gracias Roger por tu detenida revisión. Y a usted Dra. Claudia Ballesteros Barrera la ayuda que me proporcionó facilitando este proceso, como le voy a compensar, no sé, pero por lo pronto Clau ya sabes, acá en Oaxaca eres siempre muy bienvenida con mi familia. No sólo les he dedicado a mi esposa y a mis hijos este trabajo también les agradezco estar junto a mí, Maru cuantas veces transcribiste mi base de datos, ya ni sé, paso del Windows 3.1 al XP y se perdió en los archivos no sé cuantas veces, mis dos preciosos sufrieron mis angustias por no terminar, les quité atención aunque sea poco pero se las quité, mil perdones a los tres. A la UNAM que otra, no hay otra desde tu Prepa 9, Iztacala y la Fac. de Ciencias, gracias.

Y gracias a ti Señor que aun cuando hay quién me pueda acusar de biólogo contradictorio por aceptar los hechos científicos y al mismo tiempo creer en tu existencia por pura fe, Tú eres el único que mantiene mi alma en calma cuando estoy ante los problemas y peleas por mí y eso sólo es entre tu y yo, aun cuando muchos no lo entiendan.

RESUMEN

Se desarrollaron modelos de distribución de nicho de 18 cetáceos en la Zona Económica Exclusiva del Pacífico Mexicano. Se compilaron los datos de 839 avistamientos de publicaciones y observaciones personales entre los años 1976 -1995 y se generó un modelo de distribución potencial mediante el método GARP (genetic algorithm for set-rules prediction) con base en la batimetría, temperatura superficial del mar, velocidad escalar del viento, humedad relativa, nubosidad y albedo con la presencia de los cetáceos. Los modelos obtenidos fueron comparados con las distribuciones registradas en la literatura especializada para cada especie y además con la distribución y biología de algunas de las especies presa. También se compararon con los mapas de las características geológicas, batimétricas e hipsográficas, así como con las propiedades físicas y químicas del Océano Pacífico Mexicano.

Los modelos de las especies en diferentes zonas estuvieron relacionados con características del relieve marino como paredes, cañones, montes submarinos y trincheras que a su vez están involucrados con fenómenos oceanográficos como las surgencias. Las corrientes locales dentro del Golfo de California, conforme los modelos obtenidos, parecen determinar en buena medida la distribución a pequeña escala de los cetáceos y corrientes como la de Davison influyen a una escala más regional fuera del Golfo de California. Las pruebas estadísticas indican que solo una especie *Tursiops truncatus* tuvo un valor de omisión alto con una significancia baja (21 por ciento y 2.58 respectivamente) para las 17 especies restantes se obtuvieron modelos con buena significancia. Los porcentajes en que los registros independientes concuerdan con los modelos fluctuaron entre el 100 y 33 por ciento. Se distinguieron dos patrones generalizados de distribución, de los cuales uno se cumple en ocho y el segundo en cinco de las especies analizadas. Los algoritmos genéticos demuestran ser una herramienta muy útil en la resolución de preguntas sobre la biología, ecología y conservación de las especies.

ABSTRACT

Ecological niche models, mapped as potential distributions, were developed for 18 cetaceans in the exclusive economic zone of the Mexican Pacific. Data were compiled from 839 sightings of publications and personal observations between the years 1976 - 1995, and used for generating potential distribution models using the GARP method (genetic algorithm for set-rule prediction) based on bathymetry, sea surface temperature, surface wind velocity, relative humidity, cloudiness and albedo, along with the presence of cetaceans. The models obtained were compared with those distributions in the scientific literature for each species and also with the biology and distribution of some of the species preys. They also were compared with geological maps, bathymetric and hypsographic, as well as the physical and chemical properties of the Mexican Pacific Ocean.

The species' models in different areas were related to characteristics of the marine relief such as marine walls, canyons, seamounts and trenches, which in turn are involved with oceanographic phenomena such as upwelling. Local currents inside the Gulf of California, obtained with the models, largely determine the distribution of small cetaceans, and influence of flows such as the Davison current explain to a more regional scale off the Gulf. Statistical evidence shows that only one specie, *Tursiops truncatus* had a high omission value and a low significance (21 % y 2.58 respectively); for the other 17 species models with good significance were obtained. Percentages in which independent records occur with the models fluctuated between 100 and 33%.

Two patterns were distinguished: widespread distribution meets eight of the analyzed species, while the second is met in five of the species analyzed. Genetic algorithms prove a useful tool in resolving questions about biology, ecology and conservation of the species.

INTRODUCCIÓN

El territorio mexicano comprende, además de la zona continental, una franja de doscientas millas náuticas llamada Zona Económica Exclusiva que se estableció en 1976 por convenios internacionales; como lo indica su nombre, en ella sólo ciudadanos mexicanos pueden mantener actividades comerciales como la pesca.

La extensión de esta área es de 2,892,000 kilómetros cuadrados, más del cien por ciento de la superficie terrestre del país. La amplia Zona Económica Exclusiva nos coloca en un lugar privilegiado respecto a otras áreas del mundo, al tener costas en el Pacífico y el Atlántico.

Junto a los recursos naturales y culturales de las distintas regiones, las posibilidades de la explotación turística de nuestros mares es importante, además de que la captura de distintas especies para consumo y la interacción de los mamíferos marinos con estas actividades es un hecho e implica la responsabilidad sobre la conservación y manejo sustentable del recurso que representan los mamíferos marinos.

Por negligencia o falta de conocimiento hemos llevado a un pinnípedo a la extinción, la foca monje *Monachus tropicalis* y nos encontramos a punto de perder a una especie endémica de cetáceo, la vaquita *Phocoena sinus*, además del manatí *Trichechus manatus* (Salinas y Ladrón de Guevara, 1993).

En las costas de México encontramos alrededor del 42.3 % de las especies de cetáceos registradas en el mundo, conforme Salinas y Ladrón de Guevara en 1993 y, siguiendo el estudio de Torres y colaboradores de 1995, poseemos el 60 % de los cetáceos registrados para todo el mundo. Se requiere un conocimiento lo más amplio posible de las especies para el correcto manejo de la fauna y flora. Por ejemplo, se sabe que la distribución de las especies y sus parámetros poblacionales están en relación con los factores bióticos y abióticos y que algunos factores inducidos por el

hombre, derivados de sus actividades pueden tener relación directa o indirecta sobre las poblaciones, comunidades y ecosistemas. Por lo que hay que evaluar los efectos de las actividades humanas sobre los sistemas naturales.

Se conoce de manera muy general la distribución de los cetáceos en extensas áreas de nuestro mar patrimonial. Siguiendo arreglos por zonas conforme la oceanografía de nuestros mares, diferentes autores han ubicado los registros de mamíferos marinos en ellas (Salinas y Ladrón de Guevara, 1993 y Torres *et al.*, 1995). Resta ahora analizar de manera formal las relaciones entre la distribución de los mamíferos marinos y los factores del medio.

Es importante integrar los conocimientos biológicos que se poseen de las especies para estructurar planteamientos que permitan la administración congruente con los objetivos de desarrollo y conservación de los recursos, para lo que se han planteado diferentes herramientas metodológicas, como la aproximación mediante el estudio poblacional, las comunidades, las especies raras o endémicas.

Dentro de los estudios de la distribución de la diversidad de seres vivos se pretende encontrar generalizaciones, patrones que ayuden a entender el cómo y porqué de la existencia de grupos de seres vivos en tal o cual lugar, analizando las relaciones entre las condiciones ambientales y la presencia ausencia de las especies para lograr predecir la existencia de especies de interés en determinadas zonas.

El análisis de la distribución de las especies parte de la pregunta sobre los factores que están limitando la misma distribución de una especie. Diferentes enfoques han surgido desde la autoecología y la sinecología, con aproximaciones matemáticas, de laboratorio y de campo. Para Krebs (1985) uno de los principales factores que explican la distribución es la capacidad de dispersión de los seres vivos. Conforme el mismo autor (Krebs, 1985) si la adaptación permite una mayor dispersión ¿porqué existen especies que tienen una distribución restringida? si la adaptación esta dada por la variación

genética en las poblaciones y esta lleva a cambios evolutivos y estos a su vez a mayor adaptación ¿que sucede entonces?

Siguiendo el mismo punto de vista que expresa Krebs, el dispersarse tiene como objetivo muy claro localizar y colonizar un área para lo que la selección natural favorecerá a un individuo que va de un lugar sobrepoblado a uno con espacio, para de esta manera tener más descendencia. Pero la mayoría de los que se aventuran así mueren y pocos tienen éxito, por lo que el riesgo es alto pero hay mucha ganancia. Ante este escenario algunas especies han elegido permanecer en su mismo lugar, lo que les ha llevado a minimizar su capacidad de dispersión a cambio de su seguridad, poniéndose en juego el factor adaptación. Esto ha ocurrido y ha sido documentado en aves, insectos y plantas (Carlquist, 1974 en Krebs, 1985).

Además de la dispersión otros factores también determinan la distribución de las especies, a saber: conducta, relaciones inter-específicas y factores físicos y químicos. Dentro de la conducta lo más relevante es cómo los animales seleccionan el hábitat de su preferencia, y son muchos los ejemplos en los que un animal no habita un ambiente aparentemente propicio a la vista humana.

Dentro de los factores físicos está la temperatura, que puede desencadenar procesos de dispersión; por ejemplo al mar se le considera un ambiente muy estable, lo que es un error, comparándolo con las fluctuaciones que puede tener la zona terrestre en temperatura. La capacidad calórica del agua hace que los cambios de temperatura sean costosos energéticamente para los seres vivos que habitan en ella.

Para explicar el porqué de la distribución de los seres vivos, Andrewartha y Birch, 1954 dividen el ambiente de un animal en cuatro componentes: ambiente, alimento, otros animales y seres vivos que causen enfermedades y un lugar para vivir. De acuerdo a ellos, "...para un animal herbívoro o carnívoro, el límite mas lejano para su distribución debe estar relacionado a la distribución de ciertas plantas..." "...es obvio como es insistentemente mencionado que la distribución de las plantas esta determinada por el clima".

Entonces si los factores del medio afectan la distribución es posible desde un punto de vista de probabilidad poder modelar los ambientes y la distribución en que una especie determinada puede existir. El modelado de los nichos potenciales de las especies estudiadas en este trabajo esta sustentado en la propuesta de Andrewartha y Birch (1954), ya que es mediante el análisis de la distribución de las condiciones del medio que se pretende predecir donde se encontrarán las condiciones optimas para la especie.

ANTECEDENTES

Métodos de modelaje de la distribución potencial.

La relación de las variables ambientales sobre la presencia de especies es uno de los aspectos más importantes a estudiar; es un hecho que los mamíferos marinos no se distribuyen de una manera aleatoria, ya que se sabe que algunas especies prefieren zonas en donde un factor o el conjunto de varios factores hacen posible su presencia, como puede ser la profundidad, intervalos de temperatura o alguna característica oceanográfica (Jefferson, Leatherwood y Weber, 1993).

Las corrientes marinas, resultado del Efecto de Coriolis y el movimiento de rotación terrestre causan el encuentro de masas de agua que por diferencias de densidad, ya sea por temperatura o salinidad, generan zonas de surgencia, que también son provocadas por el choque de masas de agua contra paredes de formaciones en el relieve oceánico. Todo ello produce áreas de productividad diferentes causando un efecto indirecto sobre la distribución de los mamíferos marinos. Ahora bien, existe un vacío en el conocimiento sobre los efectos de factores ambientales en muchas especies y en regiones específicas que causen pautas o patrones en su distribución.

En la actualidad el avance de la teoría de la información y los sistemas de cómputo aplicados a diversas áreas, entre ellas las ciencias ambientales, están generando nuevas formas de análisis ambiental. El uso de sistemas de información geográfica como herramienta para la comprensión de los modelos de distribución de mamíferos o para cualquier otro animal o planta reduce el problema de manejo de gran número de datos y amplía las posibilidades de análisis y visualización de los fenómenos (McLaren y Braun. 1993).

Sistemas de información geográfica.

El uso de las herramientas que en la actualidad se tienen disponibles y que facilitan en gran cantidad el análisis espacial y que además comprenden una complejidad especial, hace necesario la revisión de los conceptos que estén implícitos en cada una de ellas, con el propósito de aplicarlas de la manera más eficiente en todos los aspectos: uso del recurso tiempo, económico, recursos humanos y otros. De tal manera, se debe definir qué es un sistema de información geográfica. Procurando hacer un esfuerzo de síntesis de las ideas de diferentes autores, considero que un sistema de información geográfica es una herramienta que permite almacenar, desplegar, relacionar y analizar datos con referencia típicamente geográfica (topografía, hidrografía y otros) con aquellos no típicamente geográficos (estadísticas poblacionales, políticas, biológicas y muchas mas) y a las que deberán asignárseles ubicaciones espaciales; además mediante los sistemas de información geográfica se genera nueva información expresada en mapas, tablas, modelos de simulación y más (Valenzuela *et al*,1991; Valenzuela, 1991; Dennison, 1988; Burrough, 1991).

Otros conceptos requeridos son los relacionados con la manera en que un sistema de este tipo puede representar los datos ingresados. Esto se logra por los conceptos básicos de cualquier idioma gráfico: los puntos, líneas y lo que al unir estos se forma, los polígonos. Ahora bien cualquiera de ellos necesitan tener un significado asociado; para ello se les asignan lo que se llama atributos, que serán lo que los identificara cuantitativa o cualitativamente (nombre de un lugar, altura al nivel del mar, color, tipo de vegetación, registro de una especie y más). Aproximadamente a partir de los 1970's inició el auge en el diseño, mejora e implementación de estos sistemas de información geográfica, seguramente por la creciente necesidad de un mejor uso de los recursos naturales a una escala más global y aunado un mayor acceso a las cada vez más eficientes y accesibles computadoras. En los años 1980's a 1990's los sistemas de información geográfica han incorporado poderosas herramientas de análisis estadístico

(Goodchild, 1991) permitiendo a las diferentes disciplinas que inician en su uso, el pasar la frontera de lo descriptivo y alcanzar las posibilidades de predecir fenómenos dentro de sus ámbitos.

Aplicaciones.

Los sistemas de información geográfica permiten la combinación del análisis matemático y de mapas mediante computadora, lo que genera todo un amplio espectro de posibilidades de aplicación en la investigación biológica y ambiental (Berry, 1993a, b).

Se ha mencionado que una característica de los sistemas de información geográfica es generar nueva información, como modelar un fenómeno dado. Estos modelos se crean a partir de la abstracción de la realidad, y son clasificados en tres grupos o tipos: modelos de escala, conceptuales y matemáticos (Steayaert, 1993).

De los modelos matemáticos a su vez, son relevantes los modelos estocásticos, esto es aquellos modelos probabilísticos en los que una serie de variables son asociadas en un proceso ambiental. Muchos de estos modelos han sido desarrollados de manera independiente pero, reunidos en un sistema de información geográfica, amplían las herramientas para lograr análisis que implican una gran complejidad por el volumen de variables capaces de manipular (Valenzuela, 1991).

Los modelos ecológicos son técnicas que simulan los sistemas y procesos ecológicos. Combinan el modelaje matemático, el análisis de sistemas y técnicas de cómputo con la ecología y el manejo del ambiente y sus recursos naturales (Jorgensen, 2003).

Existen problemas derivados de sesgo en los datos que hacen de las técnicas en ocasiones algo poco confiable. Una manera de robustecer los análisis es el uso de los sistemas de inteligencia artificial en las máquinas, que de unos años a la fecha se han desarrollado, cada vez de manera más eficiente. Estos sistemas permiten aplicar un método de análisis a los datos de trabajo (Burrough, 1992 en Stockwell y Peters, 1999).

Además, los grupos de datos ecológicos tienen dos distintas características si son comparados con otros tipos de datos: son multivariados y tienen localización específica. Históricamente los modeladores en ecología se han enfocado sobre cambios en el tiempo en sitios individuales o áreas geográficas muy pequeñas. Durante las dos pasadas décadas, se han incorporado patrones espaciales en los modelos y se han aplicado a grandes áreas geográficas (Hunsaker et al., 1993 en Vogiatzakis, 2003).

La secuencia general para desarrollar estos trabajos es:



Los diferentes métodos matemáticos de estadística uni y multivariada presentan condicionantes que la mayoría de las veces no pueden ser cumplidos por los datos obtenidos de colecciones o publicaciones, ya que éstos son de naturaleza casual en ocasiones o generados en trabajos propios con otros objetivos distintos al de tener muestreos adecuados para conocer la distribución de la especie o especies en cuestión (Sánchez- Cordero *et al.*, 2001).

Una de las opciones propuestas para el modelado de la distribución de especies, son los métodos de aprendizaje para máquinas y el uso de algoritmos genéticos, árboles de decisión y redes neuronales (Stockwell y Peters, 1999). Dentro de estos sistemas los GMS o Sistemas de Modelado mediante GARP (genetic algorithm for rule-set prediction) pueden generar y probar un amplio intervalo de soluciones posibles acerca de la interrogante sobre cuales son los factores que afectan con mayor significación la presencia de los seres vivos.

Las ventajas del GMS inician con permitir el uso de datos de colecciones científicas de publicaciones y observaciones en campo, que para algunas especies son mínimas, además resuelve la falta de uniformidad de los datos, incluye variables ambientales, incluye reglas o condicionantes ambientales heterogéneas e inician sus ensayos con métodos tradicionales de estadística uni y multivariada lo que resulta en que el modelo de menor precisión será equivalente a los obtenidos con esos métodos.

Los GMS son generados a partir de un grupo de reglas de decisión. El sistema tiene como directriz aumentar la significancia y la precisión predictiva de las reglas sin forzar su ajuste o exagerar en reglas específicas. Mediante un algoritmo genético adquiere relaciones de los factores del ambiente en donde existe la especie en cuestión y la presencia misma, las cuales comprueba con las características ambientales del área de estudio donde no se tiene registro. El programa realiza un re-muestreo que será usado para generar modelos y validarlos. A partir de reglas de decisión seleccionadas el programa genera escenarios diferentes en un número determinado de iteraciones o hasta alcanzar coincidencias, momento en el cual los modelos son presentados en forma de mapas (Illoldi-Rangel y Escalante, 2008)

OBJETIVOS

- Predecir la distribución de algunos mamíferos marinos del Pacífico mexicano utilizando modelos de nicho ecológico a partir del programa GARP en conjuntos de datos de avistamientos limitados y fragmentados.
- Contrastar estos modelos con datos de distribución más extensos e independientes.
- Examinar los modelos de distribución en relación con la oceanografía y el relieve marino.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Los datos de los avistamientos de cetáceos durante el periodo de 1975 a 1995 fueron obtenidos a partir de diversas fuentes. El número de registros por especie se presenta en el cuadro 1; la región donde se ubican los registros (la regionalización dentro del Golfo de California es de acuerdo al criterio topográfico) y la contribución por autor se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 1. Especies registradas y número de avistamientos de cada una.

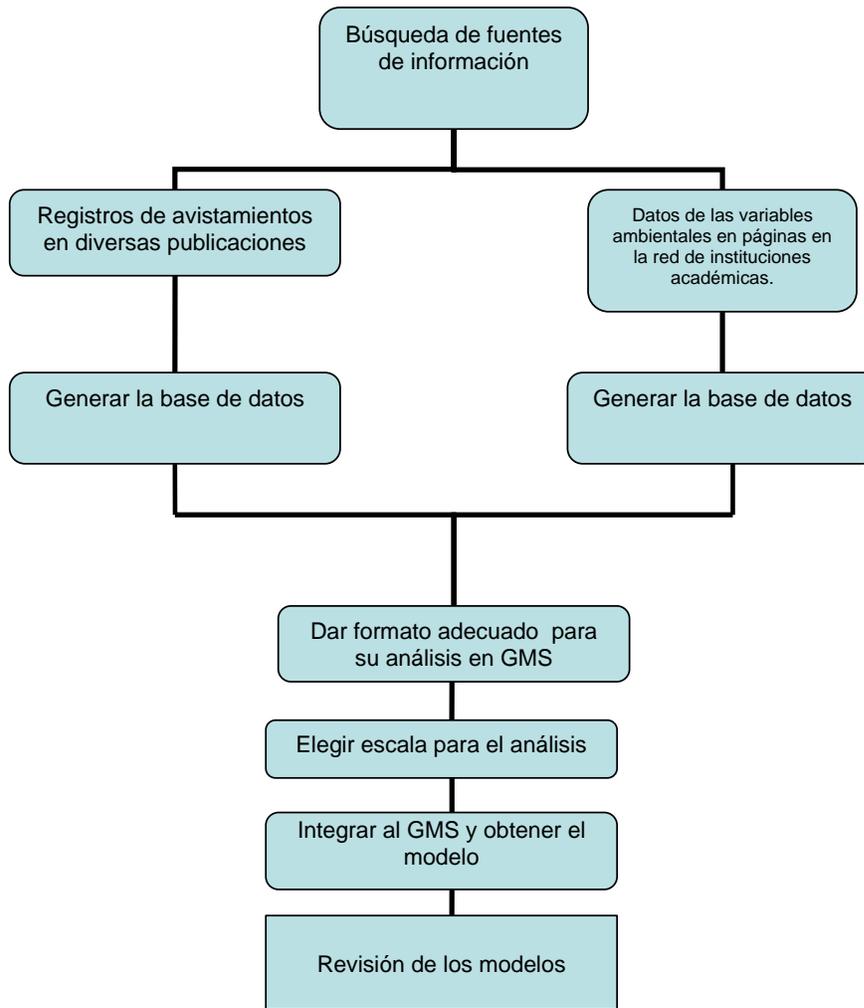
ESPECIE	NUMERO DE REGISTROS	Zonas de registro
<i>Tursiops truncatus</i>	185	Provincias o regiones Norte, Central y Sur del Golfo de California.
<i>Megaptera. novaeangliae</i>	244	Provincia Norte del Golfo de California y Bahía Banderas
<i>Delphis sp.</i>	124	Golfo de California, Costa Occidental de la Península de California.
<i>Orca orca</i>	3	Provincia central del Golfo de California, Bahía Banderas y Pacífico Tropical Mexicano
<i>E. robustus</i>	3	Bahía Banderas
<i>Stenella attenuata</i>	164	Bahía Banderas
<i>Pseudorca crassidens</i>	5	Bahía Banderas y Provincia Norte del Golfo de California
<i>Steno bredanensis</i>	3	Bahía Banderas y Pacífico Tropical Mexicano
<i>Stenella longirostris</i>	8	Bahía Banderas
<i>Ziphius cavirostris</i>	2	Bahía Banderas
<i>Mesoplodon sp</i>	1	Bahía Banderas
<i>Balaenoptera edeni</i>	8	Bahía Banderas y Provincia Norte del Golfo de California
<i>Kogia sima</i>	2	Bahía Banderas y Pacífico Tropical Mexicano
<i>Balaenoptera physalus</i>	27	Provincia Norte, Central y Sur del Golfo de California.
<i>Physeter catodon</i>	3	Provincia Central del Golfo de California
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	2	Provincia Norte y Central del Golfo de California
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	16	Provincia Central y Sur del Golfo de California y Costa Occidental de la Península de California.
<i>Phocoena sinus</i>	39	Provincia Norte del Golfo de California

Cuadro 2. Número de registros de cetáceos por fuente consultada.

FUENTE	REGISTROS
Balcomb, Villa y Nichols.1978.	65
Crucero SEPESCA, 1992,1993	47
Gerrodette et al., 1995	27
Nolasco, 1992	95
Norris y McFarland, 1958	2
Ruíz-Boijseauneau, 1995	77
Salinas Zacarías y Bourillón Moreno. 1988	522
Villa-Ramírez., 1976	1
Villa-Ramírez <i>et al.</i> , 1995	3

La base de datos generada en Excel contiene los campos de fecha, latitud, longitud, especie, estimación del número de individuos en el grupo avistado, presencia de crías en la manada y fuente. Los datos de temperatura superficial del mar, nubosidad, salinidad y velocidad escalar del viento se extrajeron de la página del Climate Diagnostics Center de la NOAA-CIRES (www.cdc.noaa.gov) obteniendo los promedios mensuales de cada uno de los años en formato de hoja de cálculo (Excel), siendo éstas excelentes series temporales de las variables ya que son registros diarios de los años 1960 a 1995. Posteriormente los datos fueron adecuados en Exel para ser constituidos como el centro de cada celda en una cuadrícula (grid) y poderlos llevar al SIG Arc- View y así analizarlo en el GMS.

El procedimiento completo para este trabajo queda resumido en el siguiente diagrama:



Análisis de los datos.

Mediante el uso de ARC-View se efectuó el arreglo de los mapas temáticos para tenerlos en la misma proyección geográfica y Datum y de las bases de datos se extrajeron las localidades para finalmente analizarlos con el GMS (GARP Modelling System). Mediante el Sistema de Modelado GARP (Genetic Algorithm for Rule-set

Production) se obtuvieron modelos de nicho ecológico de las 18 especies de cetáceos registrados. Los mapas se obtuvieron de mil corridas diferentes de las que se generaron cien modelos y a su vez fueron seleccionados diez, así se efectuó la suma de los diez modelos que mejor se ajustaron conforme los análisis efectuados por el programa, todo este proceso de análisis lo lleva al cabo por completo el sistema.

La descripción general del proceso es la siguiente: GARP establece relaciones entre las variables ambientales en los puntos en que se registra a una especie con puntos muestreados al azar para toda la zona de estudio, desarrollando reglas de decisión que sintetizan de la manera más óptima los factores que están asociados con la presencia de la especie (Peterson, 2003 en Illoldi-Rangel, 2005).

Los puntos de presencia se dividen en dos grupos, uno de ellos es usado para generar el modelo y el otro grupo como prueba; a partir de iteraciones mediante selección de reglas, evaluación, prueba e incorporación o rechazo, usando uno de cuatro diferentes modelos, que se aplican a los datos de prueba se establece o cambia una regla. La precisión es evaluada posteriormente a partir de remuestreos generados al azar por el propio sistema y los datos para evaluación. Los cambios en la precisión de una predicción a la que le sigue se usa para decidir si una regla es añadida al modelo, en tanto que el algoritmo genera hasta mil iteraciones o hasta la convergencia (Sánchez-Cordero, Peterson y Escalante-Pliego, 2001; Illoldi-Rangel, 2005). Para saber el nivel de significancia del modelo, se aplicó una prueba de Chi cuadrada a cada uno de los modelos. El resultado final son mapas de distribución potencial, los cuales se presentan en este trabajo como zonas con tonalidades claras a oscuras. Esta gradación de colores significa que para la zona más clara el número de modelos que predicen la presencia en ese lugar es cero, para la siguiente tonalidad es uno, la siguiente tiene dos modelos que predicen presencia del nicho y así sucesivamente hasta llegar a la tonalidad más oscura que indica que diez modelos predicen la presencia del nicho ahí.

Los modelos obtenidos se compararon con los registros de las especies de cetáceos por Read y colaboradores (2008) obtenidas de los mapas de la página del OBIS-

SEAMAP (Ocean Biogeographic Information System - Spatial Ecological Analysis of Megavertebrate Populations; (http://seamap.env.duke.edu/prod/mapservice/googlemaps/seamap_gm.phtml).

RESULTADOS

Se registraron 18 especies con un total de 839 avistamientos, obtenidos de los trabajos de nueve fuentes que comprenden del año de 1976 a 1995. En el anexo 1 se proporcionan los datos de las condiciones ambientales usadas en el análisis.

Los modelos obtenidos para algunas especies a partir del GMS fueron sumamente demostrativos del poder de modelado de este sistema ya que coinciden con registros personales de las especies y registros de Read *et al.*, (2008) que no fueron incluidos en los modelos, además de haber sido estadísticamente probados y haber obtenido valores de significancia moderadamente altas.

La distribución de los nichos ecológicos de cada especie se muestra en las siguientes figuras en mapas, junto los mapas de los registros de Read y colaboradores (2008) a los que se les asignó un inciso en orden alfabético para su referencia.

Tursiops truncatus

El modelo desarrollado para el tursión es poco preciso; de hecho, fue el modelo menos significativo según la prueba de Chi cuadrada que se aplicó ($\chi^2 = 181.28$, $p=2.58$ y omisión del 21 %). El valor alto de Chi nos indica que la predicción es baja, la P nos dice que la prueba no resultó significativa y el grado de omisión es alto.

Aún cuando los resultados de la prueba estadística aplicada al modelo fueron negativos, vale la pena comentar las coincidencias del modelo con las tendencias de distribución conocida de *Tursiops truncatus*. Las toninas son cetáceos ampliamente distribuidos con tendencias a habitar primordialmente en la costa, donde se considera que las poblaciones son probablemente más elevadas; el modelo generado ubica a la tonina en esas partes. En el pacífico tropical en general, su distribución no rebasa los 45° N (Jefferson, 1993). Observando de sur a norte el modelo de distribución del nicho para el tursión (figura 1) se distingue una mancha que inicia en la zona de la Cuenca de Guatemala y que se dirige más al sur, en esta parte el modelo tiene mayor probabilidad (color más intenso) a lo largo de la costa siguiendo el margen oriental de la Trinchera Mesoamericana sin rebasarla. En esta zona del Pacífico Mexicano la plataforma continental es extensa y tiene una pendiente menor a 1° 30'.

Hacia el occidente son notorias las Islas del Archipiélago de las Revillagigedo en cuyos alrededores inmediatos el modelo predice encontrar el nicho para el tursión. Las zonas de color más tenue al Este de estas islas están relacionadas a las montañas submarinas denominadas Banco Alpheca, Banco Shimada y Monte Sotavento, al norte de las mismas islas observamos dos manchones de coloración más tenue asociadas muy probablemente a los Montes Suitcase.

En la entrada y a lo largo del golfo es muy particular el mapa del nicho modelado ya que el modelo esta dispuesto similar a la forma en que lo están las corrientes superficiales, descritas para el Golfo de California.

Conforme Leatherwood (1988) los tursiones en general se mantienen en la línea de los 183 metros o 100 brazas de profundidad a lo largo de la costa. Aun cuando los tursiones tienden hacia la costa, también se les encuentra en la zona pelágica (Wells y Rhinehart, 1999) en realidad explotan gran variedad de ambientes marinos: en zonas cercanas a la costa en profundidades entre 0.5 y 20 metros en bahías, lagunas costeras y se les encuentra en bocas de ríos, inclusive en el interior de estos.

En un estudio en el Atlántico Sykes y sus colaboradores (2003) investigaron qué variables modelaban de mejor manera la distribución temporal de los tursiones en la costa de Dorset en Inglaterra, para lo que seleccionaron como variables salinidad, cantidad de clorofila, temperatura superficial del mar y la distribución de los peces. Encontraron que la clorofila y la distribución de los peces influían de manera importante en la distribución de los tursiones. Mediante un análisis de regresión múltiple los mismos autores identificaron que el registro histórico de clorofila era un factor importante para predecir avistamientos, indicando estos hallazgos que el alimento es un factor muy importante que afecta la distribución de la especie.

Actualmente se habla de poblaciones que residen en aguas oceánicas y otras costeras. Los tursiones oceánicos parecen tener zonas más amplias, encontrándoseles en áreas productivas en los trópicos y siendo residentes alrededor de islas. Esto es relevante para nuestro modelo ya que las áreas oceánicas que tenemos como zonas de probable distribución de su nicho están alrededor de islas en donde la base de datos no los contempla pero sí se tienen registros de ellos ahí

En zona abierta las poblaciones se alimentan de peces mesopelágicos y especies de calamares oceánicos y evidentemente en costa se alimentan con peces e invertebrados del litoral (Reyes, 1991; Wells y Scott, 1999; Acevedo y Parker, 2000). En el Pacífico,

concretamente en las costas de Perú los tursiones costeros y oceánicos se alimentan de la misma forma con sardinas, anchovetas y merluzas (familias Gadidae y Merlucciidae) pero solamente en los costeros encuentran especies demersales de cianeídos y peces sapo, mientras que en los oceánicos prevalecieron los peces mesopelágicos y calamares (Wells y Scott, 1999). Los grupos mencionados son especies que se encuentran en el intervalo que muestra el modelo.

Los informes sobre los hábitos de alimentación de los tursiones demuestran una diferencia entre las poblaciones oceánicas y las costeras por lo que sería importante modelar nuevamente en futuros trabajos añadiendo a las variables los datos de distribución de las especies potenciales de su presa.

La parte norte del Golfo de California muestra una zona circular del nicho modelado que se puede relacionar con la manera en que se presentan las corrientes en esta parte del mar, las cuales tiene un carácter circular principalmente; en las cercanías de Golfo de Santa Clara y la Isla Montague son longitudinales conforme la marea. Estas zonas son de tonalidad menos clara en el modelo, es decir, con menor probabilidad y realmente en estas zonas no se les observa demasiado (obs. pers.)

Al comparar el modelo con los registros de Read y colaboradores (2008) para el tursión (mapa A) se confirma la efectividad del GMS para modelar. De un total de 255 datos independientes de esta fuente, el 82.3% cae en la distribución del modelo generado. En el cinturón de las grandes islas, la distribución se predice con diez de los modelos y en efecto los registros son muy abundantes ahí; de la misma manera sucede sobre la costa de Sinaloa, Jalisco y hacia el sur siguiendo la Trinchera Mesoamericana. Hacia el mar abierto muchos de las manchas del modelo coinciden con los registros del mapa A, como puede observarse. Considero por esto que el modelo generado para el tursión en la zona económica exclusiva de México, es confiable en buen grado para predecir la presencia del nicho de esta especie.

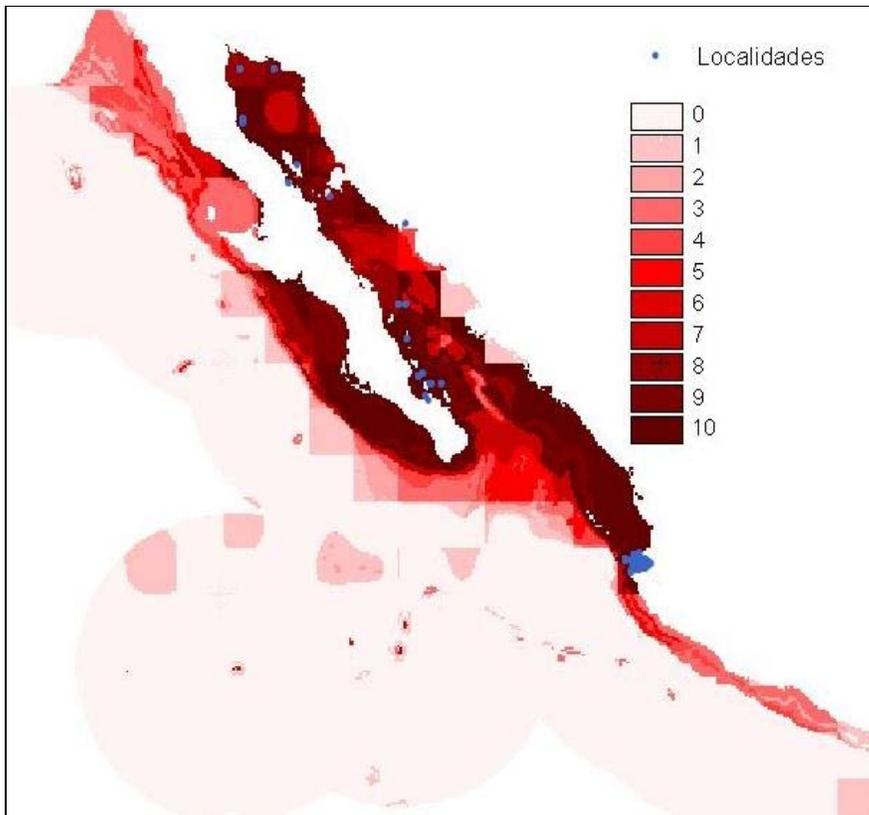


Figura 1. Mapa del modelo de la distribución del nicho ecológico de *Tursiops truncatus*.



Mapa A. Read y colaboradores (2008) http://seamap.env.duke.edu/prod/mapservice/googlemaps/seamap_gm.phtml

Megaptera novaeanglie

El resultado de la prueba Chi cuadrada ($\chi^2 = 102.9$, $p < 0.0001$ y omisión del 9.58 %) indica una excelente correspondencia para el modelo, con un valor de omisión bastante bajo, por lo que se puede decir que el modelo se ajusta con bastante precisión a los datos y a la realidad. La distribución del nicho para la ballena jorobada (figura 2) corresponde de manera excelente con los registros de la especie de fuentes que aquí no se incluyeron. Sobre todo, hay que resaltar lo referente en las zonas cercanas a las islas del archipiélago Revillagigedo, donde se les observa en la época de crianza y de donde en la base de datos no se incluyeron registros (Campos-Ramos, 1989; Salas-Rodarte, 1993), siendo esto un aspecto importante para la representatividad de este modelo. Por lo demás, este mapa corresponde con lo indicado en la literatura, que le asigna a la jorobada una distribución en el invierno en la costa de Baja California, al noreste de Cabo San Lucas y en la costa continental de Sonora llegando a Jalisco (Leatherwood *et al.*, 1988).

La ballena jorobada se considera una especie cosmopolita y migratoria; durante la época de crianza esta cerca de los 20° de latitud en ambos hemisferios, viaja a aguas tropicales y subtropicales encontrándoseles asociadas generalmente a islas o sistemas de arrecifes fuera de la costa (Baker *et al.* 1986; Dawbin, 1966; Mackintosh, 1942; Whitehead y Moore en Clapham y Mead, 1999). Se les ha registrado en el mediterráneo, aunque este hecho es muy raro (Aguilar, 1989 en Clapham y Mead, 1999).

Para la zona del Pacífico Norte se considera que existen tres grandes grupos distribuidos en diferentes zonas en el invierno cuando las crías nacen: un grupo se ubica en Asia, otro en Hawai y uno más en las costas de Baja California, Sonora y Jalisco, México, (Leatherwood *et al.*, 1988).

Respecto a sus movimientos migratorios las evidencias indican que la población de las aguas mexicanas es la misma que reside durante el verano entre el norte de California y Washington (Calambokidis *et al.*, 1996; Perry *et al.*, 1990 en Clapham y Mead, 1999).

De la población de las Islas Hawaianas se han registrado individuos en las Revillagigedo y de éstas, a su vez, muy pocas han sido avistadas en cualquier habitat en latitudes norteñas, lo que hace suponer que existe una zona de alimentación importante en el centro o el este del pacífico norte (Calambokidis *et al.*, 1997). Esta zona quizá pueda tener relación con los dos manchones que se observan en el modelo debajo de las Revillagigedo y que haciendo una línea imaginaria corre a la altura de la Dorsal del Pacífico Este (ver figura 2 del apéndice). Esos dos manchones seguramente son parte de las formaciones montañosas de la Dorsal del Pacífico Este. Las zonas de color más tenue hacia el suroeste de la punta de la península están asociadas a las montañas submarinas de los Matemáticos y los Montes Suitcase (ver figura 6 del apéndice), en las partes con accidentes geográficos donde la profundidad decrece y además tenemos tienen las corrientes y contracorrientes de la región.

Existe una barra de color que va a lo largo de la trinchera mesoamericana y continua hacia el sur más allá de la zona contemplada en el modelo; seguramente esta zona queda privilegiada por sus características de profundidad y corrientes donde existe gran productividad por lo que diversas especies de las aquí modeladas presentan esta zona con posibilidades de distribución para su nicho. Junto con esta zona esta otra con la cual forma una bifurcación que parece estar sobre la Falla de Orozco (Figura 7 del apéndice). Frente a las costas de Bahía Banderas tenemos una zona muy asociada a la Microplaca de Rivera.

Las zonas tan al norte dentro del Golfo de California, mostradas por el modelo, son producto del avistamiento norteño de un joven de ballena jorobada durante los cruceros de la Secretaria de Pesca (SEPESCA). Leatherwood y sus colaboradores (1988) mencionan que la jorobada entra al Golfo de California al menos hasta la Isla San José,

pero el avistamiento de este ballenato y el modelo muestran que la presencia de la jorobada en la región norte del Golfo de California puede ser más recurrente de lo que se conocía.

Elaborando algunas posibles respuestas al modelo, es muy probable que la distribución este en relación a la temperatura superficial del mar, las corrientes y la batimetría de las zonas que aparecen con mayor probabilidad en el mapa del modelo.

En la comparación con los datos de Read y colaboradores (2008) se observa la correspondencia del modelo con estos registros. El 100% de los datos independientes caen en el modelo de la ballena jorobada; en el cinturón insular 3 a 4 modelos predicen la presencia y en el mapa B tenemos al menos dos avistamientos. En las demás zonas del modelo sucede lo mismo: en la Trinchera mesoamericana hay al menos un registro, otros más en la bahía de La Paz, San José del Cabo y otros cercanos a las Islas San Benito y Cedros. Finalmente el modelo va hacia el norte aumentando el número de modelos que predicen presencia y los registros del mapa B efectivamente aumentan hacia la frontera con California. Por lo anterior, y dadas las pruebas estadísticas, el modelo se debe tomar como muy confiable para predecir la presencia del nicho de esta especie.

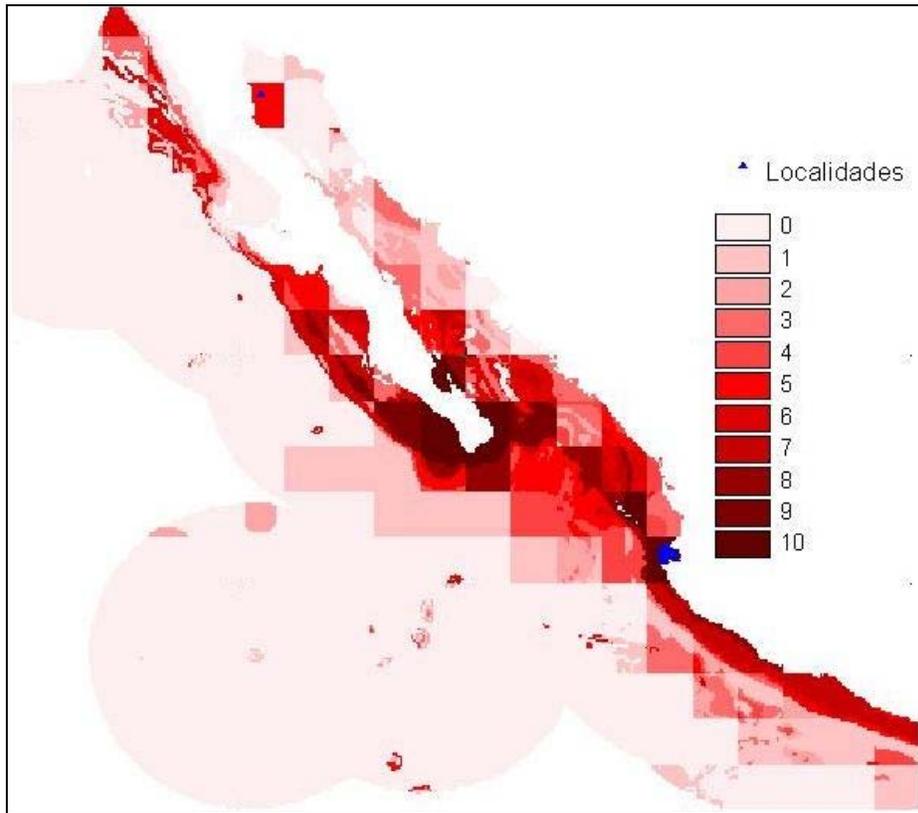
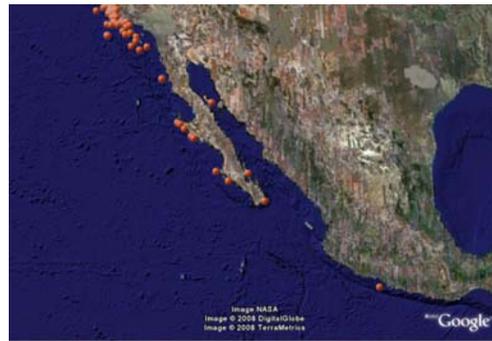


Figura 2. Mapa del modelo para *Megaptera novaeangliae* .



Mapa B. Read y colaboradores (2008) http://seamap.env.duke.edu/prod/mapservice/googlemaps/seamap_gm.shtml

Delphinus spp.

El análisis del modelo de los delfines comunes se hizo sin distinguir las especies *Delphinus delphis* y *Delphinus capensis*, debido a que los datos son anteriores a la distinción de estos dos taxa (Heyning y Perrin, 1994). La prueba de Chi cuadrada aplicada al modelo del delfín común arrojó los siguientes resultados: $\chi^2 = 127.53$, $p < 0.0001$ y omisión del 6.74 %. Estos resultados implican que el modelo es aceptablemente preciso y la prueba tiene una alta significancia estadística. En el Pacífico Tropical y otras partes del mundo, para el género *Delphinus*, se reconocen dos formas (Heyning y Perrin, 1994): la de hocico largo denominado *Delphinus capensis*, predominantemente vista en todo el Golfo de California desde el norte hasta la boca y en la costa occidental de la península de Baja California; y la forma de hocico corto denominada *Delphinus delphis* de tendencias oceánicas, esto es, lejos de la costa. Las poblaciones que existen de *D. capensis* en el mundo se ubican en costas de aguas tibias en los trópicos (Culik, 2004). Aún y cuando los registros aquí compilados, en su momento fueron hechos considerando una sola especie *Delphinus delphis* existe alta probabilidad de que la mayoría sean avistamientos de la especie *D. Capensis*, por lo que se decidió tomar los registros como *Delphinus spp.*

La distribución histórica de los avistamientos de ambas especies es oscura debido a la confusión de ellas en una sola especie; sin embargo, en la actualidad es conocida *D. capensis* en América por ocupar la costa del Pacífico y del Golfo de California de la Península de Baja California y parte de California (Carwardine, 1995); la especie esta registrada en las costas de Chile y Perú en el Pacífico sur; en el Atlántico en las costas de Brasil, Argentina y Venezuela; en Sudáfrica desde Cabo provincia a Natal, la isla de Madagascar, en el litoral de el Sahara hasta Gabon, alrededor de algunas islas de Oman; en Asia de Corea a Taiwan; se ha registrado en las costas de China (Li, 1997 en Culik, 2004) y en Nueva Zelanda (Rice, 1998; Sanino *et al.*, 2003).

Es conocido el hecho que las costas mencionadas en su distribución nacional y mundial son excelentes zonas de pesca. En el modelo generado se observa una distribución del

nicho (figura 3) que concuerda con lo informado en literatura respecto de sus preferencias ambientales.

Desde la entrada del Golfo de California y hacia el sur se extiende el modelo abarcando las áreas donde las formaciones topográficas se elevan de manera considerable, fallas, placas y montañas submarinas dominan esta parte, es grande el complejo de las corrientes que se encuentran con la corriente de California, la contracorriente de California, la corriente Norecuatorial y las corrientes cambiantes que salen y entran según la temporada del golfo. Esto genera remolinos, aguas con salinidades bajas y temperatura moderada, lo que genera una gran productividad, motivo suficiente para la presencia de la especie. Existe una pequeña parte de color tenue que se dirige hacia el sureste sobre las costas de Jalisco y Michoacán sin llegar a Guerrero, aproximadamente donde se encuentra la Fosa de Acapulco, con límite hacia el océano en la Trinchera Mesoamericana, por lo que es evidente que el modelo no obedece únicamente a la batimetría ya que no continua al sur sino que las demás variables condicionan la distribución; la temperatura aumenta latitudinalmente de manera significativa a lo largo de la costa y consecuentemente la productividad baja, así que el nicho para esta población de *Delphinus* sp. aquí desaparece.

Al ver los mapas C y D de Read y colaboradores (2008), es evidente que el modelo generado en el presente trabajo es la combinación de los registros de ambas especies; de manera individual cada especie coincide en sus registros con el modelo. De hecho, los datos independientes coinciden en el cien por ciento con el modelo, lo cual es interesante ya que GARP esta prediciendo zonas que no se tenían registradas como la Trinchera Mesoamericana para *D. delphis* y Bahía Sebastian Vizcaino para *D. Capensis*. Estos ejemplos y otras zonas bien predichas permiten afirmar que GARP es un programa con alta efectividad para el modelado, sólo restaría volver a modelar separando los registros de cada especie y observar el resultado.

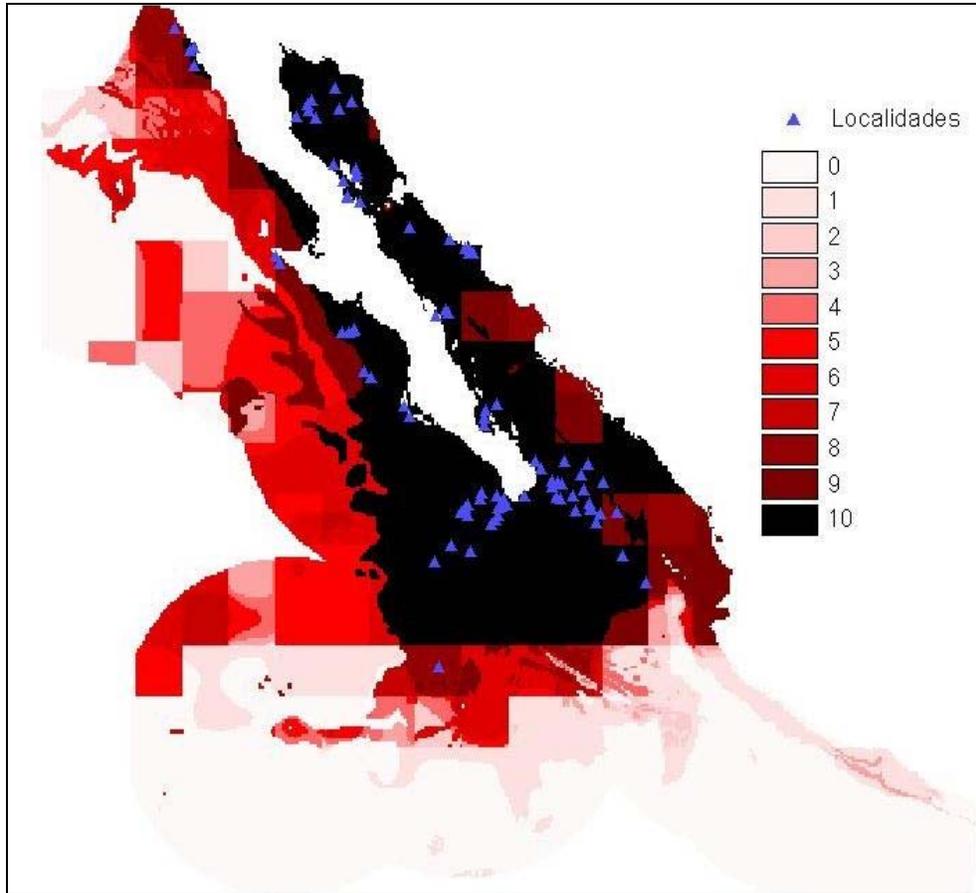
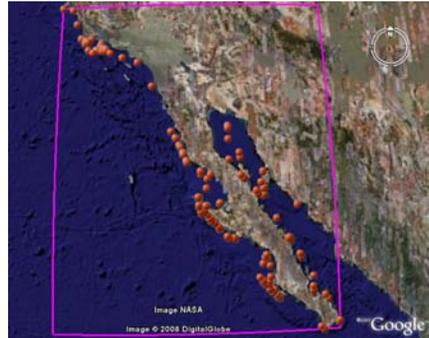


Figura 3. Mapa del modelo para *Delphinus spp.*



C



D

Mapa C para *D. delphis* y D para *D. capensis*. Read y colaboradores (2008) http://seamap.env.duke.edu/prod/mapservice/googlemaps/seamap_gm.phtml

Eschrichtius robustus

Las pruebas para el modelo de la ballena gris indican un valor de omisión de 0%, una prueba de Chi cuadrada de $\chi^2=100.7$ y una $p<0.0001$. Con estos valores resulta ser uno de los mejores modelos obtenidos en este trabajo. En este caso no existen registros para esta especie en la pagina consultada de Read y sus colaboradores (2008). Completamente costera, la ballena gris es un cetáceo que mantiene su vida en contacto continuo con la plataforma continental. Se distribuye únicamente en el Pacífico norte, manteniendo migraciones para la crianza durante el verano. Este es el caso de las avistadas en el invierno en la costa de Baja California, llegándose a registrar muy dentro del Golfo de California. Con un número mínimo de avistamientos registrados en este estudio se observa una correspondencia entre la distribución conocida y la de su nicho modelado (figura 4); el valor de omisión de cero indica que el total de las localidades cayeron en el modelo, además de que el valor de p da una prueba significativa. En la parte suroeste de Los Cabos se tiene una zona del modelo que estaría ubicada sobre los Montes Suitcase; esta formación de montañas disminuye la profundidad en la zona lo que quizá permite que se extienda hacia mar adentro el modelo. Además en esta parte las corrientes salientes y entrantes del golfo, la Corriente de California y la de Davison, generan particularidades en la salinidad y temperatura superficial del mar. Como nota a este hecho, durante la travesía que se realiza desde Ensenada, Baja California a Isla Guadalupe se observó a un ballenato de ballena gris y a su madre a mas 200 millas náuticas de la costa.

Zonas muy conocidas por ser sus lugares de crianza, Laguna Guerrero Negro, Laguna Ojo de Liebre, Laguna San Ignacio y Bahía Magdalena están contenidas en el área marcada del mapa como de mayor probabilidad; pero además también quedaron estampadas en el mapa, zonas donde históricamente se le veía abundantemente (Walker, 1985) y que en la actualidad se tienen registros eventuales, como en la costa de Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco, con avistamientos en la zona norte del Golfo de California (Obs. Pers. Crucero SEPESCA). Esto es especialmente importante para el modelo porque se generó con solo tres registros ubicados en una sola área y sin

embargo las áreas predichas corresponden con gran precisión a la distribución de la época de crianza para la ballena gris. Se sabe que la ballena gris aparentemente no tiene actividades de alimentación en sus áreas de crianza, por lo que su estancia no estaría relacionada en modo alguno con la disponibilidad de alimento pero sí seguramente con la posibilidad de refugio para las actividades propias del momento de crianza. La batimetría de las bahías y la protección que proporcionan del oleaje y corrientes externas así como de los depredadores, parecieran ser las principales causas para su estancia en estas zonas. Sin embargo, investigaciones recientes podrían arrojar nueva luz sobre la importancia de la alimentación (Caraveo-Patiño, 2003) en las lagunas de crianza para la ballena gris.

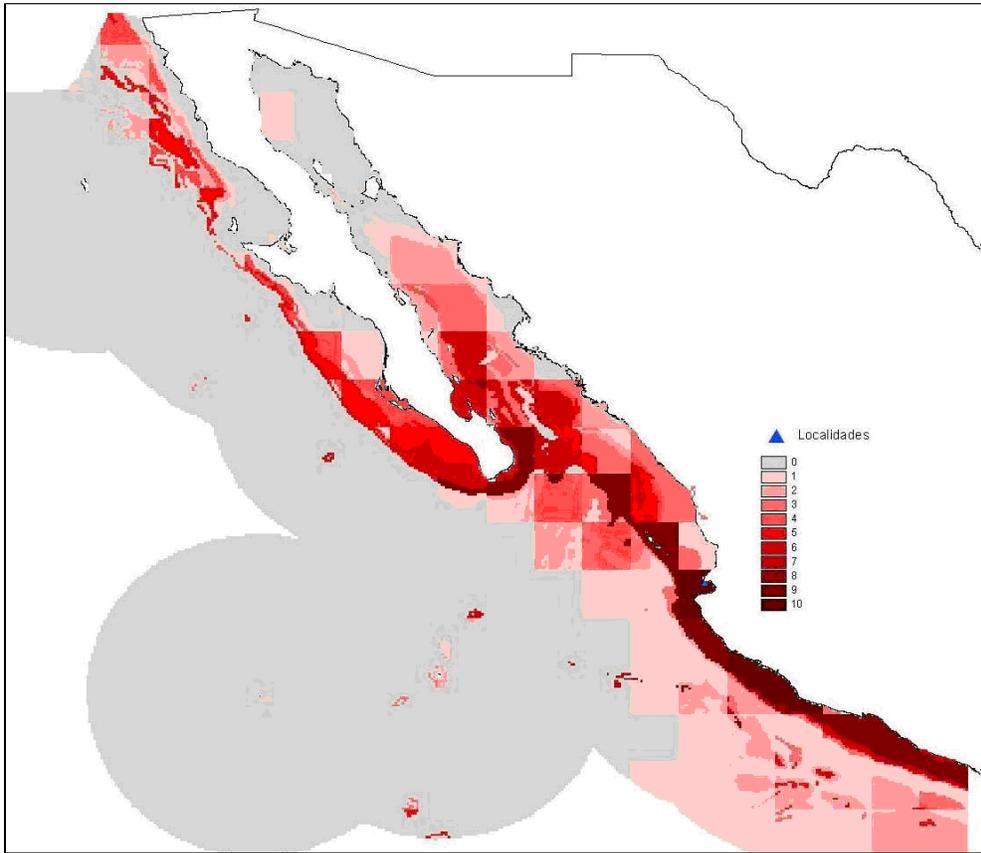


Figura 4. Modelo para la especie *Eschrichtius robustus*.

Stenella attenuata.

El resultado de la prueba indica una omisión de 8.91%, una Chi cuadrada de $\chi^2 = 280.9$ y una significancia de $p < 0.0001$. Estadísticamente el mapa para esta especie es un modelo que predice con una buena precisión. Se sabe que la estenela moteada (*Stenella attenuata*) esta presente en aguas oceánicas tropicales tibias y templadas 30-40° N a 20-40° S (Jefferson *et al.*, 1993) en aguas con una temperatura superior a los 25°C (Carwardine, 1995) con una termoclina a profundidades de menos de 50 metros y con salinidades de menos de 34 partes por millón.

A nivel mundial *Stenella attenuata* esta distribuida a lo largo de la costa pacífica de México, la Península de Baja California hasta la península de Alaska, en el pacifico en las islas del archipiélago Hawaiano, en el norte del Mar Rojo, Mar Árabe, Golfo Pérsico, Bahía de Bengala y en el Mar de China (Rice, 1998). Existen dos variantes propuestas (Leatherwood *et al.*, 1988) la costera y la oceánica. Estudios de marcaje en el Pacifico Oriental Tropical mostraron movimientos de la estenela moteada en el otoño e invierno hacia la costa y en el otoño e invierno hacia mar adentro y además encuentran que la variante oceánica se acerca tanto como a 16 millas náuticas de la costa combinándose en algunas zonas las distribuciones de la variante costera y de la variante oceánica (Reyes, 1991).

En estudios sobre el patrón a gran escala de la distribución del delfín en la zona pelágica del Pacifico Oriental Tropical en 1990, Reilly observó cambios en la distribución en los años de 1982, 1986 y 1987. Sus registros estaban en relación a la ubicación del límite de la termoclina en los 10° al norte y 120° al oeste, manteniendo una separación muy clara entre las especies del delfín común, moteado y el tornillo en sus zonas de mayor densidad poblacional.

El modelo aquí presentado (figura 5) se ve afectado por los registros de avistamientos costeros en una pequeña área de Jalisco. Por otra parte Perrin en 1975 y Dizon y

colaboradores en 1994 describen un tipo de estenela moteada costera que vive dentro de una distancia a la costa de 25 kilómetros entre el Golfo de California y

Colombia por lo que podríamos considerar que los avistamientos deben ser de este tipo de estenela. Esto habla bien del modelo a nivel de especie ya que presenta un error por omisión muy bajo, además ubica puntos cercanos a la costa de islas como las Islas Marías donde esta presente la especie.

En la zona sobre la Costa Occidental de Baja California la temperatura normalmente es más baja de los 25° C pero la Corriente de Davison la calienta de manera temporal sin incrementar la salinidad, suceso que proporciona las características físico-químicas que prefiere la especie puede atribuirse la aparición de esta parte en el modelo.

Conforme a Perrin (2001) la variante oceánica se presenta en zonas donde la temperatura tiene variaciones mínimas. Por el contrario los registros obtenidos para este trabajo son primordialmente de Bahía Banderas, Jalisco donde las variaciones de las condiciones oceanográficas son mayores dada su condición de bahía, por lo que seguramente la subespecie que fue observada en su mayor parte debió ser la costera. Esta bahía funciona como cualquier otra, es decir, es un gran vaso reservorio de calor, con entradas de masas de agua por medio de corrientes que se tienen en tres diferentes temporadas, mismas corrientes que afectan toda la zona costera del Pacífico mexicano: la corriente de California de enero a abril, la corriente de Costa Rica de mayo a julio y la contracorriente norecuatorial de agosto a diciembre (De La Lanza Espino, 1991). Además, se tienen diferentes afluentes en la zona por ríos y escorrentías; otros factores que afectan a la bahía son la presencia de islas y su mínima profundidad en diferentes zonas (Wyrski, 1966; Contreras, 1985).

Las condiciones antes descritas se repiten a lo largo de la costa del Pacífico de México, donde la predicción del modelo es muy adecuada y además se valida por avistamientos de la especie en otras zonas no registradas en este trabajo.

Se informa que esta especie normalmente se encuentra dentro de 60 millas náuticas de la costa, lo que debe ser en buena medida por la cercanía de las lagunas costeras y bahías y la disponibilidad de alimento que proporcionan a las áreas adyacentes.

Gran variedad de crustáceos, calamares y peces epipelágicos son las principales presas de la estenela moteada y algunos organismos mesopelágicos. Las investigaciones de Roberston y Chivers (1997) y Baird y colaboradores (2001) indican un alto índice de presas capturadas en la mañana y mencionan que este delfín se alimenta durante la noche, cuando las especies presa migran hacia la superficie, que es el caso de los cefalópodos que registraron. Se conoce el hecho de que existen grandes diferencias temporales y espaciales en la alimentación de esta especie. Existe un uso diferente en hembras preñadas y lactantes, estas últimas aumentan proporcionalmente su ingesta de calamares así como su cantidad absoluta (Perrin y Hohn, 1994).

Por lo anterior sería importante efectuar un modelado para cada subespecie y además diferenciando entre sexos, ya que podría existir una separación de nicho, horizontal y temporal entre hembras y machos.

Por lo que toca a la comparación del modelo contra el mapa E llama la atención que a pesar de la mínima dispersión de los registros usados para modelar, que se concentran en Bahía Banderas, existe una excelente precisión al predecir la ausencia de la especie en la parte del Golfo superior y debajo del cinturón de las grandes islas, así como su presencia en las costas del extremo sur de la Península de Baja California. En el Pacífico lejos de la costa, el modelo sólo tiene pequeños manchones distribuidos en partes muy cercanas a los registros del mapa E y, corriendo junto a la Trinchera Mesoamericana, existe en el mapa E una gran cantidad de registros que acompañan al modelo obtenido. Los registros independientes al presente trabajo (221) el sesenta y tres por ciento tienen su ubicación dentro del modelo generado. Teniendo en cuenta la manera en que se distribuyen los datos para este trabajo se puede afirmar que el GMS tiene una gran capacidad para modelar los nichos de manera que se aproxima mucho a la realidad y solo sería necesario correr de nuevo el programa para esta especie

aumentando los registros con algunos datos fuera de la costa para mejorar la predicción.

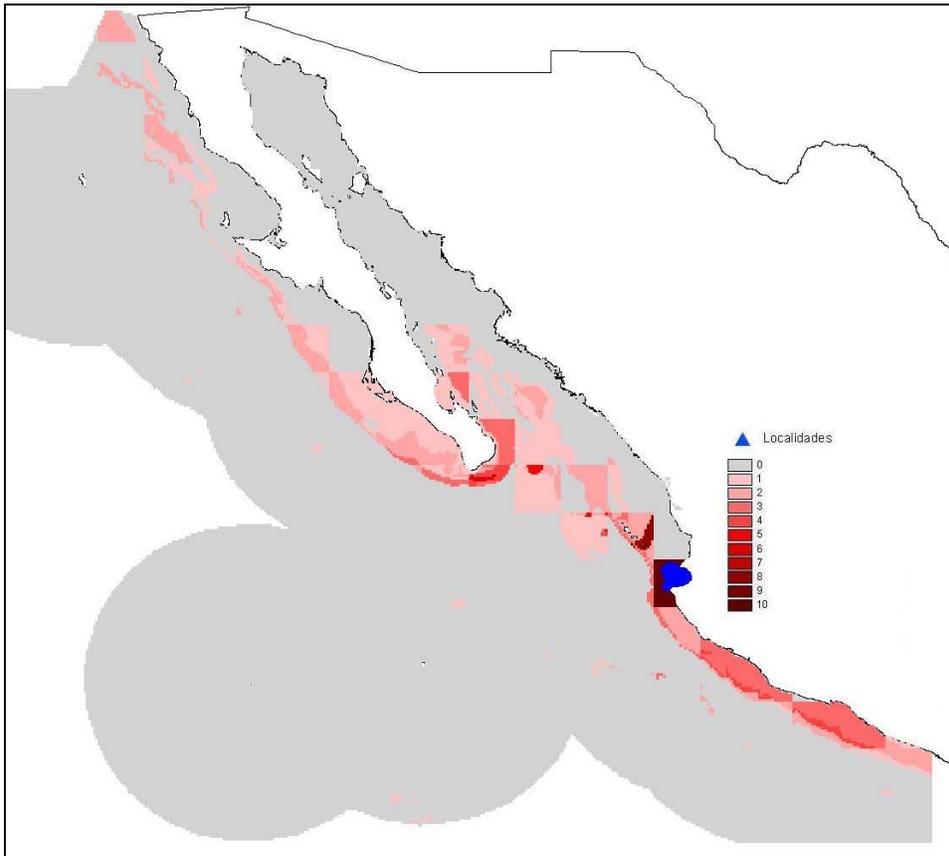


Figura 5. Nicho modelado para *Stenella attenuata* .



Mapa E. Read y colaboradores (2008) http://seamap.env.duke.edu/prod/mapservice/googlemaps/seamap_gm.phtml

Pseudorca crassidens.

A la falsa orca se le observa en todo el mundo (Carwardine, 1995) generalmente en aguas templadas a tropicales en zonas de profundidad considerable y fuera de la costa, también en zonas de mares casi cerrados como el Mediterráneo o el Mar Rojo, en las latitudes 50° N y 50° S, aunque no es muy abundante (Jefferson *et al.*, 1993). La distribución conocida de esta especie se basa principalmente en registros de varamientos así como otros datos. Muchos avistamientos han tenido lugar en aguas tan al norte como Noruega y Alaska (Carwardine, 1995). Los avistamientos registrados en el Pacífico Oriental Tropical son los únicos que ubican a esta especie en lugares oceánicos (Odell y McClune, 1999).

El modelo generado presenta una Chi cuadrada de $\chi^2=7.75$ y una $p=0.0053$ por lo que ~~es moderadamente bueno ya que el 33.3 % de las localidades no caen en el modelo,~~ esto es la omisión fue alta. Ahora bien, la distribución del modelo tiene relación con los hábitos de esta especie, por ejemplo en la costa de la Baja California y dentro del Golfo de California la plataforma continental cae abruptamente (figura 6) existiendo las profundidades preferidas por la especie. Una parte interesante del modelo esta frente a las costas de Jalisco, la mancha se ubica sobre la Trincheras Mesoamericana en la zona más profunda y se dirige al sur terminando aproximadamente en la Fosa de Petatalco.

Eliminado:

Los hábitos alimentarios de la *Pseudorca* que habita en el Estrecho de Magallanes, incluye calamares oceánicos y océano-neríticos, *Martialia hyadesi* e *Illex argentinus* y el pez de hábitos neríticos *Macrurus magellanicus* (Koen-Alonso *et al.*, 1999). Culik (2004) informa que consume principalmente peces y moluscos cefalópodos, pero además en el Pacífico Oriental Tropical se les ha observado atacar a pequeños cetáceos durante lances en la pesquería del atún y registran un ataque a *Megaptera*. Odell y McClune (1999) encontraron diversos peces de tallas grandes como atún aleta amarilla, salmón, bonito, percas, macarelas, dorados (fam. Corphaenidae, arenque y

eperlano (pequeño pez plateado de los mares europeos similar a una trucha) (SEPESCA, 1985; SEPESCA, 1990; Pequeño Larousse Ilustrado, 1980).

Existen movimientos estacionales que se ha sugerido que implican movimientos desde aguas sureñas tibias en invierno a aguas más frías en verano hacia el oeste del pacífico norte, y que pueden estar relacionados con las fluctuaciones en la distribución de sus presas; estos movimientos los podría estar realizando en conjunto con otros grupos de los géneros *Globicephala* y *Grampus*.

A pesar de tener un reducido número de registros en el mapa F dentro del área de estudio (cinco en total) el modelo de GMS coincide al ser comparado, para ser precisos en un 80 por ciento. En los registros del mapa F se ven tres coincidencias, una en las cercanías de Isla Cedros y San Benito donde un modelo de los diez predice presencia del nicho, otra en la Trinchera Mesoamericana con sólo un modelo y la última frente a Nayarit con nueve a diez modelos. En este modelo sería erróneo decir que se tiene la precisión de los anteriores y se considera que es necesario ampliar la base de datos para efectuar de nuevo el modelo.

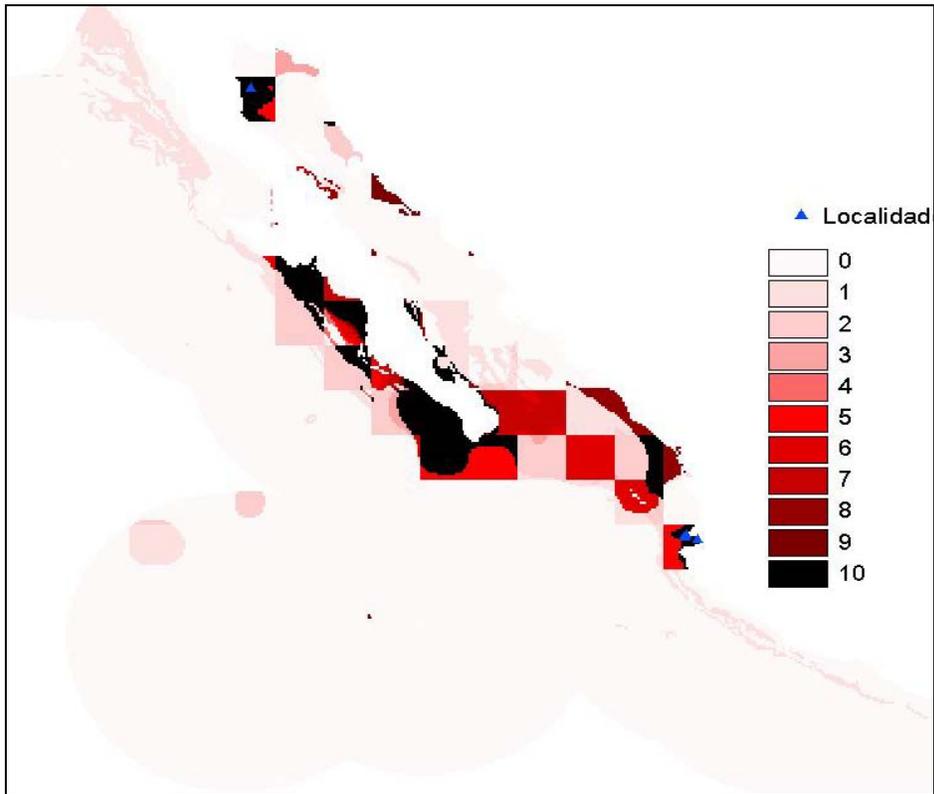
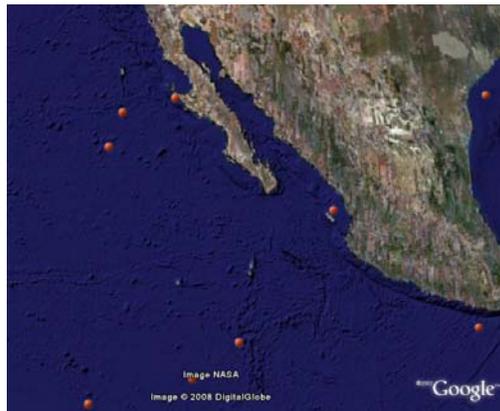


Figura 6. Distribución modelada del nicho de *Pseudorca crassidens*.



Mapa F. Read y colaboradores (2008) http://seamap.env.duke.edu/prod/mapservice/googlemaps/seamap_gm.phtml

Steno bredanensis

Con una distribución poco conocida (Carwardine, 1995) y estimada en la mayoría de la literatura a partir de muy pocos avistamientos y registros de varamientos, se considera que es una especie de aguas tropicales y templado-tibias y profundas. Con una omisión del 0%, Chi cuadrada $\chi^2=38.16$ y una $p<0.0001$ el modelo se muestra como de alta precisión en la predicción y ubica a la especie en zonas con el tipo de aguas que prefiere según la literatura. Son tres los registros usados para generar el modelo y alcanza valores estadísticos muy buenos, además un registro de la especie (Alberto Delgado-Estrella, com. personal.) no usado en el modelo, cae en la zona del Golfo de California donde se predice su nicho.

En la figura 7 se muestra el modelo para el delfín de dientes rugosos, las posibles zonas para su nicho ecológico las vemos cerca de la costa en lugares donde precisamente la plataforma se pierde e inicia el talud continental.

Las investigaciones en el este del Pacífico Norte han mostrado que el delfín de dientes rugosos no es abundante; sin embargo, las investigaciones no han sido exhaustivas en otros puntos por lo que su distribución propuesta en diferentes guías de campo y artículos pudieran dejar áreas vacías o por el contrario tomar algunas en donde no existe. Se le ha registrado en la costa Pacífico de Honshu, en las islas de Hawaii y Baja California Sur, norte del Golfo de México, Virginia, Holanda, Mar Mediterráneo, Golfo de Adén, Mar Árabe, Bahía de Bengala, al este del mar de China, en Brasil, en el este del Atlántico, Nueva Zelanda y al norte de la costa de Chile (Rice, 1998).

Se le ha visto generalmente en aguas de una temperatura aproximada de 25 grados centígrados evitando las corrientes y aguas superficiales y frías (Carwardine, 1995) a una distancia de las costa de 4.4 Km. en profundidades promedio de 506 m (Ritter 2002). Sus inmersiones son a una profundidad máxima de 70 m conforme lo informa Jefferson (2002).

En Hawai se encontraron en los estómagos de animales varados especies costeras de peces, generalmente consumen calamares y peces. El modelo la predice en áreas donde se sabe que el calamar es abundante dentro del Golfo de California. No existen informes de movimientos estacionales en esta especie pero por su hábito a encontrarse en aguas tibias se podría pensar que su presencia en la zona del Golfo de California pudiera estar bajo la influencia de los cambios de temperatura estacionales y que tienda a moverse según las corrientes. El nicho modelado que continúa hacia el sur a los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, lo que no es extraño ya que ahí se encuentran masas de agua con temperaturas cálidas. Las aguas del interior del Golfo de California serían adecuadas en términos de temperatura, en el Golfo superior la profundidad promedia lo registrado para el delfín de dientes rugosos.

El GMS para el delfín de dientes rugosos fue muy adecuado cuando se le comparó con el mapa G; predice ausencia para el norte del Golfo de California y debajo de los cinturones el modelo va aumentando en el número de modelos que predicen presencia del nicho hacia la entrada del Golfo de California de la misma manera que los registros del mapa G están ausentes en el norte y aumentan mucho conforme se acercan al la entrada del Golfo de California, siendo máxima la predicción en las cercanías de San José del Cabo y Los Cabos en Baja California Sur. Para las costa de Jalisco, Colima y Guerrero en toda la extensión de la Zona Económica Exclusiva se predice con dos y hasta diez modelos y se tienen gran cantidad de registros en el mapa G en toda esa zona. Numéricamente los datos independientes coincidieron con el modelo en un 83 por ciento. Definitivamente el GMS para esta especie predice de manera excelente, basando esta afirmación tanto en el análisis estadístico como en esta comparación.

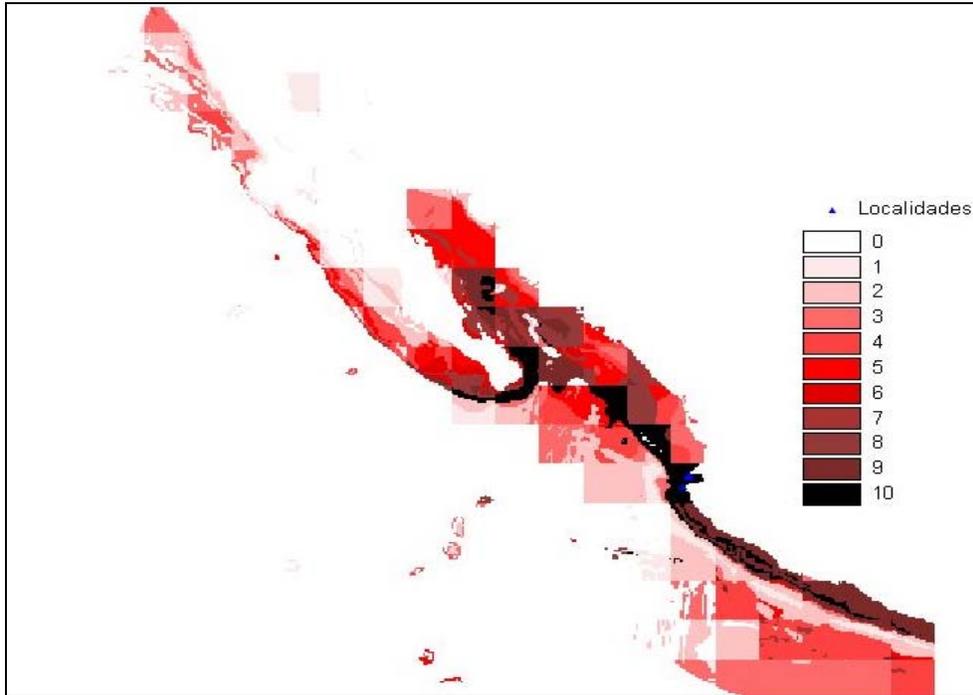


Figura 7. Mapa del modelo para *Steno bredanensis*



Mapa G. Read y colaboradores (2008) http://seamap.env.duke.edu/prod/mapservice/googlemaps/seamap_gm.shtml

Stenella longirostris.

Una de las distribuciones modeladas que corresponde con mayor precisión estadística (omisión 0%, Chi cuadrada $\chi^2=45.08$ y $p<0.0001$) es la del delfín tornillo (figura 8); seguramente al igual que en los modelos de las otras especies el sesgo en los esfuerzos de búsqueda causa que el modelo sea más costero, sin embargo de la misma manera que en otras especies oceánicas el modelo del delfín tornillo encuentra zonas mar adentro que corresponden a lo reportado en literatura (Letherwood *et al.*, 1988; Jefferson, 1993). Algunas de estas zonas modeladas son alrededor de islas y bancos en donde normalmente se le ve al delfín tornillo. Se debe resaltar que en el Pacífico oeste y este central y en el Atlántico tropical hacia los 145° W y en el Índico se le encuentra alrededor de las islas oceánicas.

Respecto de lo anterior Leatherwood y sus colaboradores (1988) proponen que una causa para su distribución es que en el Pacífico Oriental Tropical encontramos una capa angosta de mezcla y una termoclina difusa junto con otra capa delgada de oxígeno disuelto en mínima concentración y que estas condiciones son propias de un habitat poco profundo que se puede encontrar alrededor de islas y bancos.

Este delfín tiende en mar abierto a formar grandes grupos de varias centenas de individuos y se ha propuesto que quizá estos grupos le sirvan como grupos de refugio de manera similar a las zonas que ocupa en bahías y zonas bajas durante sus periodos diurnos de descanso. Una zona oceánica donde se pudiera dar esto es la correspondiente a donde están los Montes de los Matemáticos en los que la profundidad decrece significativamente y se observa en la parte baja de la zona económica exclusiva al sur de las Revillagigedo.

Mediante el examen de fotografías aéreas en el Pacífico Oriental Tropical se proponen tres diferentes morfotipos (Perryman y Westlake, 1998), basados en la examinación de

las longitudes de estos animales. Una de estas formas posee una longitud intermedia respecto de las otras dos que corresponden a subespecies que se presentan en el este y en América central. La especie de nuestro interés es llamada por los autores como “delfín de Spinner de Tres Marías”, registrada a lo largo del límite de la plataforma continental al norte de Cabo Corrientes. Existe la posibilidad que el modelo este reflejando la distribución del nicho para este tipo o forma de delfín tornillo, ya que los registros usados son únicamente de Bahía Banderas.

Gran cantidad de subespecies y poblaciones aparentemente aisladas de *Stenella longirostris* se mencionan actualmente en la literatura con diversos hábitos en su ambientes preferidos y alimentación; se le asocia a islas, bancos y a aguas cercanas a la costa principalmente en aguas tropicales. Después de caracterizar el habitat de diferentes cetáceos en la talud continental en el Golfo de México, se encontró que *Stenella longirostris* usaba zonas de profundidad intermedia, donde estaba su distribución compaginada con la de especies pelágicas y costeras exclusivamente (Davis *et al.*, 1998).

Este modelo corresponde con el mapa H en la zona del la punta de Baja California Sur, la entrada del Golfo de California y en las costas y mar abierto frente de Jalisco, Colima y Guerrero, en donde hacia el sur aumenta la probabilidad de encontrar el nicho, según el modelo, y el mapa H presenta la mayor parte de los avistamientos. En la costa occidental de la Península de Baja California predice la presencia pero no se tienen registros de la especie ahí. Autores como Leatherwood y colaboradores (1988) señalan el límite de su distribución hasta antes de la bahía Sebastian Vizcaino. En frente a Jalisco, mar adentro, no predice presencia salvo en las cercanías de las islas. Con solo 13 avistamientos independientes se tiene un setenta y seis por ciento de ellos dentro del modelo.

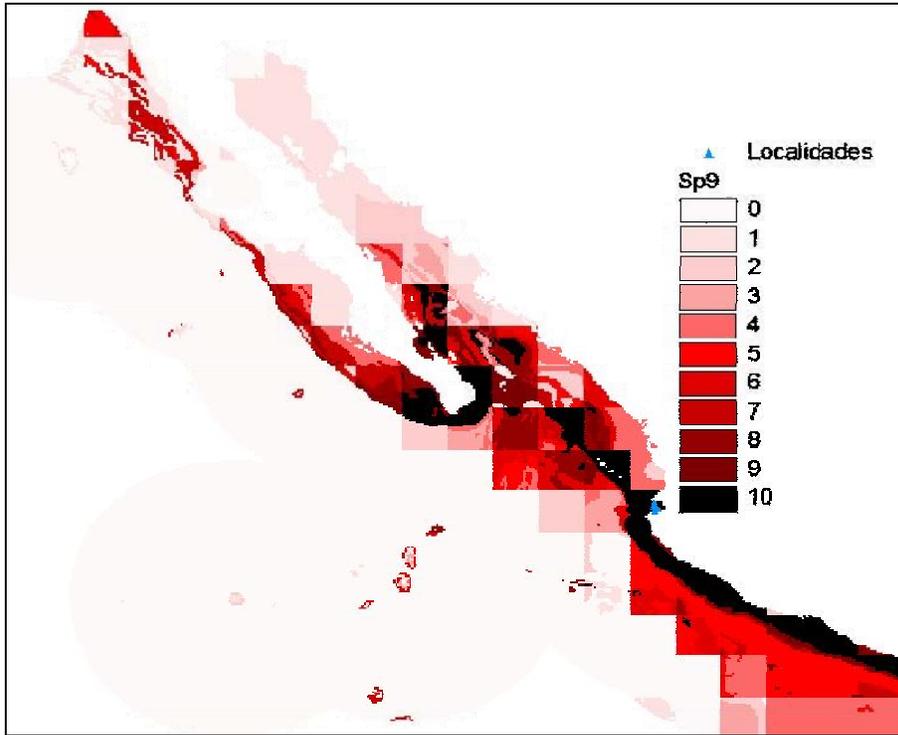


Figura 8. Mapa para *Stenella longirostris* .



Mapa H. Read y colaboradores (2008) http://seamap.env.duke.edu/prod/mapservice/googlemaps/seamap_gm.phtml

Ziphius cavirostris.

El modelo para este zifido es estadísticamente muy preciso con un error bajo por omisión (12.5%), Chi cuadrada de $\chi^2 = 24.08$ y alta significancia ($p < 0.0001$). Una de las familias menos conocidas es la Ziphiidae, entre ellos el zifio de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) es de las más avistadas en el Pacífico Oriental Tropical. Conforme a Jefferson *et al.* (1993) y Heyning (1989) se distribuye en todas las aguas templadas y tropicales y por la abundancia de sus avistamientos y registro de varamientos se piensa que puede ser el más abundante de los zifios.

Este zifido parece preferir aguas profundas lo que ligeramente confirma el modelo, distinguiendo zonas lejos de la costa y costeras profundas (figura 9). Se le ubica principalmente en lugares con más de 1000 m de profundidad y probablemente en la isoterma de 10°C (Heyning, 1989; Houston, 1991), cerca de islas oceánicas. Es extraño encontrar al ziphiio de Cuvier cerca de las costas a menos que sea un lugar con plataforma continental pequeña y su talud llegue a gran profundidad.

En las aguas profundas este ziphido se alimenta de calamares y peces de gran profundidad y crustáceos (Jefferson *et al.*, 1993). Diferentes datos indican, sin embargo, que puede ser una especie oportunista, ya que de una región a otra puede cambiar la predominancia de presas entre organismos del bentos de aguas profundas y mesopelágicos (Heyning, 1989).

En la entrada del Golfo de California o en términos topográficos la llamada Provincia Sur del golfo se tiene una zona marcada en el modelo como de alta probabilidad (negra) ya que los diez modelos ubican el nicho para este zifido; en este sitio existen grandes profundidades con más de 2500 m, al igual que frente a la costa de Sinaloa y Jalisco existen tres cuencas con un máximo de más de 3600 m de profundidad y yendo totalmente al sur en la cuenca donde se encuentran las Islas Marías se tienen más de

4000 metros. Finalmente el modelo sigue la Trinchera Mesoamericana y los bancos que tiene enfrente siguiendo hacia el sur. El modelo generado para el Zifio de Cuvier, con tan solo dos registros en una misma zona, no representa las áreas de distribución que proponen algunos autores como por ejemplo Jefferson y colaboradores en 1993. Ellos marcan que se le encuentra aproximadamente desde la latitud 60° N y hasta la 40° S. Se considera que si bien el área formada por el modelo es estrecha a una escala mundial, para la zona que contempla el estudio muestra de manera adecuada los lugares donde este zifio puede ser avistado, ya que ahí existen las condiciones necesarias para su presencia.

El modelo tiene buena relación con los registros del mapa I en la zona que va de la parte media del Golfo de California hasta la entrada del mismo; para la parte que corre por la Trinchera Mesoamericana solo existe un registro hasta el Golfo de Tehuantepec que en el mapa I no se muestra. Del resto de los registros en el Pacífico, dos frente a los estados de Jalisco y Colima están en dos pequeñas zonas que marcan con diez modelos prediciendo la presencia del nicho. Respecto de la proporción de los registros independientes se tiene que de cuarenta y tres registros en total, el noventa y tres por ciento esta dentro del modelo. Así se puede considerar este modelo como de buena precisión con base a los argumentos estadísticos y la comparación con los registros de Read y colaboradores (2008).

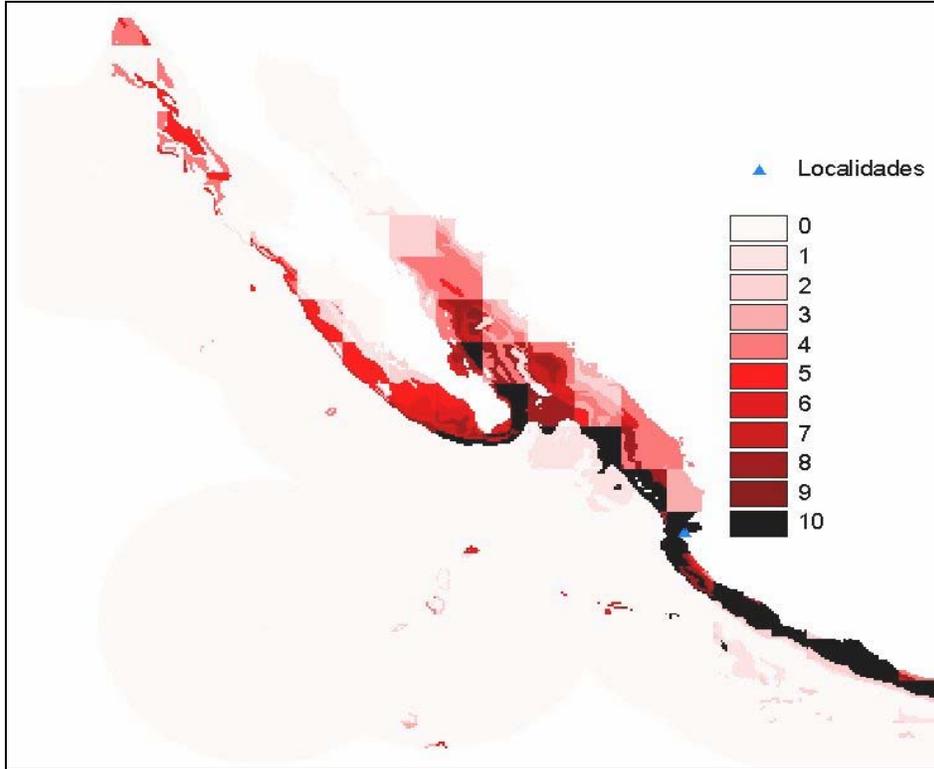


Figura 9. Mapa de la especie *Ziphius cavirostris*.



Mapa I. Read y colaboradores (2008) http://seamap.env.duke.edu/prod/mapservice/googlemaps/seamap_gm.phtml

Mesoplodon spp.

En el Pacífico Oriental Tropical frente a México parece existir una especie de *Mesoplodon* no identificado aún y que es irregularmente avistado. La especie *Mesoplodon spp.* aquí registrada pudiera ser la misma, pero sería muy aventurado decir que este modelo (figura 10) se acerca a la realidad. Sin embargo, a la luz de los resultados de la prueba estadística (omisión 0%, Chi cuadrada $\chi^2 = 6.44$ y $p=0.01$) se puede decir que el modelo es moderadamente preciso; además las características oceanográficas de la zona corresponden a algunas de las necesidades para los mesoplodones que de la literatura podemos comparar (Mead, J. G., 1991). Por no tener definida la especie no se tienen registros independientes.

Pitman *et al.* (1987) discuten sobre la distribución y características de un *Mesoplodon* avistado en el Pacífico Oriental Tropical al que llaman *Mesoplodon* especie A y se propone que se trate de la especie *Mesoplodon peruvianus* que se le registra en las aguas del Pacífico Este desde el norte de la costa de Chile hasta la costa de Baja California en México.

La zona donde se encuentra el modelo es muy afectada por las corrientes ya conocidas de California, Costa Rica y la norecuatorial. Con las implicaciones de la gran productividad pesquera para la zona y por tanto gran variedad de presas, muy posiblemente, el zifio de Cuvier tiene hábitos similares a otros mesoplodones, comiendo pequeñas presas de peces o moluscos cefalópodos de 1 Kg o más de masa. Esto sugiere que debe existir un espacio entre los nichos de estos géneros permitiendo su coexistencia en las mismas áreas y en la misma profundidad dado que Waring y sus colaboradores en el 2001 encuentran que los mesoplodones y el zifio de Cuvier presentan un patrón en el que prefieren aguas frías y profundas en los taludes y el patrón de seguir las grandes profundidades se repite con el modelo yendo sobre la Trincherá Mesoamericana y la cuenca que rodea las Islas Marías con profundidades

superiores a los 4000 m. Se considera que esta coincidencia entre el modelo y lo reportado (Waring, 2001) da apoyo a la buena capacidad de predicción del GMS a pesar de la pequeña área generada.

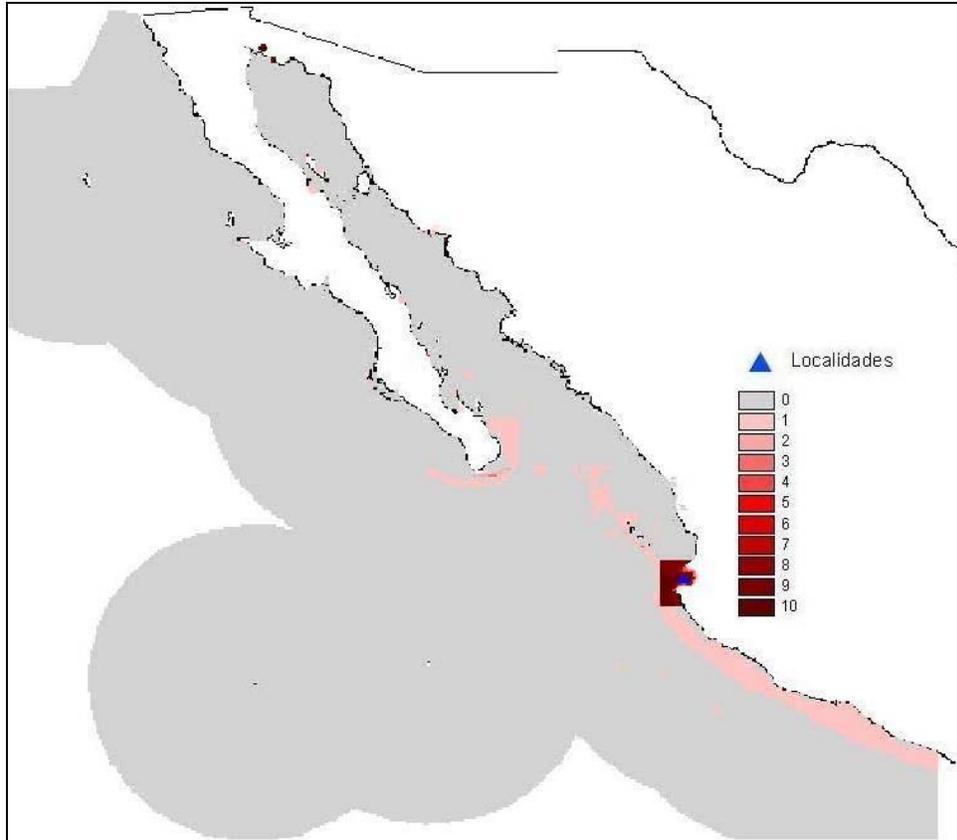


Figura 10. Mapa para *Mesoplodon* spp.

Balaenoptera edeni

Los misticetos son los cetáceos más conspicuos por su tamaño, y el caso de la ballena de Bryde (*Balaenoptera edeni*) es particular. Durante mucho tiempo los registros de esta ballena se confundieron con otras ballenas de aleta, por lo que demasiados registros de esta se perdían confundiéndose con otras especies (Jefferson *et al.*, 1993)

De su distribución se sabe que están en aguas tropicales y subtropicales y que no rebasan los 40° al norte y sur; comúnmente están cerca de las costas. En el Golfo de California existe una población residente (Jefferson *et al.*, 1993). El modelo generado para esta especie (figura 11) con un error de omisión de 0%, Chi cuadrada de $\chi^2 = 37.13$ y $p < 0.0001$ es muy alto en su precisión estadística y corresponde muy bien para las características conocidas de este animal y donde se le ha visto.

Su alimentación se basa principalmente en crustáceos planctónicos de la especie *Pleuroncodes planipes* (red crab) en las afueras de las costas de California y en las costas del Pacífico de la Baja California. Estos crustáceos son abundantes y sus afloramientos están muy en relación con el fenómeno del El Niño; también consume anchovetas quizá del género *Engraulis*. En el sur de África y en Japón, la ballena de Bryde se alimenta con cardúmenes de pequeños peces en las cercanías de la costa y lejos de ella lo hace con krill y peces mesopelágicos (Leatherwood *et al.*, 1988).

El modelo muestra regiones muy características como las que están en la zona de Fractura Tamayo y la Fosa de Pescadero en la entrada del Golfo de California. Las dos regiones hacia el este de la punta de la península en el borde de la zona económica exclusiva no están relacionadas a ninguna formación geológica o a pequeñas o grandes profundidades, más bien existe relación de estas zonas con puntos de productividad alta, temperatura superficial y las demás variables.

La región modelada encierra todo el área correspondiente al Golfo de California, inclusive delinea la parte exterior del mismo entre los Cabos Corrientes y San Lucas casi con precisión, enfatizando el hecho ya conocido de las características favorables que posee el Golfo de California para gran variedad de seres vivos.

Este modelo también tiene correspondencia con los registros del mapa J que se muestra, ya que todos los registros corren junto a las costas de Baja California, Baja California Sur (en la costa Pacífica también), Sonora y Sinaloa. Los registros que se encuentran en el límite de la Zona Económica Exclusiva están en las coordenadas de las dos manchas del modelo arriba de las Islas Revillagigedo. Otros registros del mapa J también están en las zonas predichas por el modelo como en la Trinchera Mesoamericana y en la Microplaca de Rivera. La mayor parte de estas zonas del modelo predicen hasta con diez modelos la presencia del nicho, el ochenta y cuatro por ciento de los datos independientes caen el área definida por el modelo. El modelo aquí presentado es indudablemente una excelente predicción de la distribución del nicho para esta ballena.

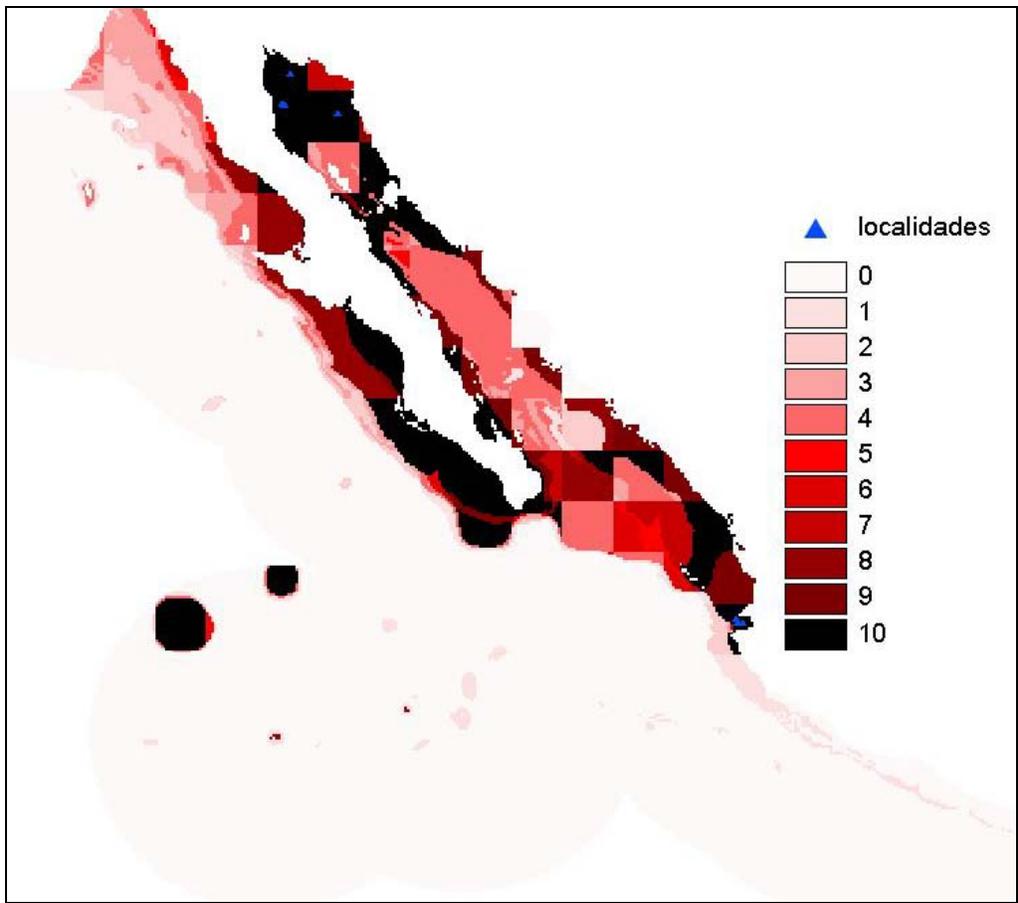
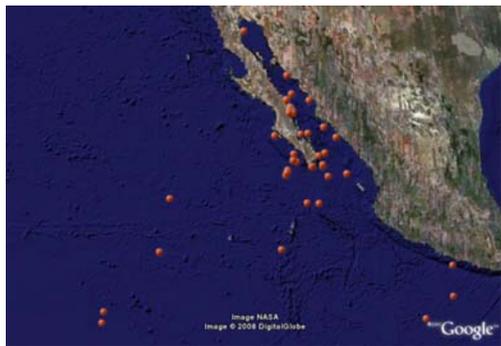


Figura 11. Mapa para *Balaenoptera edeni*



Mapa J. Read y colaboradores (2008) http://seamap.env.duke.edu/prod/mapservice/googlemaps/seamap_gm.phtml

Kogia sima

Una de las especies menos conocidas de odontocetos es el cachalote enano. Básicamente se le conoce por sus varamientos y avistamientos que lo colocan en aguas templadas y tropicales lejos de las costas. Se sabe que se alimentan de cefalópodos de aguas profundas. El modelo (figura 12) ubica su distribución con mayor posibilidad en zonas con estas características, frente de las costas de Jalisco, Guerrero y donde la profundidad es de consideración y en la boca del Golfo de California. Con la mínima información que se tiene de la especie se infiere que la especie normalmente es vista en la plataforma continental y su talud en costas de aguas templadas en todo el mundo (Rice, 1998).

El nicho modelado (omisión 0%, Chi cuadrada $\chi^2 = 8.84$, $p=0.002$) tiene una validez estadística considerable, es preciso. El modelo esta en donde se distribuyen especies de calamar del genero *Loligo*, que son capturados a lo largo de la costa de Sinaloa, Nayarit, Jalisco y algo más al sur (Atlas de México, 1992). Aquí encontramos las cuencas y fosas profundas de la entrada del Golfo de California con más de 4000 metros en la depresión de las tres Marías; también están las partes escarpadas de la costa de extremo sur de la península, más al norte esta la Cuenca del Carmen también la de Pescadero.

Toda la zona del modelo esta dominada por la combinación de las masas de aguas tropicales y templadas, además de las propias del Golfo de California; es una parte compleja de corrientes en donde coinciden faunas del interior y del exterior del golfo.

Los registros que se usaron para este modelo son solo dos y aún así el modelo y los registros del mapa K coinciden mucho en la parte media, inferior y entrada del Golfo de California, así como frente a las costas de Jalisco, Colima y Guerrero. Hacia el norte de la costa del Pacífico de la Península de Baja California los registros indican que no existe esta especie y el modelo predice la presencia del nicho, por lo que existe la

posibilidad de que el modelo presente un área sobrepredicha para esa zona, por lo demás el modelo es muy preciso. La comparación se realizó contra 90 datos independientes de Read y colaboradores (2008) de los que el 90% están dentro del modelo del nicho.

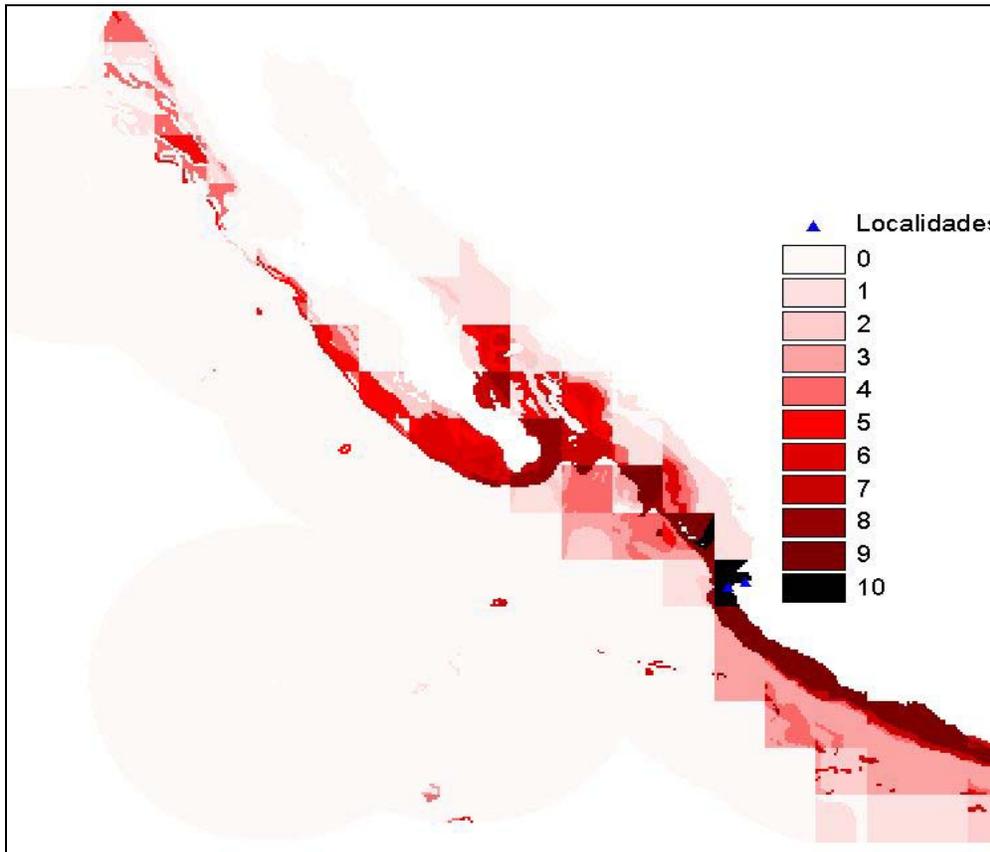


Figura 12. Modelo de *Kogia sima*.



Mapa K. Read y colaboradores (2008) http://seamap.env.duke.edu/prod/mapservice/googlemaps/seamap_gm.phtml

Balaenoptera physalus

El nicho modelado para la ballena de aleta (figura 13) muestra uno de los modelos más adecuados a la realidad (omisión 0%, Chi cuadrada $\chi^2 = 175.25$, $p=0.0001$), ya que la ballena de aleta tiene una población residente en la zona que se marca más oscura en el mapa y donde tiene con mayor probabilidad su nicho más óptimo.

La alimentación de la ballenas de aleta en el Mediterráneo se basa primordialmente en el krill, y el ambiente de ese mar puede ser comparado con el Golfo de California ya que ambos son sistemas semicerrados. Se sabe que en el Mediterráneo también se alimenta de pequeños peces como arenques *Clupea arengus* y *Mollosus villosus*, así como las anchovetas *Engraulis encrasicolus* y *Ammodytes spp.* En el mismo trabajo se expone el hecho de que estas ballenas explotan los peces pequeños sólo cuando no hay crustáceos, esto es, krill disponible (Notarbartolo *et al.*, 2003).

Además consume en otras zonas invertebrados como: *Euphaushia crystallorophias*, *E. vallentini*, *E. pacifica*, *E. superba*, *Thysanoessa spinifera*, *T. longipes*, *T. macrura*, *T. raschii*, *T. inermis*, *Calanus cristatus*, *Calanus plumchrus*, *Calanus finmarchius* y *Meganyctiphanes norvegica*. Otros peces: *Sardinella melanosticta*, *Theragra chalcogramma*, *Mallotus villosus*, *Ammodytes americanus*, *Ammodytes dubius* y *Engraulis mordax*. Finalmente también se ha encontrado en sus estómagos al cefalópodo *Nototodarus sloani*. El género *Engraulis* es abundante en las costas del Golfo de California y en la costa occidental de la península, así que ahí existe el alimento necesario, así también encontramos *Sardinilla* y otros géneros consumidos por la ballena de aleta.

Conforme lo que describen Nortarbartolo y sus colaboradores en el 2003 las ballenas de aleta en el Mediterráneo generalmente prefieren zonas profundas llegando en ocasiones a la costa y, bajo cambios ambientales, en algunas temporadas observaron en la ballena de aleta fuertes tendencias a estar en zonas costeras en diferentes lugares del Mediterráneo. Refieren para otros trabajos que a las ballenas de aleta

siempre se les encontró en aguas con un promedio de 2248 m de profundidad y en solo dos ocasiones en una profundidad de menos de 1000 metros; así, hablan de una variedad de profundidades, aun cuando en la mayoría de las ocasiones se les ve en áreas de gran profundidad, en su propio esfuerzo de búsqueda en el mediterráneo central las avistaron en un intervalo de 25 a 2500 m lo que sugiere una variedad de ambientes para la especie en el Mar Mediterráneo, además de los cambios oceanográficos que el Mediterráneo esta experimentando y que modifican la distribución de la especie en ese lugar.

Investigaciones en otros lugares del mundo han mostrado que las ballenas de aleta aparecen en ambientes caracterizados principalmente por las altas densidades de las especies que son sus presas y por las condiciones físicas del ambiente que facilitan su acumulación, independientemente de la profundidad (Seargeant, 1977; Woodley y Gaskin, 1996 en Notarbartolo *et al.*, 2003). Estas condiciones favorables de alta productividad y por tanto de disponibilidad de alimento las ubican en regiones neríticas como las de la costa noreste de los Estados Unidos y Canadá donde las ballenas de aleta son avistadas en la plataforma continental y los estuarios como los de Saint Lawrence (Seargeant, 1977; Ray *et al.*, 1978 en Notarbartolo *et al.*; 2003).

Zonas típicas para esto son las que presentan mezclas de masas de aguas propias para una buena productividad, donde la topografía del suelo marino así lo causa, como es en el interior del Golfo de California, en el que las masa de agua chocan contra las altas paredes del la zona continental y de la península de Baja California provocando las surgencias.

Durante el verano de 1991 Forcada y sus colaboradores (1996) en Notarbartolo *et al.*, 2003 condujeron un esfuerzo de búsqueda en el Mediterráneo que les mostró una fuerte correlación entre las ubicaciones de las surgencias y mayor número de avistamientos contrariamente a lo que sucedía con el promedio de la temperatura superficial del mar.

La zona para el nicho modelado tiene profundidades de entre 548 m entre Salsipuedes y Guaymas hasta 1625 m en la Cuenca de Guaymas en la Provincia central y en la sur alcanza los 2550 m de profundidad. La población de esta ballena esta en la parte más ancha del golfo en donde tiene las cuencas del Carmen, Farallón y Pescadero; las corrientes no son bien conocidas ahí pero se asume que el viento controla los principales movimientos superficiales con una corriente hacia el sur intensa, y donde la salinidad es alta y sin grandes modificaciones (De la Lanza Espino, 1991); junto con estas características abióticas y la presencia de peces que se sabe comúnmente consume esta especie en otros lugares se explica lo específico del modelo para esta población residente de ballena de aleta. Por otra parte es de llamar la atención que siendo los avistamientos usados para este modelo de zonas al norte del Golfo de California, el proceso en la generación del modelo haya llevado a tener el modelo precisamente en donde las ballenas de aleta son avistadas comúnmente; para los marinos que transitan esa zona es normal ver los grupos de más de cincuenta ballenas en esa zona (com. pers.) y en lo particular en cada campaña que participe tuvo la oportunidad de avistarlas e identificarlas en esa área. Diferentes investigaciones avalan el hecho de que esta población es residente dentro del Golfo de California y que mantiene poco o ningún contacto con poblaciones externas (Bérubé *et al.*, 2002). Esto y la validez estadística hace del modelo para la ballena de aleta uno de los modelos más confiables.

Los registros del mapa L indican que no existe la ballena de aleta en las costas al sur de Sinaloa y en Nayarit; el resto del modelo corresponde satisfactoriamente con los registros del mapa L. El cien por ciento de los datos independientes están dentro del área del modelo.

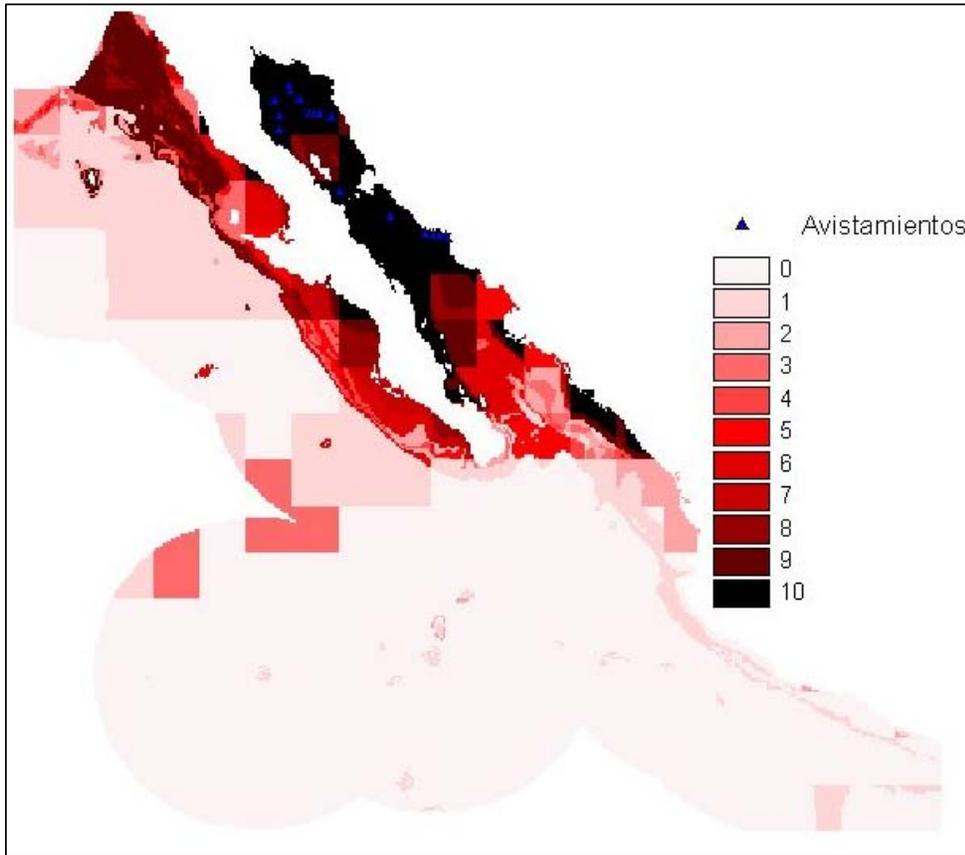


Figura 13. Modelo de la especie *Balaenoptera physalus*.



Mapa L. Read y colaboradores (2008) http://seamap.env.duke.edu/prod/mapservice/googlemaps/seamap_gm.phtml

Physeter catodon.

El cachalote (*Physeter catodon*) es un cetáceo capaz de sumergirse a grandes profundidades y permanecer ahí por más de una hora. En este modelo (omisión 0%, Chi cuadrada $\chi^2 = 15.16$, $p < 0.0001$) se le ubica un nicho precisamente en zonas profundas en la parte media y al sur del Golfo de California. El modelo describe de manera muy aproximada sus tendencias (figura 14). Al cachalote se le reporta en las cercanías de las áreas de hielo en los polos para el Atlántico, Pacífico, Índico y Ártico, sin embargo, es más común en zonas oceánicas cercanas a los cañones marinos en latitudes templadas y tropicales. Puede bajar a profundidades de más de 3200 m.

Los cachalotes habitan donde existen pulpos, peces de aguas profundas y calamares, alimentándose de estos, principalmente de *Mesonychoteutis hamiltoni* y de *Architeuthis dux* de los que es el principal depredador, lo que ocurre en aguas de más de 1000 m de profundidad y con surgencias por masas de aguas frías. Pauly y sus colaboradores (1998) establecen el nivel trófico de diferentes especies de mamíferos marinos, ubicando al cachalote en el nivel más alto conforme la literatura, pero en su estudio mediante isótopos lo ubican en un nivel por debajo de otros delfines como *Lagenorhynchus albirostris*, *Delphinus delphis* y *Delphinapterus leucas*.

De cualquier manera como todos los delfines el cachalote es un depredador cuyas presas deben de ser lo más importante dentro de las características para definir su nicho y como estas van a ser localizadas en profundidades mayores a los 1000 m la batimetría es importante. Las zonas marcadas en el mapa son de las más profundas en el Golfo de California, en particular Canal de Ballenas y junto a la isla Espíritu Santo; ahí se conoce la distribución de una de sus principales presas, el calamar gigante, que solo puede ser encontrado en la zona abisal. Otra característica más para el ambiente del cachalote son los taludes continentales de corte abrupto donde la productividad es alta por las corrientes de surgencia. Esta situación es común en el Golfo de California en la zona debajo de las islas y frente a la costa peninsular. Aun cuando el área predicha por el modelo es pequeña, refleja muy bien lo que según la literatura es un

ambiente favorable para el cachalote, siendo este un excelente modelo de la distribución de su nicho en aguas del Golfo de California; sin embargo falla para la zona del Pacífico.

Al comparar el modelo contra los registros de Read y colaboradores (2008) en el mapa M se tiene que de 63 datos independientes el treinta y tres por ciento están dentro del modelo. Estos datos se encuentran en el interior del Golfo de California; el resto son registros oceánicos.

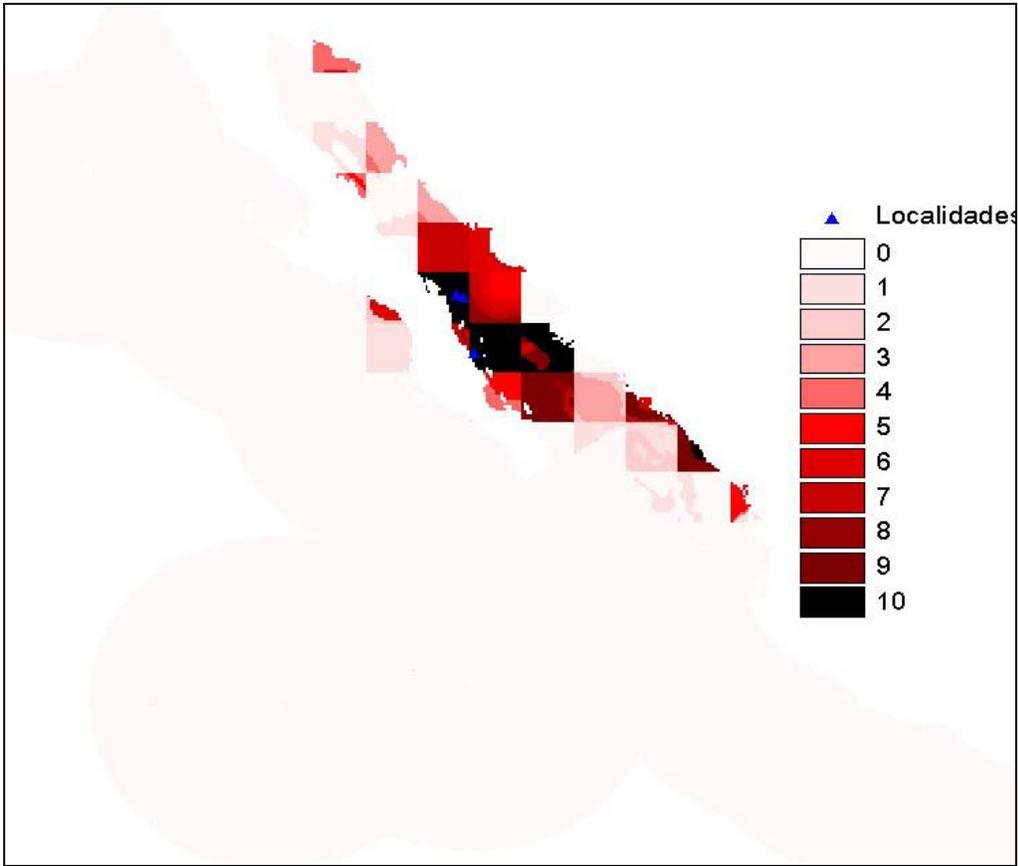
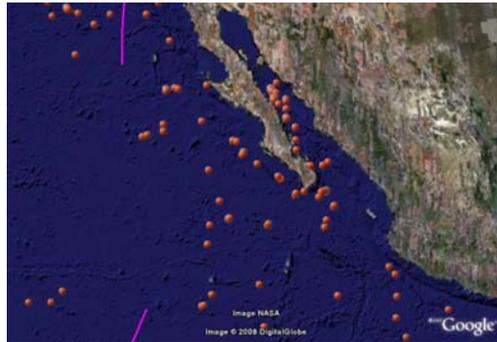


Figura 14. Modelo de nicho para *Physeter catodon*.



Mapa M. Read y colaboradores (2008) http://seamap.env.duke.edu/prod/mapservice/googlemaps/seamap_gm.shtml

***Balaenoptera acutorostrata*.**

El intervalo modelado para la ballena Minke (*Balaenoptera acutorostrata*) (figura 15) corresponde de manera moderada a la realidad como lo indica la prueba de Chi cuadrada aplicada (omisión 0%, Chi cuadrada $\chi^2 = 5.58$, $p=0.01$) ya que es una especie preferentemente vista en la costa y fuera de ella. En el modelo esta limitado por la isobata de los 2500 m aproximadamente en la parte de la costa occidental de la península. Se considera que son raras en áreas como el Pacífico Oriental Tropical.

En un estudio llevado al cabo en el Pacífico Norte Tamura y Fujise (2000), encuentran que la ballena Minke en esas zonas consume krill del que se tuvieron cuatro especies, una de un copépodo y tres eufásidos: *Euphasia pacifica*, *Thisanuessa inermes*, *T. inspinata* y *T. longipes*. El calamar *Todarodes pacificus* y peces: *Cololabis saira*, *Engraulis japonicus* (anchoa) *Sardinops melanostictus* (sardina), *Theragra chalcogramma* (abadejo), *Brama japonica*, *Scomber japonicus* (macarela), *Onchorhynchus gorbusha* (salmon rosa), *O. kisutch*, *Anothopterus pharao*, *Ammodytes hexapterus* también son sus presas. Asimismo, distinguen en la ballena Minke la capacidad para consumir de manera específica una presa ya que encontraron un 94 % de los estómagos de esta ballena llenos con una sola especie.

Los porcentajes de las especies que encontraron en los estómagos de estas ballenas estaban en relación a su abundancia y distribución; y la cantidad en que fueron capturadas por las flotas japonesas correspondía al mismo patrón (Tamura y Fujise, 2000). Esta estrategia de forrajeo en la que depreda sobre cardúmenes específicos y donde son abundantes temporal y espacialmente indica un buen conocimiento de sus habitats y del uso del recurso.

Las asociaciones entre mamíferos marinos y otros seres vivos han sido estudiadas tiempo atrás. En un estudio realizado en Escocia, Robinson y Tetley (2007) encuentran una relación estrecha entre las actividades de alimentación de la ballena Minke y la presencia de diversas aves, proponiendo estudios que correlacionen esto con la distribución y abundancia de las presas.

Por otro lado los registros que se muestran en el mapa N en el Pacífico al norte de la Costa occidental de la Península de Baja California coinciden muy bien con el modelo, así como también los que están frente a esa misma costa y el registro dentro del Alto Golfo de California. El modelo tiene buena predictibilidad en términos estadísticos y con la validación del noventa y nueve por ciento de los registros del mapa N.

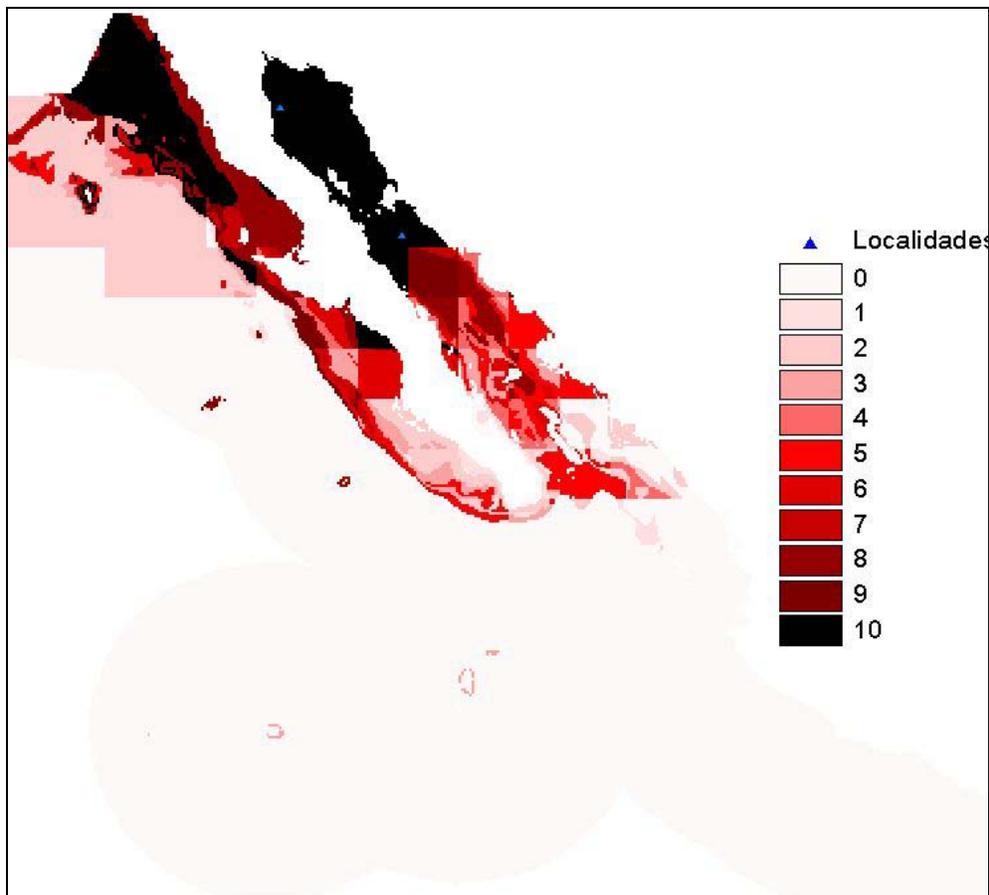


Figura 15. Distribución del nicho de *Balaenoptera acutorostrata*.



Mapa N Read y colaboradores (2008) http://seamap.env.duke.edu/prod/mapservice/googlemaps/seamap_gm.phtml

***Phocoena sinus*.**

La especie más interesante por los resultados de su modelo que es altamente predictivo (Omisión 0%, Chi cuadrada $\chi^2=9.48$ y $p=0.002$) resulto ser *Phocoena sinus*, la vaquita, ya que presenta dos zonas de alta probabilidad de registrar su nicho ecológico (Figura 16), una dentro de su intervalo de distribución histórica y otra en la zona norte de la costa de Baja California, cercana a la zona sur de California cerca a punta Concepción, donde se puede encontrar a *Phocoena phocoena*, una de las especies más cercana geográfica y evolutivamente a la vaquita conforme Barnes (1985) relación que se rechaza en estudios posteriores (Fajardo-Mellor *et al.* 2006, que es un estudio morfológico y en Rosel *et al.*, 1995 que es un estudio genético en Fajardo-Mellor *et al.* 2006) quedando filogenética y biogeográficamente relacionadas únicamente *P. sinus* y *P. spinipinnis*. La vaquita y la marsopa de bahía están separadas geográficamente por la península y geológicamente por los diferentes periodos de glaciación y pos-glaciación que probablemente dejaron una población relicto del ancestro común de la vaquita encerrada en el alto Golfo de California (Norris y McFarland, 1958) .

Es clara la zona en donde disminuye la proporción de áreas de mejor condición para la distribución de la vaquita hacia el sur de la península de Baja California; los registros históricos de diferentes autores han sido rechazados en la actualidad bajo diferentes argumentos que impugnan su validez. Sin embargo es de llamar la atención que el modelo generado consigne esas áreas abajo del cinturón de grandes islas del Golfo de California, en las que de diez a no menos de tres de los modelos predicen un nicho favorable. De esta especie no se tiene con registros en la base de datos del trabajo de Read *et al.*, 2008.

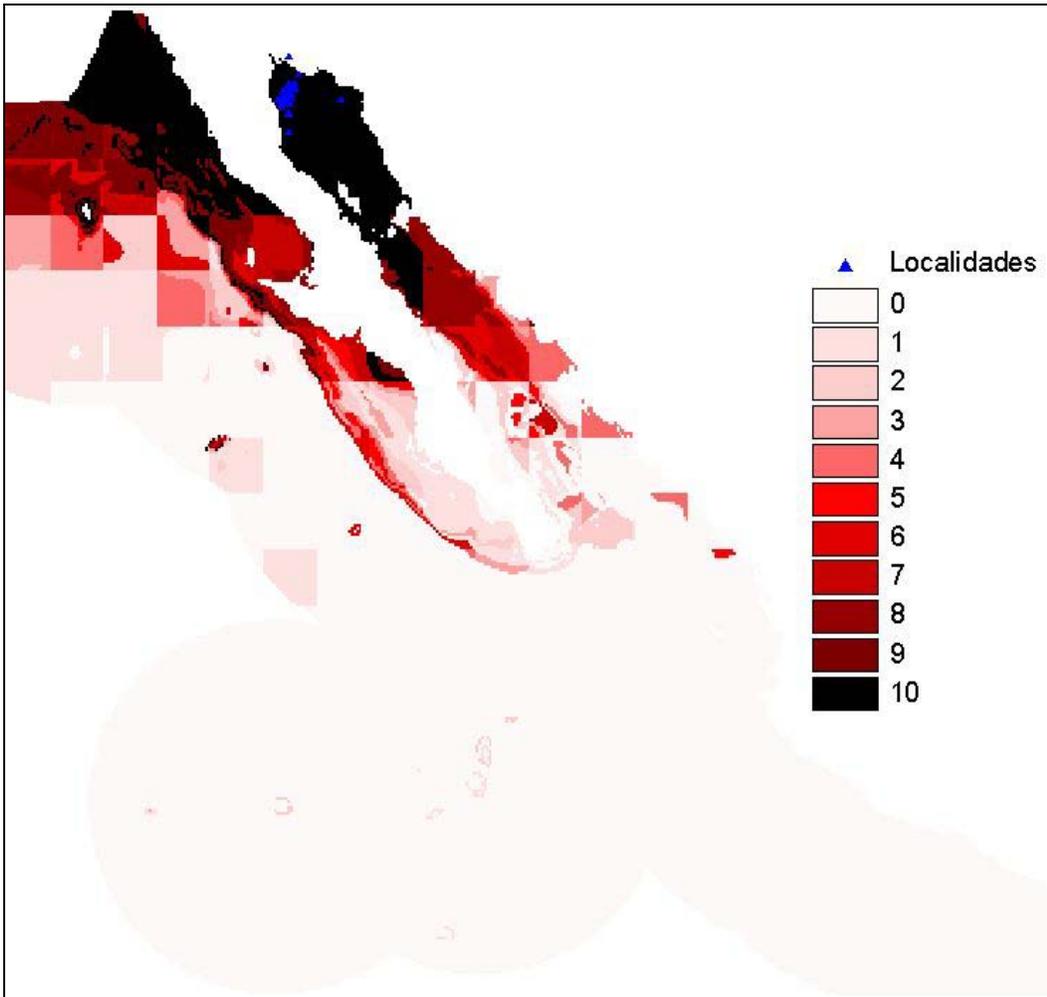


Figura 16. Mapa de nicho para *Phocoena sinus*.

Orcinus orca.

Es una especie que se ha observado cerca de las zonas donde su alimento está disponible, como son las escolleras donde se agrupan lobos marinos, focas y elefante marinos. Los resultados de la prueba estadística indican un modelo con alta probabilidad de predicción (omisión 0%, Chi cuadrada $\chi^2 = 12.84$, $p=0.0003$). Este modelo (figura 17) deja ver zonas donde en la base de datos no se tiene registrada, pero en donde si se le ha avistado, como frente de la Bahía de la Paz o en Los Cabos, Baja California y dentro del Golfo de California de donde es bien conocida, validando el modelo de manera muy eficiente dado el escaso numero de registros.

Dado que se le puede considerar como una de las especies más cosmopolitas de mamíferos marinos, la orca está ampliamente distribuida en el Pacífico Nororiental, desde el sur del Mar de Chukchi al ecuador. Se les ve principalmente en aguas profundas pero no es raro verlas dentro de bahías, estuarios y lagunas costeras.

Se puede pensar que los datos que arroja el modelo no sean significativos, pero la zona en donde la ubica permite ver que sus preferencias quizá no sean tan generales como la distribución propuesta en la literatura nos lo haría pensar. Este modelo muestra una distribución muy acorde con la distribución de algunas de sus presas conocidas, como *Balaenoptera acutorostrata*, *B. physalus* y los pinnípedos que se encuentran en el Pacífico mexicano; estas mismas son zonas de una alta productividad pesquera.

A pesar de la abundancia en pinnípedos en el Golfo de California, la orca no es una especie avistada de manera común como sucede en la Patagonia, donde su presencia esta muy asociada a los lobos y elefantes marinos.

Además de atacar a ballenas, otros delfines, marsopas y pinnípedos, también cazan peces, cefalópodos, tortugas y aves marinas (Jefferson et al., 1993; Ford et al., 1998) y existe una variación geográfica muy amplia respecto de su alimentación.

Poseen movimientos marcadamente estacionales en el Atlántico Norte y en el hemisferio sur, relacionados muy probablemente con el movimiento de sus presas. Sus

viajes son extensos en Alaska, donde fueron fotografiados animales que posteriormente fueron vistos en Bahía Monterrey en California; esta situación es lo común aun cuando existen poblaciones que son residentes todo el año.

Respecto del mapa O se observa que para el Golfo de California y la costa occidental de la Península de California el modelo es coincidente. Los registros hacia la costa de Guerrero en el mapa O coinciden con la zona de predicción donde de uno a dos modelos predicen presencia del nicho. Son veinticuatro registros independientes para esta especie, de los que el sesenta y seis por ciento se ubican dentro del área predicha.

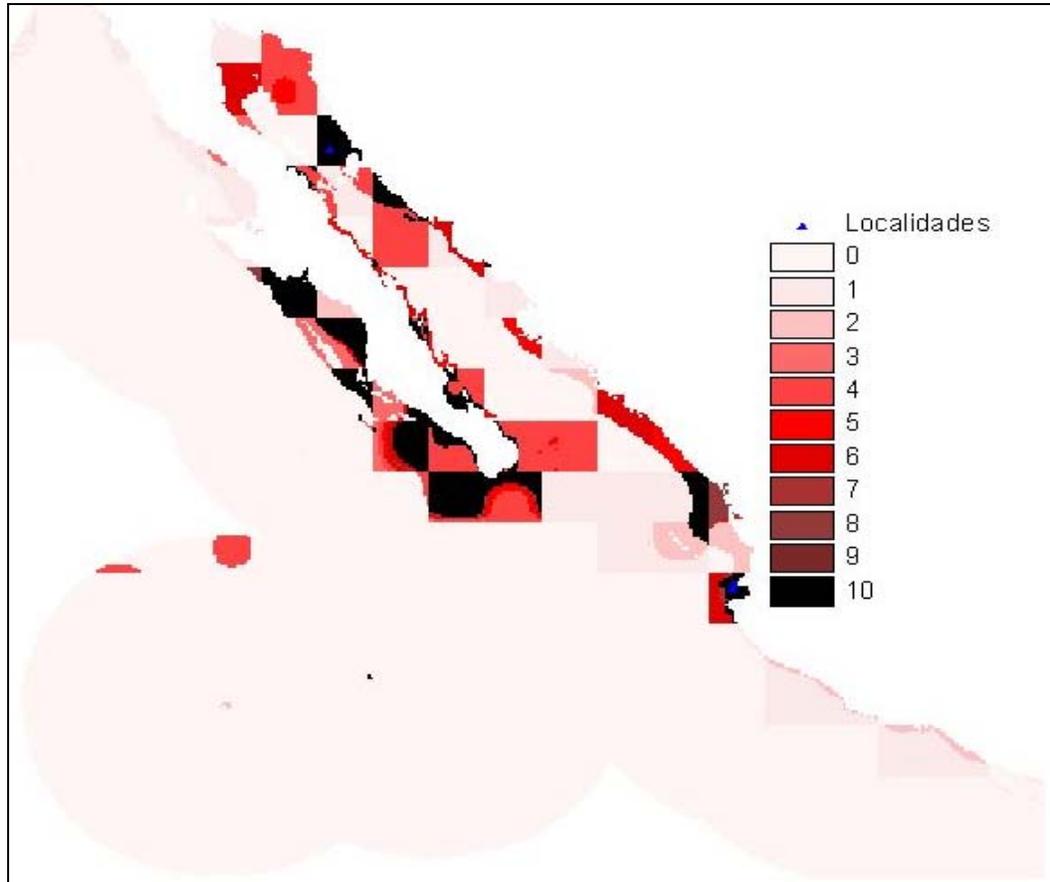
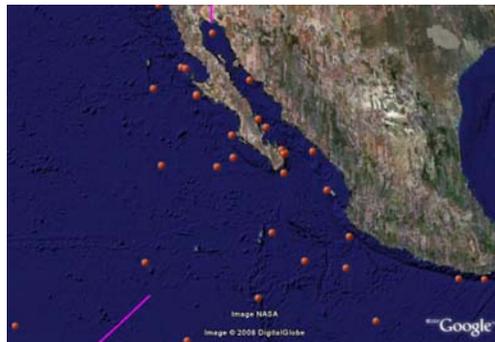


Figura 17. Modelo para *Orcinus orca*.



Mapa O Read y colaboradores (2008) http://seamap.env.duke.edu/prod/mapservice/googlemaps/seamap_gm.phtml

Globicephala macrorhynchus

El modelo obtenido es estadísticamente muy preciso en la predicción del calderón *Globicephala macrorhynchus* (figura 18) (omisión 0%, Chi cuadrada $\chi^2 = 104.71$, $p < 0.0001$). No se presenta marcadamente en zonas de alta mar, probablemente debido a que los registros están restringidos a las cercanías de la costa. Leatherwood *et al.* (1988) menciona dos poblaciones para las costas de California en las Islas del Canal de California y en el norte de Baja California, una de las cuales es costera y la otra pelágica, así que probablemente los avistamientos más sureños aquí presentados dentro del Golfo de California y otras zonas obedecen a un patrón similar.

En general se le ubica en aguas templadas y tropicales en el océano Pacífico. *G. macrorhynchus* se encuentra entre los 50°N y 145°W y al sur se establece en las latitudes de Sao Paulo, Tasmania y Nueva Zelanda (Rice, 1998).

Conforme Jefferson y sus colaboradores (1993) son encontradas en zonas profundas fuera de la costa, no más allá de los 50°N y los 40°S. En el Golfo de México se le registro en aguas entre los 600 y 1000 m (Davis *et al.*, 1998). Prefiere zonas profundas y muy en especial las zonas del talud continental y en cañones marinos. Su anatomía adaptada a una captura óptima de calamares tiene mucha relación con esta tendencia a habitar en las áreas propias de estas presas, aunque también hacen presa de peces (Hacker, 1992). Las zonas en que el modelo se distribuye son zonas con alta productividad, gran cantidad de cefalópodos y peces; las profundidades fluctúan mucho a lo largo de todo el Golfo de California y el modelo nos muestra una gran área donde la mayoría de los modelos generados confluyen.

Conforme su dieta basada en calamares principalmente se ha deducido que sus movimientos temporales están en relación a la abundancia de estos organismos. Se ha observado que durante las épocas en que la población de calamar es baja es poco avistada, esto frente a las costas de California.

La presencia del calderón ha sido asociada a la profundidad de manera temporal dado que se le observó habitar en profundidades de 375 m. durante el invierno y en el verano

en 800 m (Bernard y Reilly, 1999). Los datos usados para el modelo muestran los avistamientos en lugares que van en los intervalos desde 0-200 m y hasta 500-1000 m de profundidad. Dentro del Golfo de California el mapa muestra menor número de modelos en zonas que superan los 1500 m, siendo máximo cinco modelos los que predicen la presencia del nicho en esas zonas. En la entrada del Golfo de California y para prácticamente el resto del Golfo de California los diez modelos predicen la presencia del nicho para la especie.

Al observar el mapa P de registros obtenidos del trabajo de Read y sus colaboradores (2008) se aprecia la coincidencia de estos registros con la distribución del nicho en el interior del Golfo de California y al exterior en el Pacífico; diferentes puntos coinciden con el modelo como en las islas del Archipiélago de las Revillagigedo, los registros en las costas de Guerrero, otros frente a Isla Magdalena, Bahía Sebastian Vizcaino y al norte de la península de Baja California. El mapa P nos muestra veintisiete registros independientes de los que el setenta y ocho por ciento están dentro del modelo. Dado que existe una gran cantidad de registros independientes ubicados dentro del mapa de distribución del nicho para esta especie y los resultados de la prueba estadística son favorables, es posible considerar que este modelo representa la distribución del nicho del calderón en la zona de estudio de manera muy aceptable.

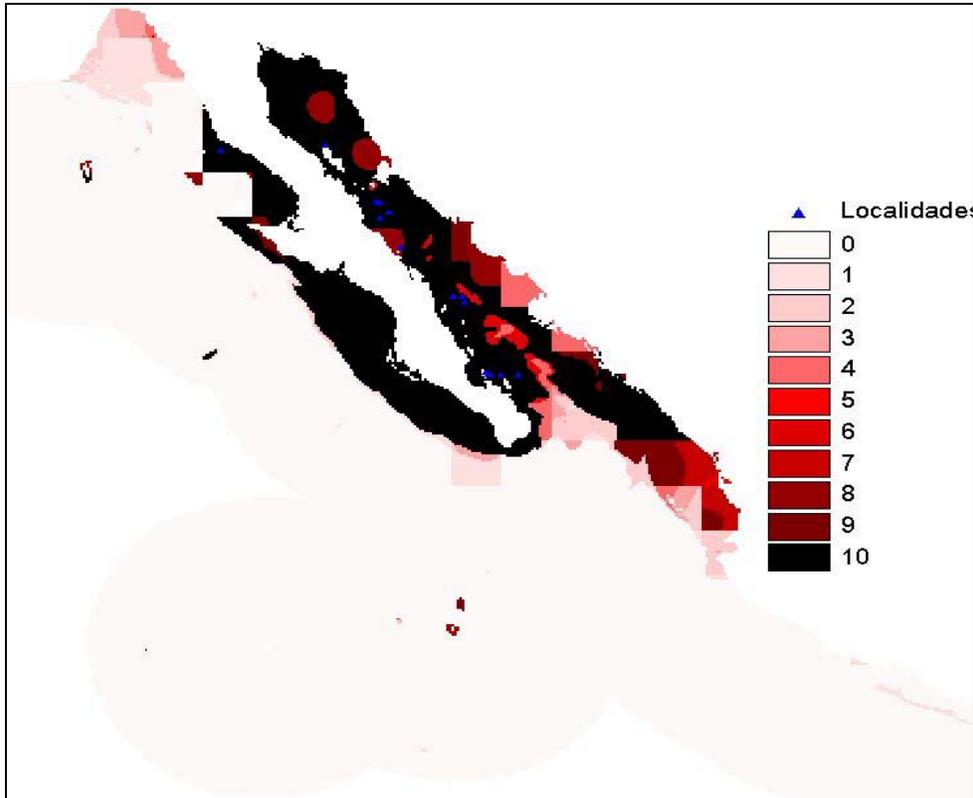


Figura 18. Mapa de *Globicephala macrorhynchus* .



Mapa P Read y colaboradores (2008) http://seamap.env.duke.edu/prod/mapservice/googlemaps/seamap_gm.phtml

DISCUSIÓN

Como en muchos otros casos de estudio de distribución de los seres vivos, los registros de avistamientos de mamíferos marinos son incompletos y sesgados por factores como la posibilidad de esfuerzo de búsqueda tanto por la infraestructura requerida como por el financiamiento, intereses particulares del investigador y esfuerzos espacialmente muy localizados. Todo esto hace que los registros en museos, colecciones y literatura especializada sean escasos y con cierto grado de incertidumbre en la localidad geográfica y a veces en el tiempo, teniendo así extensas áreas sin información.

Si bien la situación no es ideal, los GMS permiten inferir mucho de lo que debe suceder a partir de los datos existentes, en una época en que la necesidad de decisiones en la investigación y la asignación de recursos a esta debe ser más eficiente. Así en las siguientes líneas, se discutirán diferentes posibilidades de causa-efecto para las distribuciones de los nichos potenciales para las especies registradas en este estudio.

En estudios comparativos entre especies y poblaciones de ballenas de diferente latitud, se ha sugerido que existe una ventaja calórica y quizá una necesidad para las hembras a término de gestación de las especies más pequeñas, de alimentarse intensamente durante la parte más tibia del año, cuando las concentraciones de alimento son aprovechables y la pérdida de calor es mínima. Los lípidos almacenados permitirían a la hembra alimentar a una cría en latitudes más tibias durante el invierno (Brodie, 1975). Este refugio se lo proporciona el Pacífico en las costas mexicanas a diversas ballenas, en particular a la ballena de aleta. Esta especie de hecho se ha establecido con una pequeña población dentro del Golfo de California cerca del cinturón insular. Esta población presenta lo propuesto por Brodie (1975) acerca de las tallas más pequeñas para ballenas que residen en aguas más tibias, relevante es el hecho que actualmente se considera a esta población como residente del Golfo de California en su parte inferior abajo del cinturón insular.

Por otra parte ya se ha comentado acerca de las surgencias que en el Pacífico y Golfo de California se presentan dando lugar a zonas de gran productividad y la oportunidad de alimentación en todo el año para diversas especies. Otros factores como la disponibilidad de las presas están determinados por la productividad y la distribución de ésta, así en última instancia la propia distribución de los depredadores esta influida por la productividad del ecosistema. Varias especies y casi todos los géneros de las presas mencionados en el presente trabajo se encuentran en los mares del Pacífico mexicano, conforme los mapas de distribución de especies marinas de la FAO (<http://www.fao.org/figis/serudet/species>) y el Atlas de México (1992), por lo que sería conveniente, como con otras especies de cetáceos en el presente estudio, introducir la variable "distribución de las especies presa potenciales" para cada cetáceo que fuera oportuno y volver a modelar.

Se puede observar un par de patrones generalizados en la distribución de los nichos en el área de estudio. Estos patrones se observan siguiendo el contorno de los modelos de cada especie. El primer patrón (Figura 19) se repite en ocho especies (*Balaenoptera acutorostrata*, *Tursiops truncatus*, *Globicephala macrorhynchus*, *Kogia sima*, *Ziphius cavirostris*, *Stenella longirostris*, *Steno bredanensis* y *Stenella attenuata*) y el otro (Figura 20) es persistente en cinco especies (*Orcinus orca*, *Balaenoptera edeni*, *Pseudorca crassidens*, *Eschrichtius robustus* y *Megaptera novaeangliae*). Se considera que estos patrones son causados realmente por las preferencias de las especies, son el reflejo de los factores como la temperatura superficial del mar, las corrientes que ahí existen y otros factores; la temperatura superficial como parte de los factores que generan diversos fenómenos oceanográficos como las mismas surgencias, las masas de agua que se encuentran en la zona provenientes del sur y norte formando características muy particulares ya descritas en la introducción de este trabajo. El conjunto de factores debe propiciar estos patrones que en la parte occidental de la península corren conforme la Corriente de Davison; queda por correlacionar los factores que están involucrados en la formación de estos patrones sugeridos.

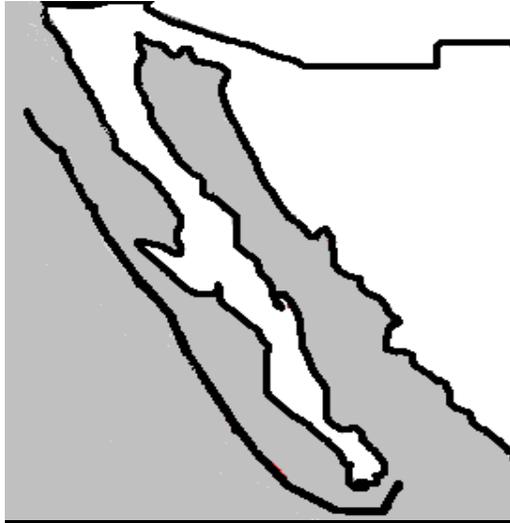


Figura 19. Patrón general 1. Contorno de los modelos que se repite en ocho de las especies modeladas (ver texto).

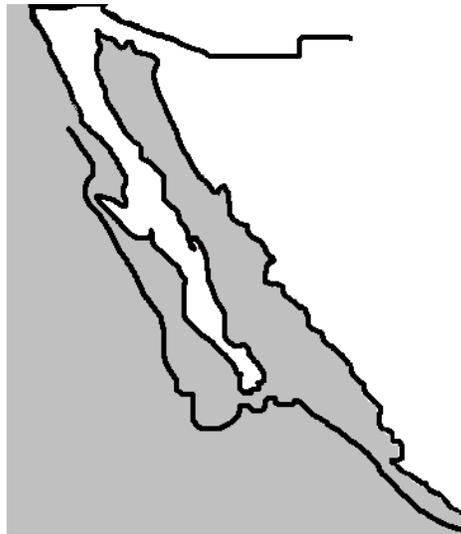


Figura 20. Patrón general 2. Este contorno se repite en cinco especies modeladas (Ver texto).

En el primer patrón las distribuciones conocidas de una de las especies llega a las aguas de los polos: la ballena Minke, y una, *Ziphius cavirostris*, se distribuye tan al norte

como en el Mar de Bering (Leatherwood y Reeves, 1983); además de encontrárseles en las aguas templadas y tropicales de todos los mares, al zifio en particular se le conoce muy bien en el Pacífico Tropical Este. Las demás especies en este patrón son de aguas templadas, subtropicales y tropicales. De estas ocho especies, solo una es un misticeto y las demás son odontocetos y todas tuvieron la predicción de su nicho con distribución amplia dentro del Golfo de California.

En el segundo patrón la ballena jorobada y la ballena gris son migratorias, sin llegar a los polos. En su distribución conocida, la ballena de Bryde y la *Pseudorca* son de tendencia tropical y subtropical. En este modelo existen tres misticetos y dos odontocetos de talla grande. Estas especies tienen un modelo de distribución de nicho cuya predicción es mayor cercana a las costas, siempre con un área extensa frente al extremo sur de la península de Baja California.

Respecto de la ballena gris las investigaciones llevadas al cabo por personal del Centro de Investigaciones del Noreste en La Paz, Baja California indican que la Bahía Magdalena presenta el alimento con las características esenciales de requerimientos en moléculas específicas como las de Omega 3 y 6, necesarias para el mantenimiento de las crías y que para las hembras les sería imposible, conforme el metabolismo conocido de estas moléculas en los mamíferos, almacenarlas en cantidad suficiente para proveer a la cría de ellas, de tal manera que es necesario tener fuentes de estos nutrimentos a lo largo de su ruta de migración o en las lagunas de crianza (Caraveo-Patiño, 2003). El estudio citado marca específicamente que las condiciones para conseguir estas moléculas se presentan en la Bahía Magdalena, en las demás lagunas no fue posible que continuaran los estudios. Es significativo que el modelo prediga el nicho para la ballena gris en las zonas donde estas condiciones se pueden dar. Si bien esto no es en su totalidad concluyente al respecto de que la ballena gris se alimente en las áreas de crianza, si plantea la posibilidad del conocer el porque específicamente migra a esos lugares. Es de llamar la atención que a pesar de que no se cuenta con registros abundantes y que no se tienen registros de las zonas típicas de la ballena gris, sino solo de Bahía Banderas y del interior del Golfo de California, el GMS acierta a predecir

la distribución del nicho en zonas como Bahía Sebastian Vizcaino, Guerrero Negro y en general en la costa occidental de Baja California.

Teniendo en consideración mucho la biología de cada especie y el tipo de datos ambientales disponibles, por ejemplo no es lo mismo seleccionar la temperatura superficial del mar a los 0 metros de profundidad que a los 10 metros; en este caso se deberá escoger la profundidad a la que se desea tener la temperatura de acuerdo al conocimiento de cada especie. Lo mismo sucederá para las demás variables que se escojan.

El modelado.

El aspecto de la escala en este estudio indudablemente afecta los resultados de los modelos. Proporcionar mayor número de variables y registros mejorará los mapas de distribución. Es necesario al implementar un estudio de este tipo tener en consideración mucho la biología de cada especie y el tipo de datos ambientales disponibles; Se considera que seleccionar el grupo adecuado y suficiente de variables es prioritario para los modelos, seleccionarlas sin atender al conocimiento que se tiene de cada especie seguramente generará modelos sin relación con la realidad.

Los bancos de datos de acceso libre que diferentes dependencias académicas y gubernamentales ofrecen en la red son muy amplias y dan un sin fin de posibilidades a la imaginación de sus combinaciones, así como problemáticas para su selección y uso. Por ejemplo en los datos ambientales que ofrecen las dependencias académicas nacionales e internacionales, aspectos como el nivel de resolución, métodos de estimación, escalas y otros cambian demasiado de una zona a otra, de manera que no es posible usarlos unidos a menos que exista la posibilidad de hacerlos equivalentes. De tal manera es necesario igualar los datos obtenidos de diferentes fuentes para hacerlos comparables o conformarse a hacer los análisis a una escala local.

Los modelos generados contienen factores abióticos que son apropiados para cada una de las especies; otros como la presencia de presas, no están incluidos. Sin embargo, al menos en el caso de las presas potenciales (crustáceos, peces y moluscos), la

coincidencia de los modelos con las distribuciones de diversas presas potenciales permitió deducir acerca de las explicaciones biológicas de los modelos obtenidos, tarea que se realizó para cada especie, por lo que se sugiere elaborar modelos en los que se incluya la distribución de las presas además de los factores abióticos para observar el efecto sobre el modelo.

Distribución de los cetáceos en el Pacífico mexicano: una relación paleoclimática.

La distribución de diferentes cetáceos en el pacífico mexicano durante el último máximo glacial debió estar restringida por las masas de agua de más de 25 grados provenientes del ecuador y las masas del Ártico, conforme las inferencias mostradas en los mapas de las figuras 21 y 22, quedando atrapadas en una franja estrecha entre los 15 y 22° N aproximadamente.

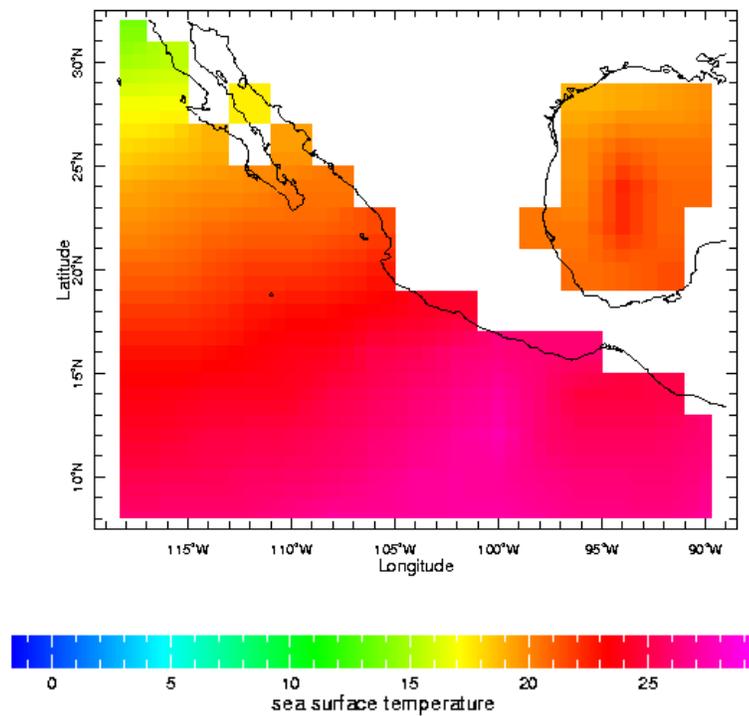


Figura 21. Mapa de temperatura superficial del mar en el pacífico norte durante el último máximo glacial para febrero (CLIMAP, 1984).

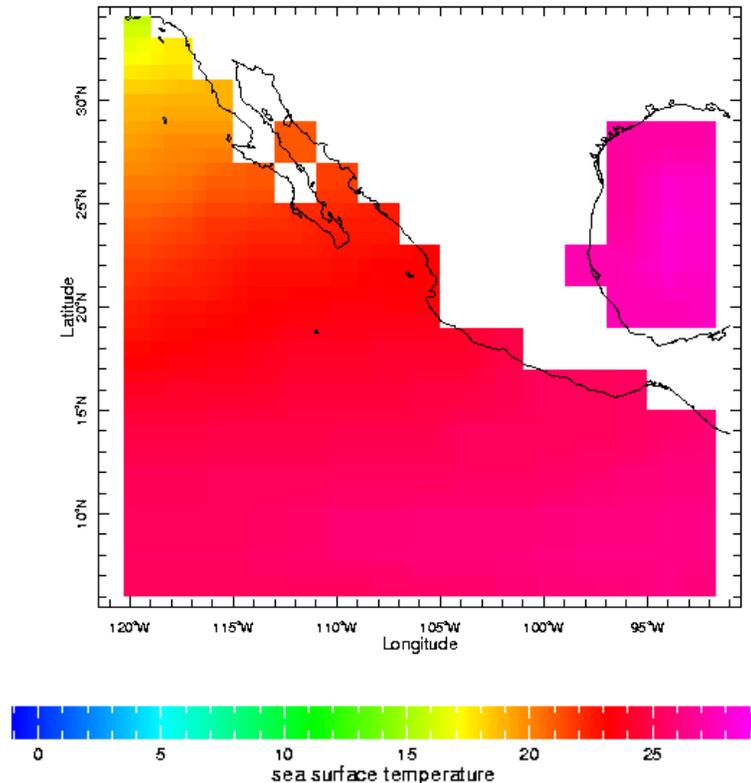


Figura 22. Mapa de temperatura superficial del mar en el pacífico norte durante el último máximo glacial para agosto (CLIMAP, 1984).

Las especies de distribución restringida debieron ser las más afectadas. Algunas quedaron atrapados en pequeñas zonas, como *Phocoena sinus*, conforme lo sugieren Norris y McFarland (1954) en su descripción de la especie. Otra especie que pudo sufrir algo similar es la población residente de Ballena de aleta en el Golfo de California.

Los factores que permiten la dispersión de ambas especies fueron reducidos a las zonas que actualmente habitan, la interacción con poblaciones de su especie en el exterior del Golfo de California debió desaparecer prácticamente, así que los

fenómenos que se dieron en la glaciación causaron una fragmentación del hábitat, generaron metapoblaciones que en tiempo geológico divergieron hasta convertirse en nuevas especies como la vaquita y en poblaciones relativamente aisladas como la de la ballena de aleta dentro del golfo. Así lo confirman las investigaciones en genética sobre esta población (Martine *et al*, 2002) que indican claramente que la población de *B. physalus* del Golfo de California es única evolutivamente y genéticamente muy separada de las poblaciones externas, y la de la vaquita (Fajardo-Mellor *et al.*, 2006) que se encuentra separada de *P. spinipinnis* miles de kilómetros y que su existencia en el Golfo de California se explica de la mejor manera por la serie de eventos que en escala geológica se presentaron con periodos de glaciaciones y posglaciaciones.

Restan diferentes preguntas, mismas que al ser respondidas permitirán analizar los aspectos ecológicos y evolutivos de estas y otras especies, preguntas como:

- ¿Cuáles fueron los factores que tuvieron mayor participación en la reducción de la dispersión de las poblaciones que quedaron reducidas a pequeñas áreas?, la historia evolutiva de su distribución y la de otras especies ¿esta relacionada? ¿Cuál es la distribución del nicho de estas especies mas allá del área en que se trabajo? ¿Cómo ha influido el cambio climático global en la distribución de sus nichos?

COMENTARIO FINAL

Los GMS son programas eficientes para la predicción de distribución de especies de mamíferos marinos y pueden ser una herramienta que contribuya a la ejecución de estudios biogeográficos, ecológicos, paleoecológicos y otros, además de que éstos a su vez servirán para la toma de decisiones de administración de los recursos naturales. Un aspecto importante para la modelación de nichos ecológicos de mamíferos marinos, en tanto que son animales con altos niveles tróficos, es incluir datos de la distribución de especies presa. Los GMS permiten planear estrategias de estudio, iniciando con la posibilidad de aumentar la precisión de los modelos mediante la inclusión de registros *ad hoc*, evitando posibles impactos negativos en las poblaciones y minimizando restricciones logísticas y económicas y ahorrando cubrir áreas geográficas extensas e

innecesarias. Un aspecto importante en el uso de los GMS es el de determinar su confiabilidad, y poco se ha hecho examinando las distribuciones de mamíferos marinos que son animales que viven en intervalos de condiciones ambientales muy amplios y que presentan una dependencia de su distribución de distintos factores físicos y biológicos aún muy poco comprendida (Ballance, 2006).

Los modelos de distribuciones de nicho ecológico de los mamíferos marinos del Pacífico mexicano elaborados en este trabajo con datos limitados, reproducen bien en general las distribuciones observadas en conjuntos de datos amplios en número y cobertura geográfica. La mayor parte de los errores de omisión y comisión ocurridos en este estudio, se pueden asociar a la separación entre ambientes costeros y pelágicos y también a lo que parecen elementos de distribuciones históricas. Una mejora sustancial en la exactitud de los modelos no necesariamente se lograría con incluir más datos sino que vendría más de incluir datos provenientes de la mayor diversidad posible de ambientes, así como de asignar condiciones ambientales en tiempo y lugar en forma más específica a los datos de avistamientos. Ante el actual cambio ambiental, nuestra visión de la distribución de las especies debe ser más dinámica y en constante actualización y perfeccionamiento.

APENDICE

Geología, oceanografía y biogeografía del Océano Pacífico nororiental.

Origen del Océano Pacífico.

En las rocas de diversos lugares quedan vestigios de la existencia de océanos o mares, vestigios como cantos desgastados por el agua, erosión causada por las escorrentías que terminaban en las fosas para formar parte del fondo de aquellos mares. En otros casos las tierras emergidas muestran los restos de quienes habitaban en esos cuerpos marinos.

La forma que conocemos de los océanos y que en general es la externa no nos permite conocer mucho acerca de ellos, su relieve tiene orígenes diversos. Por ejemplo sus montañas sumergidas en su mayoría no comparten el mismo origen de las cordilleras en tierra firme ya que no son el producto de plegamientos (Bullard, 1969).

El movimiento de las placas oceánicas las lleva a sumergirse en muchos casos por debajo de los continentes causando, además de los conocidos sismos, las Fosas Oceánicas, zonas de gran profundidad frente a los continentes (Figura 1); esto ocurre a lo largo de la costa pacífico de América (Bullard, 1969).

El Océano Pacífico tiene su origen en la antigua Panthalasa (todo agua), un océano que rodeaba la Pangea y se le ha considerado el océano más antiguo. Este súper-continente se fragmentó hace aproximadamente 180 millones de años dando origen paulatinamente a la actual configuración de continentes y océanos (De la Lanza Espino, 1991; Aguayo y Trápaga, 2003).

En términos geológicos, el Pacífico Norte Oriental o nororiental (PNE) frente a las costas de México, tiene los siguientes orígenes (según Aguayo y Trápaga, 2003). Durante el Mioceno medio, el margen occidental de la Placa de Norteamérica traslapó a la Dorsal Oceánica del Pacífico oriental, y dio origen a un sistema estructural complejo

con fallas y fracturas que posteriormente propiciaron el desplazamiento de la orilla noroccidental de México.

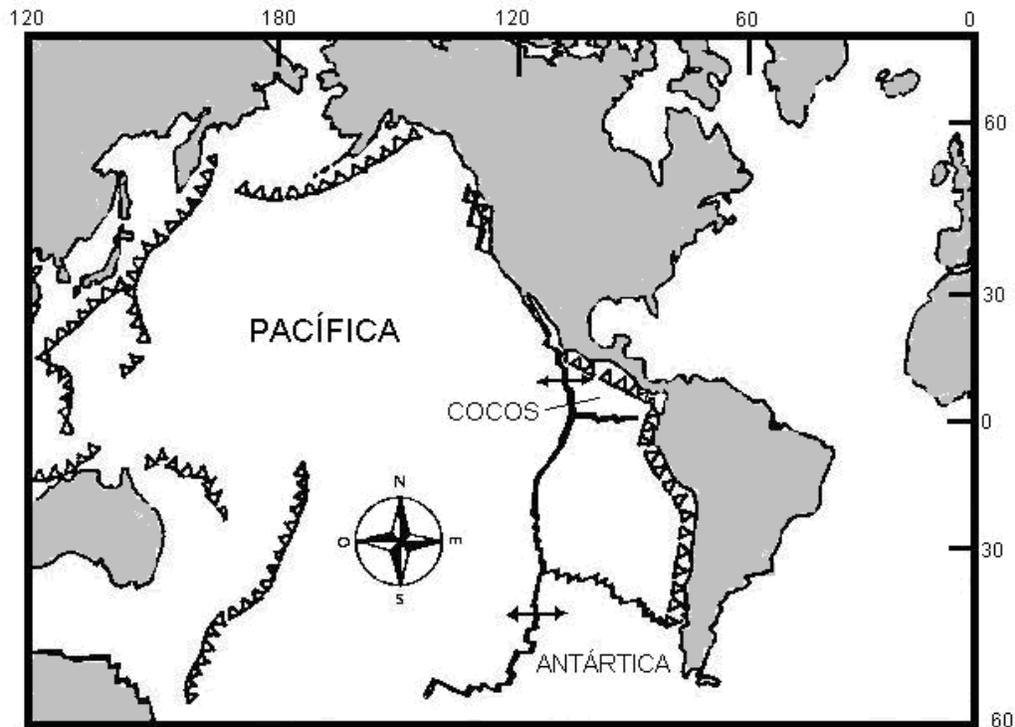


Figura 1. Placas tectónicas en la zona del Pacífico (Tomado de De La Lanza Espino, 1991).

La Península de Baja California fue afectada por el movimiento lateral de las fallas del Sistema de San Andrés. El Istmo de Tehuantepec alcanzó su máxima actividad tectónica a partir del Mioceno, cuya muestra clara es la formación del Golfo de Tehuantepec.

Al límite de la placa de América del Sur, en su porción noroccidental, la trinchera oceánica empezó a desactivarse, se formó la cordillera o dorsal conocida como Galápagos que entró en actividad en apariencia desde el Oligoceno superior y se unió

con la del Pacífico oriental definiendo los límites de las conocidas placas de Cocos y Nazca.

Hace 3 millones de años el Golfo de California estaba iniciando a abrirse, dada la interacción del oeste de Norteamérica con la placa pacífica. Durante el Mioceno tardío y el Plioceno temprano, el extremo suroriental de la Península de Baja California inició su separación del territorio, y las aguas del Océano Pacífico entraron, siendo así la formación del protogolfo de California.

Desde el Plioceno, el continente se sigue desplazando hacia el Noroeste hasta separarse casi totalmente del resto de México dando como resultado la formación de la actual península y del golfo que encierra, debido al movimiento de La Placa de Norteamérica hacia el occidente, que asimiló a La Dorsal de Pacífico Oriental.

Una zona de particular interés es la Fosa de Bahía de Banderas que es producto de los esfuerzos distensivos del Cinturón Volcánico Mexicano en su emersión; su ruptura cortical parece haber sido causada por la subducción de la Placa de Rivera que actuó como cuña, provocando en la zona de Cabo Corrientes diferentes sistemas de fallas y fracturas complejas (Shepard, 1963, 1967; Wilson, 1976; Seyfert y Sirkin, 1973).

Eliminado: .

Si nos referimos a regiones específicas del mar comprendido en este estudio tenemos tres zonas: el Pacífico Tropical Mexicano, la Costa Occidental de Baja California y El Golfo de California.

Oceanografía general.

Corrientes oceánicas.

Las grandes masas continentales poseen una particular forma triangular, muy definida en América del Sur y la India y en otras zonas es menos conspicua. Esta disposición impide el paso libre a las corrientes del océano que van hacia el este o al oeste, excepto en el sur donde existe paso sin interrupción, rodeando al Antártico. Las masas de tierra también delimitan y delimitan las masas de agua. Las corrientes no dependen

Eliminado:

únicamente de lo mencionado, las propias características físicas y químicas del agua determinan muchas de las expresiones oceánicas, definiendo las masas de agua en el mar (Weihaupt, 1984).

Dos condiciones caracterizan los principales sistemas de corrientes en el mundo. Primera, las corrientes cálidas superficiales llevan volúmenes considerables de agua cálida del Ecuador a los Polos, redistribuyendo el calor en el planeta y como contraparte hay corrientes frías profundas de los Polos que van hacia el Ecuador así las aguas frías polares se mueven de un hemisferio a otro. La segunda, la circulación de las aguas superficiales de los hemisferios norte y sur son independientes una de la otra. A excepción de una pequeña cantidad en unas pocas regiones del Pacífico Occidental y del Atlántico Sur.

Con las deficiencias que los registros de corrientes tienen a partir de un número mínimo de datos a comparación de los datos atmosféricos, se tiene un modelo idealizado de las corrientes; sin embargo, los continentes no son geoméricamente definidos sino más bien son figuras irregulares. Tomando en cuenta esto y las diferencias en profundidad, se deben considerar las fuerzas principales que dominan las corrientes, a saber: la insolación y la rotación terrestre. La insolación determina la distribución de las temperaturas terrestres y la segunda produce el efecto Coriolis.

Aun con sus particularidades, son tres los océanos que comparten similitudes; estos son el Índico, Pacífico y el Atlántico que tienen circulación en sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y para el hemisferio sur, en sentido contrario. Las mismas direcciones se observan para el viento en ambos hemisferios (Figura 2).

Al norte y sur del ecuador las corrientes superficiales del mar se mueven al occidente, estas son las llamadas Corrientes Norecuatorial y Surecuatorial y están separadas por una delgada banda de agua que corre en sentido contrario, al oriente, por lo que se le llama Contracorriente Ecuatorial.

Se sabe que la mayoría de las corrientes superficiales llevan dirección oriente-occidente y al chocar con los continentes se desvían al norte y al sur, convirtiéndose en corrientes marginales mismas que dividen las aguas costeras de las oceánicas.

La rotación de la tierra con la fuerza centrífuga causa que los mares llenen mayormente el Ecuador y disminuyen en los polos, lo que se observa como un “aplanamiento” en estos últimos; esta misma rotación provoca que los límites occidentales de los continentes choquen contra los océanos dando lugar a un desplazamiento de masas de agua formándose así las corrientes marginales del occidente.

Lo descrito en su conjunto forma las corrientes marginales conocidas como del Golfo en el Atlántico y de Kuroshio en el Pacífico que son corrientes angostas, profundas y veloces, con sus antípodas anchas, difusas, someras y lentas que están formadas en los márgenes orientales.

Comparada con la circulación del Atlántico la circulación en el Océano Pacífico Norte tiene mayor complejidad, esto debido a la topografía de su fondo y la forma de los continentes que lo rodean. Se tiene que en el Pacífico la Corriente norecuatorial que se dirige al occidente se divide al chocar con los Archipiélagos en su camino y Asia y parte de ella se mueve al sur hacia las Islas Marshall y las Carolinas, pero la mayor parte continua en dirección al norte hacia Japón convirtiéndose en la Corriente del Kuroshio; esta a su vez, ya en el norte, vuelve a dividirse y se convierte en las Corrientes Aleutiana del Norte y Sur. Además en la Corriente del Pacífico Norte esta misma se une con la Corriente de Oyashio proveniente del Polo Norte para formar una de las corrientes más importantes, la Corriente de California, además de que una parte forma la Corriente de Alaska. Finalmente la Corriente de California al unirse a la Corriente Norecuatorial completa lo que se llama el giro del Pacífico Norte.

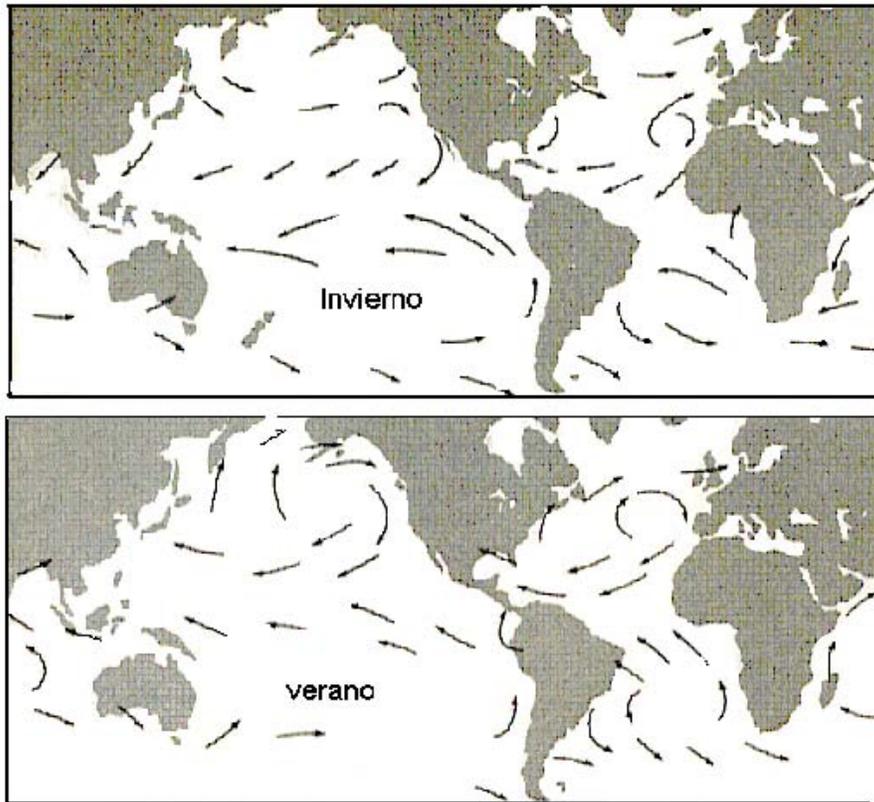


Figura 2. Vientos superficiales en el océano para dos temporadas (tomado de Weihaupt, 1984).

Salinidad.

El agua marina tiene 3.5 ‰ de sales disueltas y el resto es agua. Esto significa que en una masa de 1 Kg. de agua de mar existen 35 gramos de sales en solución. Existe una gran homogeneidad en la proporción en la que algunas sales participan, sin importar la concentración total, esta última es conocida como salinidad del agua de mar que se define propiamente como la cantidad total de sólidos en gramos contenidos en 1 Kg. de agua de mar cuando todo el carbonato ha sido oxidado, los yoduros y bromuros reemplazados por cloruros y la materia orgánica oxidada (Weihaupt, 1984).

El intervalo de salinidad en los mares va de unas 34 a unas 37 ‰ con un promedio inferior a las 35 ‰. La salinidad de los océanos en el hemisferio norte es algunas veces menor que la de los océanos en el hemisferio sur, debido principalmente a que en el norte existen mayores escurrimientos desde los continentes e islas que en el sur causando mayor dilución.

La actividad volcánica, las escorrentías, precipitación pluvial, la evaporación, la fusión del hielo en los polos en primavera y verano y la solidificación en el invierno, la adición de gases atmosféricos por la lluvia, nieve, granizo y escarcha, causan que la regla de encontrar proporciones constantes de salinidad en el agua de mar se rompa.

La actividad biológica también causa cambios en la concentración y composición del agua de mar, ya que extrae elementos para su funcionamiento, esto es evidente en donde los organismos son abundantes registrándose cambios temporales importantes.

Si los elementos pasan a formar parte de estructuras duras entonces lo más probable es que al morir el ser vivo, la estructura forme parte de los sedimentos siendo una pérdida de solutos para el agua, que serán transportados al fondo del mar.

Las arcillas aportadas por las corrientes de los ríos poseen la propiedad de tener intercambio iónico con algunos elementos que encuentran en el mar al desembocar en el, de esta manera esos elementos intercambiados serán arrastrados al fondo del mar.

Cuando se comparan las proporciones de los compuestos en tierra contra las del mar existe gran similitud, sin embargo, los elementos como el cloro, yodo, bromo, boro, y magnesio son mucho mayores en el océano que en los ríos que transportan sales disueltas, por lo que se deduce que su origen podría estar en otra fuente.

Esta otra fuente de los elementos mencionados es con mucha probabilidad la serie de cordilleras centro-oceánicas, que están constantemente aportando grandes volúmenes de agua nueva al océano; esta agua es realmente nueva nunca había estado en la

superficie y en ella se detectan las mismas concentraciones de los iones cloro, yodo, bromo, boro y magnesio que existen en el agua de mar.

Precipitación pluvial.

La precipitación en los océanos varía con la latitud, el Océano Pacífico tiene el volumen diario de precipitación más alto de todos, esto debido principalmente a su superficie (Figura 3 y 4).

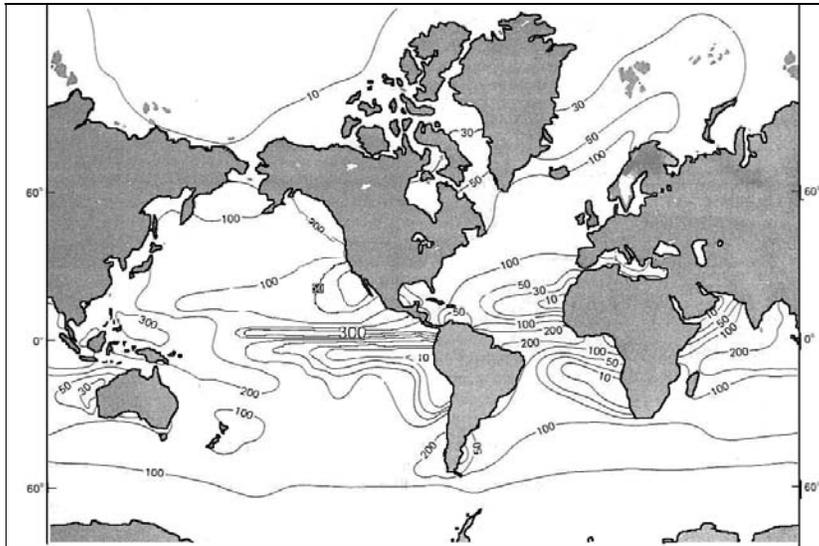


Figura 3. Distribución del promedio anual de precipitación en centímetros por año
Según Dreznov, 1953 en Weihaupt, 1984

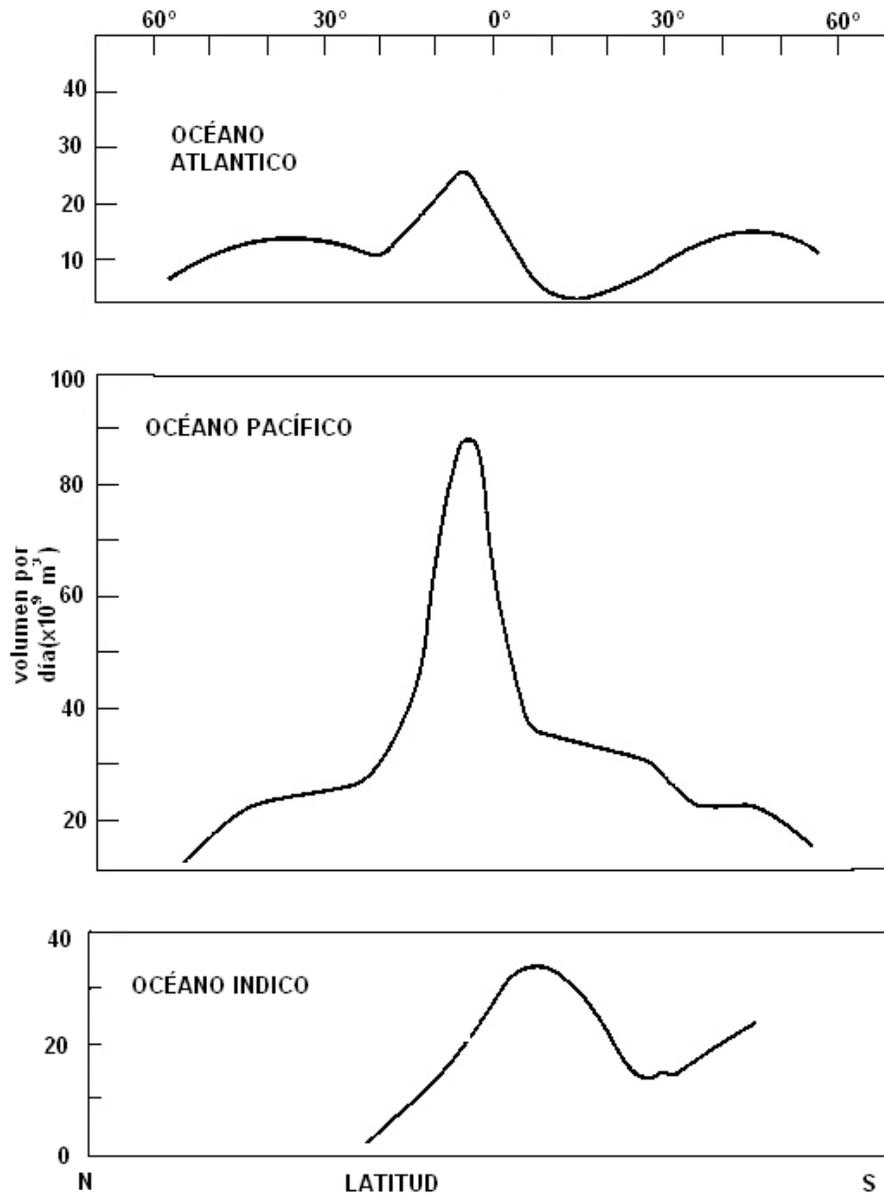


Figura 4. Comparación de la precipitación entre los tres océanos en función de la latitud
(Conforme Jacobs, 1951, Tomado de Weihaupt, 1984)

Calor y temperatura de los océanos.

La zona de contacto entre aire y océano es muy activa; en ella se registran transferencias de calor, el cual es proporcionado por la radiación solar o las corrientes, ambos pueden añadir o quitar calor a la superficie del mar y al aire.

Cuando la cantidad de calor es mayor en el aire se transferirá calor al agua y por el contrario al ser mayor en el agua el aire se calentará. Todo el calor disponible vendrá del sol, así que los océanos y la atmósfera dependen de la insolación.

Muchas de las zonas continentales son inestables en términos de la distribución del calor, hecho que se muestra al tener los promedios de las temperaturas en las latitudes norteadas y sureñas del globo. En el norte donde las tierras predominan en extensión comparadas al sur, la energía calorífica fluctúa en mayor manera que en el hemisferio sur donde los océanos son mayoritarios.

A ambos lados del Ecuador entre los 20° y 40° de latitud se recibe la mayor cantidad de radiación solar que es convertida en calor por el contrario en los polos la energía recibida es menor que la emitida al espacio; pero esto es compensado por las corrientes atmosféricas y oceánicas que aportan calor a los polos.

El viento transfiere calor en las latitudes más altas y ahí poco de la transferencia la hace el océano por colección básicamente pero debido a las temperaturas más altas de manera constante en esas latitudes la transferencia de calor es limitada, las capas cálidas en la superficie de los océanos evitan la convección vertical.

En las latitudes bajas funciona la convección de manera distinta. La atmósfera baja es calentada por el mar que ha convertido la radiación solar en calor, lo que genera corrientes de convección ascendentes, que controlan el tiempo y el clima.

Descripción del Pacífico Mexicano.

Siguiendo los criterios expuestos en la obra de De la Lanza Espino (1991) el Pacífico se divide en tres zonas: El Pacífico Tropical Mexicano, la Costa Occidental de la Península de Baja California y el Golfo de California. A continuación se describe brevemente cada zona respecto de su topografía, temperatura, salinidad y corrientes.

Pacífico tropical mexicano.

En la zona mexicana propiamente en el Pacífico Tropical Mexicano (PTM), además de sus dorsales una de sus principales características son las grandes trincheras que circunscriben la mayor parte de los límites del océano. El PTM comprendido entre Cabo Corrientes y la frontera con Guatemala, tiene tres rasgos topográficos sobresalientes: la Dorsal del Pacífico Este (DPE), la zona de fracturas y la Trinchera Mesoamericana.

La DPE tiene una cresta de 2 a 3 km. sobre el suelo profundo y miles de kilómetros de largo (Shepard, 1963). Paralelas a las crestas se encuentran muchas pequeñas cordilleras profundas. La dorsal se curva gradualmente al oeste, cruzando el Pacífico Sur. Un grupo importante de montañas ahí es el de los Matemáticos con alturas de 1000 a 2000 metros. Al Este están asociadas con fosas alargadas y profundas; la máxima profundidad reconocida es de 4615 m. Otra ramificación de la DPE son las montañas conocidas como Montes Suitcase en los paralelos 19° 30' y 21°.

El extremo norte de la dorsal en dirección al Golfo de California consiste de superficies amplias a manera de mesas, en las que se asientan algunas montañas submarinas cortadas, hacia el sur por una fosa-fractura que es llamada de Rivera.

Las elevaciones, la Falla Rivera y la Trinchera Mesoamericana que inicia frente a las costas de Bahía Banderas, forman lo que se ha interpretado como una microplaca llamada Microplaca de Rivera (Figura 5).

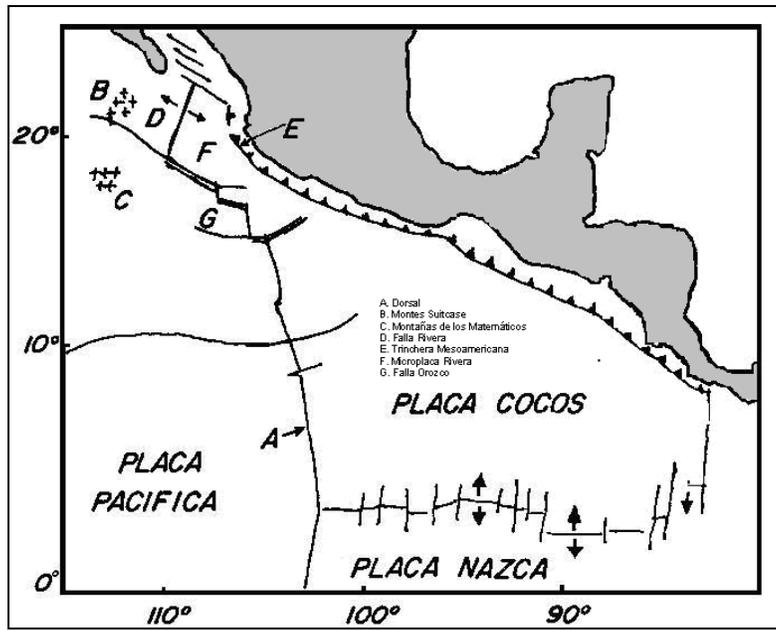


Figura 5. Principales características topográficas del Pacífico (Tomado de De La Lanza Espino, 1991).

También existen salientes rocosos a manera de tubos que son llamadas chimeneas o fumarolas ubicadas en varias regiones, pero unas de las más estudiadas son las que se encuentran a 21° N en la entrada del Golfo de California.

En la actualidad es evidente que las crestas de las dorsales, las fracturas y los sistemas de fosas se caracterizan no solo por su topografía sino por otros fenómenos físicos como los terremotos. Esta actividad sísmica, se genera a poca profundidad desde 10 a 20 km, a lo largo de las crestas de las dorsales y sus fracturas, mientras que en los sistemas de fosas se producen a cualquier profundidad.

Las principales fracturas situadas en el PTM son las Clarión, en los paralelos 18° y 19° y en la porción occidental de fractura en el territorio mexicano, destaca la montaña submarina Banco Alpheca con su cima a 156 m de profundidad. Al oriente, hacia la dorsal se encuentran las Islas Clarión y el grupo de las Islas Revillagigedo, al sur entre los 16° y 17° el Banco Shimada con su cima a 27 m de profundidad y el Monte

Sotavento a menos de 485 m. Al oriente el relieve corresponde a la dorsal donde están las montañas de los Matemáticos. A el sur la fractura de Clipperton las fallas de Rivera y Orozco.

La Trinchera Mesoamericana (TM) es una fosa paralela al continente, desde Cabo Corrientes al sur de las Islas Marías, hasta Panamá, con una longitud de 2600 km y anchura media de 75 km, una profundidad máxima de 6600 m.

Se considera que la TM está limitada por la isobata de 3670 m, usando la interrupción que existe frente a Puerto Ángel en Oaxaca; la TM se le divide en Trinchera de México y Trinchera de Guatemala.

Para describir con mayor detalle habría que hablar del la plataforma continental a la cual se le considera como la superficie que va desde la línea de costa hasta la isobata de 200 m, llega a tener en el Pacífico Mexicano hasta 70 km de anchura y tiene una pendiente menor a $1^{\circ} 30'$. La mayor amplitud de la plataforma esta en las costas de Oaxaca, donde posee 6 a 7 km.

Asimismo, el talud continental tiene de 25 a 50 km y una profundidad de 2500 a 300 m, con laderas escarpadas. Posteriormente se tienen los cañones submarinos que se observan en Manzanillo, Bahía de Petatalco, Bahía de Papanoa y Laguna de Coyuca, otros menores están al sur en Chiapas. Respecto de Islas son abundantes en el PTM a saber: Isla Isabela, Archipiélago de las Islas Marías (I. M^a Madre, I. M^a Cleofás e I. M^a Magdalena) frente a Nayarit; en el estado de Jalisco se tienen las Islas Tres Marietas y Frailes Hermanos; la Isla Grifo en Guerrero. Ya en la zona de mar adentro esta el Archipiélago de las Revillagigedo (Isla Socorro, I. San Benedicto y Roca Partida) y La Isla Clarión. (Figura 6).

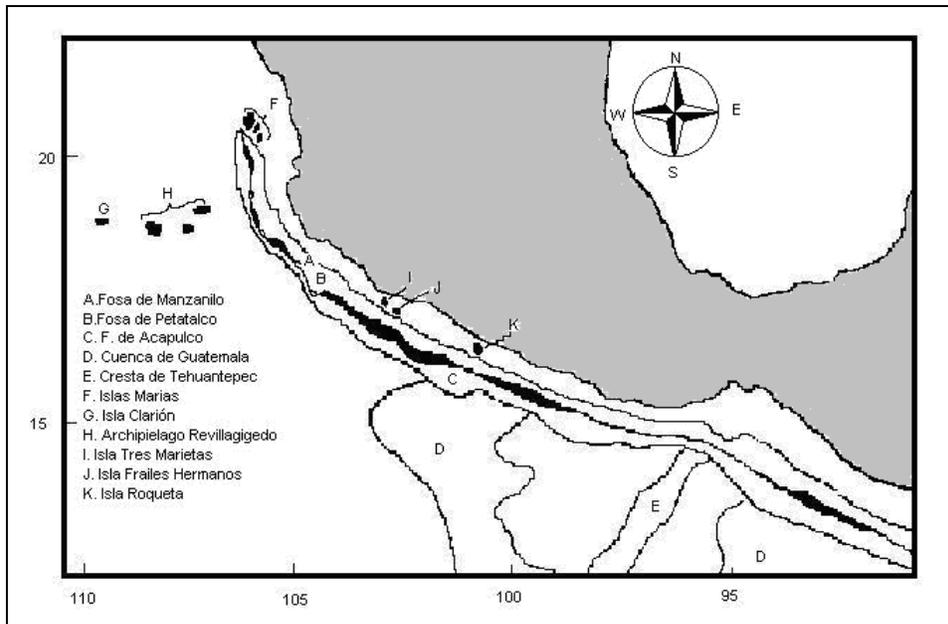


Figura 6. Fosas, cuencas e islas del Pacífico Tropical Mexicano (Tomado de De La Lanza Espino, 1991).

Temperatura y salinidad.

Dado que la temperatura y la salinidad están en relación directa con las corrientes y por supuesto con las masas de agua es necesario analizarlas en conjunto para la zona de estudio. El Pacífico Tropical Este (PTE) se caracteriza por una capa de mezcla de temperatura aproximadamente constante teniendo una termoclina con cambio brusco y una capa subsuperficial con intervalos de decremento menor que la termoclina (De la Lanza, 1991).

La temperatura superficial fluctúa entre los 26 y 28° C; en Cabo Corrientes, existen cambios anuales de 5 C° o más. Las aguas de esta zona están sujetas a calentamiento superficial que tiende a reducir la densidad, sin embargo la fuerte evaporación incrementa la densidad del agua superficial y promueve la convección, lo que genera una mezcla constante entre los 20 y 50 m de profundidad. La temperatura se

incrementa hacia el sur y existe una gran diferencia de salinidad con la latitud debido a la presencia de corrientes.

En la zona costera, por su poca profundidad, la estructura termohalina se ve afectada por procesos particulares, como los vientos locales, descargas de ríos, lluvia, evaporación y otras.

Por temperatura y salinidad en el PTE se distinguen varios tipos de masas de agua superficiales y dos subsuperficiales, en ese orden son:

El agua superficial tropical se caracteriza por temperatura alta y salinidad baja (25° C y 34 ‰), su límite esta alrededor de los 15° N y es llevada al este por la Contracorriente Ecuatorial y esta de 20 a 50 metros de profundidad.

El agua superficial subtropical tiene salinidad y temperatura variable, sólo se puede clasificar así a la del Golfo de California. Migra del Golfo de California hacia el sur y se extiende, en función de su temperatura, en la superficie del mar o como agua subsuperficial de alta salinidad, su cantidad es pequeña y ejerce poca influencia fuera del Golfo de California (Wyrky, 1966)

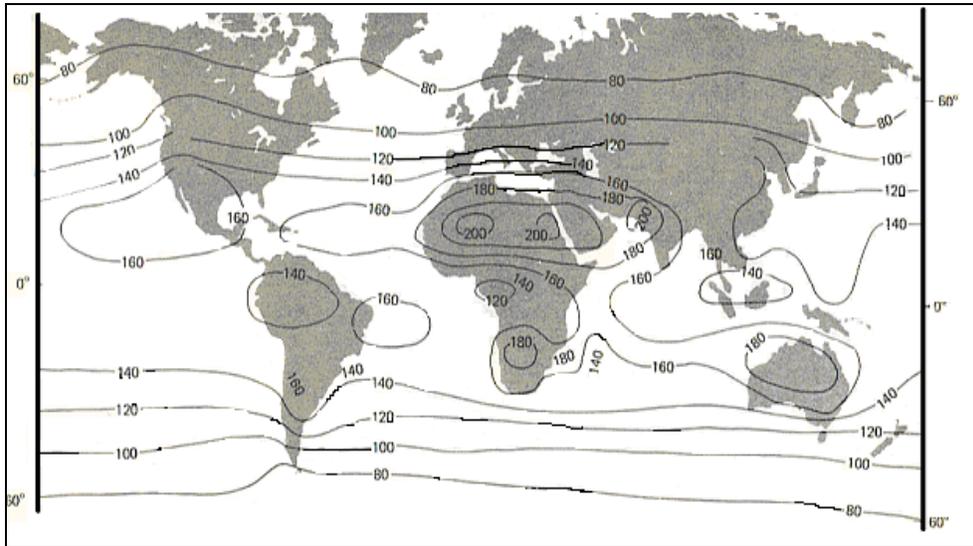


Figura 7. Insolación total por año por metro cuadrado según Budyko, 1958 en Weihaupt, 1984.

Para el Pacífico, en la figura 7, tenemos que en el área que nos ocupa en este estudio se absorben 160 kcal/m^2 al año por insolación, particularmente la zona tiene la insolación mas alta en julio.

La temperatura tiene variaciones mínimas en un intervalo de $2^\circ - 6^\circ \text{ C}$ en una franja amplia a lo largo del Pacífico por encima de los 20° de latitud y hasta los 40° aproximadamente (Figura 8).

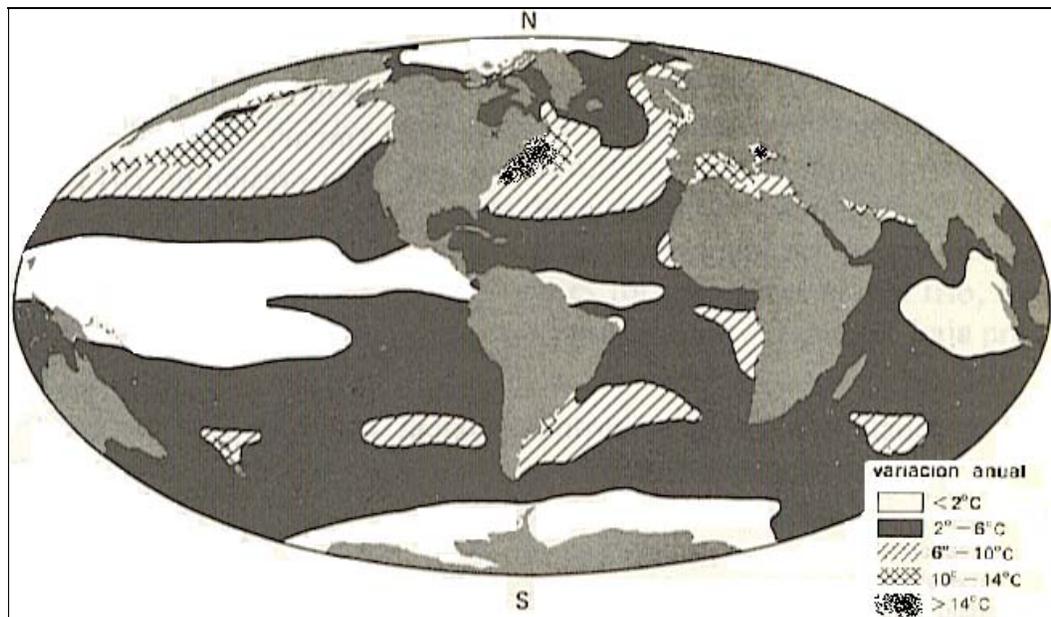


Figura 8. Variación anual de la temperatura superficial del mar (Weihaupt, 1984).

Costa occidental de la península de Baja California.

Existen eventos geológicos que se pueden seguir desde el Mesozoico para esta zona, es una de las más dinámicas en los últimos 220 millones de años en procesos de tectónica de placas y deriva continental. Durante el Cenozoico el marco es exclusivo para la península. Durante el Néogeno el evento más importante es la apertura del Golfo de California.

Mediante los trabajos en las expediciones del Glomar-Chalenger se delimitaron tres grandes regiones geográficas basadas en la tectónica regional: Borderly, Guadalupe-Arrugado y Porción Sur de la Península.

Borderly es la región del Sur de California tiene una amplitud mayor a 200 km, es una zona en la que han encontrado muestras geológicas que indican actividad volcánica reciente y fuerte, por estudios del sedimento se conocen aspectos del paleoambiente de la zona.

Guadalupe-Arrugado es una región al sur del paralelo 32° N, donde el Bordenly es más estrecho, de piso muy accidentado con depresiones y trincheras, como las de Cedros y Popcorn y montes submarinos de los que algunos llegan a salir de la superficie como la Isla Guadalupe. La región es una meseta y es el área más extensa al sur del paralelo 32° N.

Por último, la porción Suroccidental de la Península de Baja California, tiene una topografía sumamente compleja con la depresión de Cedros como límite al Este y los Montes Marinos de Henderson, Crest y las Islas Alijos limitan al Oeste. La Bahía Magdalena es una de las áreas más importantes dada la descarga sedimentaria de millones de años.

Existen enormes fallas al Suroeste del extremo sur de la península de Baja California como la fractura de San Lázaro, la de Ulloa y la de Calafia. Existen 16 lagunas costeras en esta parte distribuidas desde Ensenada hasta cabo San Lucas. Éstas aparecen con la última glaciación hace 18000 años; la elevación del mar ocasionó que el océano invadiera las mesetas, depresiones costeras, valles y deltas. Comparten características geomorfológicas como la línea de costa con relieve entre intermedio y alto, poco derrame de agua, valles secos con pequeñas cuencas, el clima de costa y montaña es semiárido en la parte norte las lluvias son en invierno y en la parte sur en el verano.

La placa continental es pequeña en la región central y sur este, la energía del oleaje es alta en costas abierta, la energía mareal presenta velocidades elevadas en la corriente de reflujo. Por las corrientes que existen en ella se considera una zona altamente productiva (Contreras, 1985).

Conforme a la clasificación descrita por el mismo autor estas lagunas se consideran del tipo I que son lagunas por erosión diferencial formadas por procesos no marinos como Ojo de Liebre.

También hay del tipo III que son barreras de arena, inundadas en el margen interior del continente, protegidas por una barra con orientación paralela a la costa. Son poco profundas con canales de erosión como Punta Banda.

Las del tipo V llamadas tectónicas son producidas por fallas, plegamientos o vulcanismo, tienen forma variable y son profundas o levemente profundas como Bahía Magdalena (De la Lanza Espino, 1991).

Respecto de la temperatura y salinidad se puede decir que las características de la Corriente de California predominan en la zona con baja salinidad y temperatura, pero en las cercanías de la costa existen alteraciones por la existencia de surgencias y contraflujos. Al Sur del Golfo de California y al Oeste en el Pacífico Norte central en la Corriente de California existe una masa de agua cálida y salada. A una escala continental la Corriente de California esta formada por una zona de transición entre la masa ecuatorial y la Subártica, sin embargo por estudios más detallados se sugieren tres zonas diferenciadas:

La zona de dominio ecuatorial en la que en la primavera la temperatura y la salinidad son menores al promedio anual. En verano y otoño incrementa la temperatura y disminuye en invierno. La salinidad incrementa en otoño e invierno y baja en verano.

Estos cambios están asociados a las modificaciones estacionales en el sistema frontal que se presenta en las cercanías del Cabo San Lucas en el que se encuentran aguas superficiales con temperaturas y salinidades comparativamente más bajas a las de más al Sur, las cuales son debidas a la Corriente de California que lleva agua de origen subártico hacia el Sureste y al Golfo de California con intenso calentamiento y un exceso de evaporación que lleva a la formación de una masa de agua caliente con salinidades mayores a 35 ‰. El agua de alta salinidad fluye hacia el Sur a lo largo del lado Oeste del Golfo y alcanza la punta Sur de la Península de Baja California formando parte del sistema frontal de pequeñas cantidades de agua localizada al Sur de Cabo San Lucas.

Existe otra zona, llamada de transición, donde la temperatura es alta en verano y otoño respecto del promedio anual y más baja en invierno y primavera. Cerca de la costa hay cambios de salinidad siendo esta más baja en general. En el verano y otoño existe una disminución de temperatura y se incrementa en primavera e invierno, muy probablemente por las surgencias de verano y otoño que son más intensas. En esta zona hay un aumento de surgencias en las temporadas de verano y otoño, junto con la disminución de temperatura en las cercanías de la costa en ambas épocas, la zona se ubica alrededor del 21° N y hasta los 33° N. La última zona llamada de Dominio Subártico enmarcada arriba de los 33° N en el territorio de E. U. A.; posee una temperatura en verano debajo del promedio anual y tiene cambios de salinidad más abruptos que la zona de transición. En el invierno curiosamente tiene una temperatura máxima asociada posiblemente a la influencia de la Corriente de Davidson que lleva agua de Sur a Norte (Figura 9).

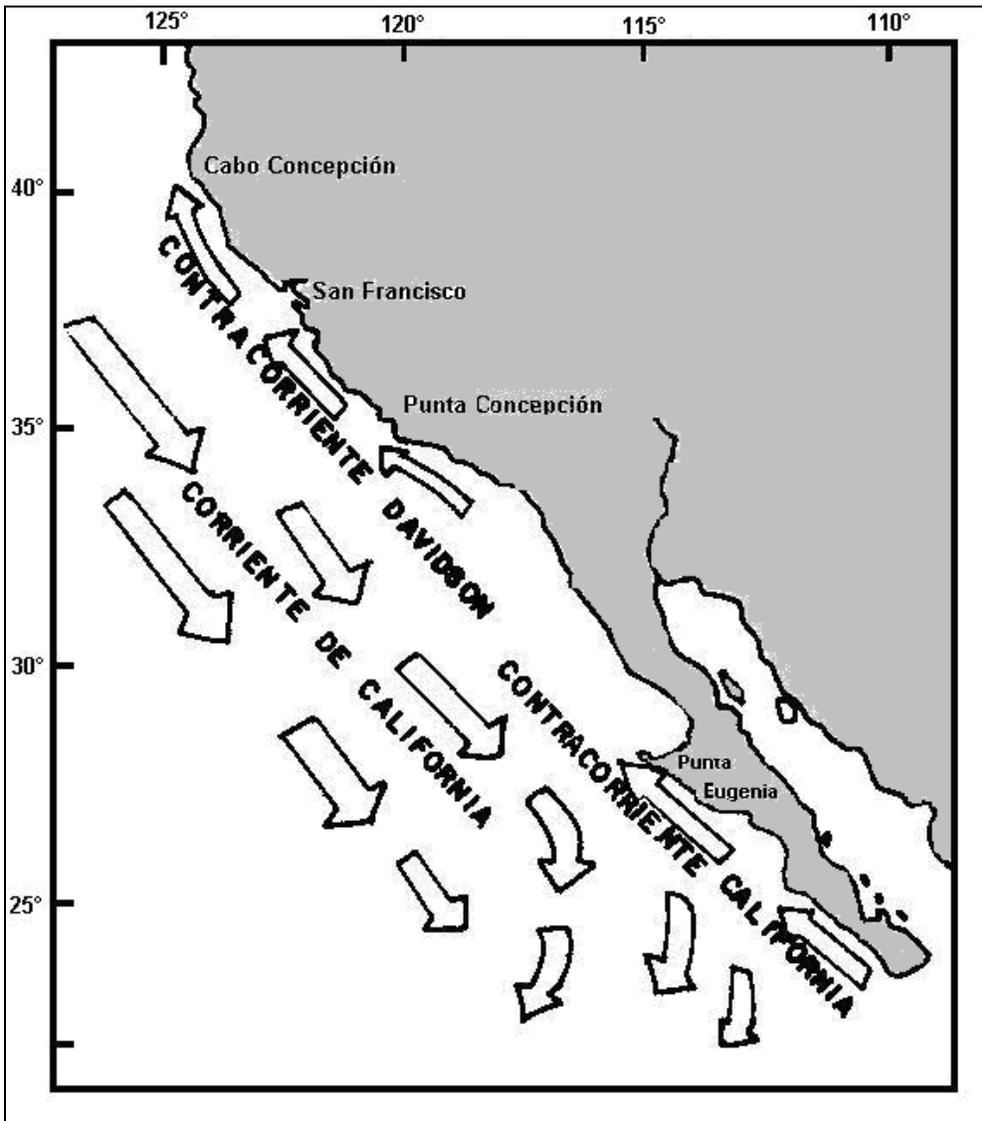


Figura 9. Sistema de corrientes en la costa occidental de Baja California (De La Lanza Espino, 1991).

Golfo de California.

Tanto la batimetría y la topografía de esta parte son el resultado de 12 millones de años de eventos geológicos que han generado accidentes topográficos de todo tipo, cañones, abanicos sedimentarios y paredes verticales. También hay cuencas y planicies abisales, una plataforma continental solo en el margen continental del Golfo y alrededor de 102 islas casi todas de origen volcánico (De La Lanza Espino, 1991). El Golfo de California comprende tres regiones o provincias topográficas: Norte, Central y Sur.

La Provincia Norte del Golfo de California posee grandes cantidades de sedimentos llevados por el Río Colorado, que forman un abanico muy extenso y tiene una plataforma continental muy amplia limitada por la isobata de 180 m. La profundidad no es mayor a los 35 m en el 30 % de la plataforma. Existen dos rasgos sobresalientes: Rocas Consag de origen sedimentario metamórfico y dos cuencas de alrededor de 180 m de profundidad con alineación Norte Sur.

Hacia el Sur la plataforma se reduce hasta 40 km en la Isla Tiburón y por el lado de la península a la altura de la Isla Ángel de la Guarda prácticamente no existe. Las Cuencas de Delfín y Salsipuedes son las más profundas, la primera es una estructura alargada que va paralela a la península pasa por el Canal de Ballenas hacia la Cuenca Salsipuedes estando separadas por una zona de 540 m de profundidad entre la Isla Ángel de la Guarda y las paredes del talud peninsular; la Cuenca Salsipuedes tiene la mayor profundidad registrada en esta región con 1450 m. Al Norte de las Islas San Esteban y Tiburón esta la Cuenca Tiburón somera y plana.

En esta provincia están las islas más grandes del Golfo de California - Isla Tiburón, Ángel de la Guarda, San Esteban y otras. Poseen plataformas con un límite en la isobata de 180 m. Ángel de la Guarda tiene una plataforma pequeña inexistente en la porción Suroeste debido al escarpe por la pared de la Cuenca Salsipuedes. Al Sur de la Isla Tiburón el golfo presenta la parte más angosta.

La Provincia central esta al Sur de las Grandes Islas, allí el golfo es más ancho y profundo. Inicia en el umbral de los 548 m entre la depresión de Salsipuedes y Guaymas, esta profundidad se extiende por 49 km hacia el Sur con una pendiente moderada en el lado continental y tosca en el peninsular. La plataforma es estrecha a ambos lados. Al Sur del Río Mayo la plataforma se ensancha a 25 km y el talud es más accidentado. Del lado peninsular es más escarpado con ángulos de 45° en las pendientes.

Es destacable la presencia de la Cuenca de Guaymas, alargada en posición Noroeste-Sureste y más amplia a la altura del Sur del Puerto de Guaymas, posee contornos con cotas de 1260, 1440 y 1625 m; en la cota de 1400 m se eleva la Isla Tortuga de laderas escarpadas. Las Islas Tortuga, San Marcos, Santa Inés y Bahía de Concepción son las estructuras más notables en la superficie.

La Provincia del Sur es muy irregular en su topografía con cañones y montes, en el paralelo 24° tenemos una anchura de 240 km aproximadamente; las cuencas y las depresiones más profundas e islas de origen volcánico son características. Junto al continente la plataforma es muy corta en Topolobampo y más amplia a lo largo del resto del estado de Sinaloa y en Nayarit, pero frente a Puerto Vallarta desaparece.

Al Sur de Mazatlán la plataforma tiene su máxima amplitud frente a las Islas Marías y el talud en el occidente de las islas desciende hasta 2550 m; desde la Cuenca Farallón hasta Mazatlán el talud es interrumpido a los 1500 m y vuelve a caer hasta la mayor profundidad.

En la parte peninsular se encuentra una topografía más compleja, la plataforma es irregular con más de 5 km y solo en la Bahía de la Paz es mayor con 20 km, el talud presenta terrazas y escarpes que irregularmente irrumpen la batimetría de la costa de la península en el golfo, además existen islas que causan mayor complejidad en el relieve.

En esta provincia existen tres cuencas llamadas Carmen, Farallón y Pescadero, además de la depresión de Mazatlán que esta al Sur del paralelo 23 en la parte central de la boca del golfo. La primera posee una profundidad máxima de 2675 m localizada al noroeste. La Cuenca de Farallón es más extensa y profunda (3075 m) que la anterior, la Cuenca de Pescadero tiene 3652 m como profundidad máxima.

Después de Pescadero el fondo es menos accidentado y hacia el Sur encontramos la montaña de Alarcón y más al Sur a 85 km esta la Cuenca de Mazatlán con 3060 m. Al Sur está la Cuenca del Pacífico plana con pocos montes y mesetas y a 220 km al Sur de esta última cuenca están las Islas Marías que tienen la depresión de las Tres Marías hacia el Sur misma que es la más profunda con 4142 m. En el extremo de la península existe alrededor de 25 cañones.

- Lagunas costeras y otros accidentes en la costa del Golfo de California.

En la costa peninsular del Golfo de California existe un frente de montañas, planicies costeras angostas y abruptas, con derrame pluvial escaso y cañones. Los escurrimientos son raros exceptuando el Río Colorado, posee un oleaje mínimo, con energía de mareas alta. Existen seis sistemas costeros: Estuario del Río Colorado, Estero El Moreno, Bahía de los Ángeles, Estero San Lucas, Bahía de la Concepción y Bahía de la Paz.

En el lado continental desde el Río Colorado hasta Mazatlán existen 31 lagunas costeras y 9 estuarios y bahías con relieve de medio a alto, planicie costera angosta a amplia y con derrame limitado. Posee muchos ríos, las olas poseen energía mareal que va de intermedia en el Sur a muy alta en el Norte (Contreras, 1985).

- Temperatura, salinidad y corrientes en el Golfo de California.

El Golfo de California es una cuenca de evaporación importante para el Océano Pacífico que por consideración oceanográfica puede dividirse en cuatro provincias: Golfo Superior, Canal de Ballenas y Fosa Salsipuedes, Golfo Inferior y Entrada del

Golfo. Existen diferentes modelos propuestos para los fenómenos presentes en el Golfo de California en la figura 10 se presenta un modelo general para toda el área.

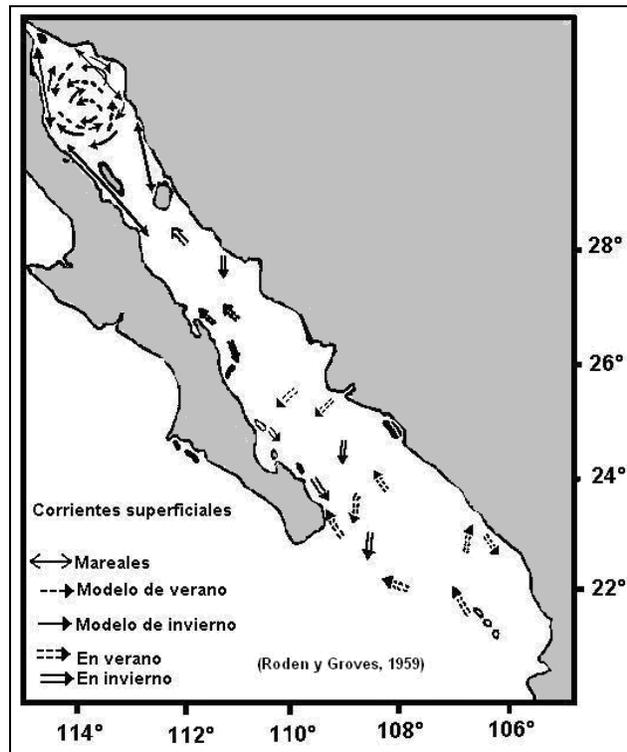


Figura 10. Modelo general de la circulación en el Golfo de California (Tomado de De La Lanza Espino, 1991).

- Golfo Superior.

El Golfo Superior esta comprendido desde el delta del Río Colorado hasta Isla Tiburón, tiene pendientes ligeras, cuencas someras, sedimentos gruesos, turbidez alta, temperaturas extremas, evaporación alta, baja precipitación, salinidad alta, mareas amplias y escaso oleaje. Tiene fluctuaciones muy grandes de temperatura y salinidad debido a la fuerte insolación.

La manera en que se distribuye la salinidad nos indica que tiende a ser mayor en las partes de menor profundidad; antes de la construcción de presas arriba en territorio de

los Estados Unidos los afluentes del Río Colorado aportaban agua dulce que disminuía la salinidad del el Golfo Superior.

Por la evaporación en las mareas se acumula sal que en el siguiente ciclo de marea es arrastrada de nuevo, siendo una fuente de alta salinidad (40‰) en el delta alrededor de la Isla Montague. El agua con alta concentración de sales es transportada al Sur a lo largo de la costa oriental en donde recibe los aportes de las lagunas costeras también altos en sal, dado que la corriente va en sentido contrario a las manecillas del reloj la sal aumenta hacia el noroeste y disminuye en el Este del Golfo.

La circulación del agua se considera con influencia únicamente local para el Golfo Superior dado que se encuentra el cinturón de grandes islas que no permiten el libre paso de las corrientes hacia el Norte y hacia el Sur recíprocamente. El movimiento superficial añadido al Efecto Coriolis y diferentes fenómenos físicos producen surgencias. El patrón de circulación muy complejo esta dado por el calentamiento y enfriamiento de las aguas del delta de Río Colorado que junto con el efecto Coriolis determina que en verano el flujo de la corriente sea de Norte a Sur. En los meses fríos que son de diciembre a febrero el sentido se invierte. Todo el movimiento incluye giros, movimiento por las mareas, corrientes subsuperficiales y capas superficiales movidas por el viento (Figura 11).

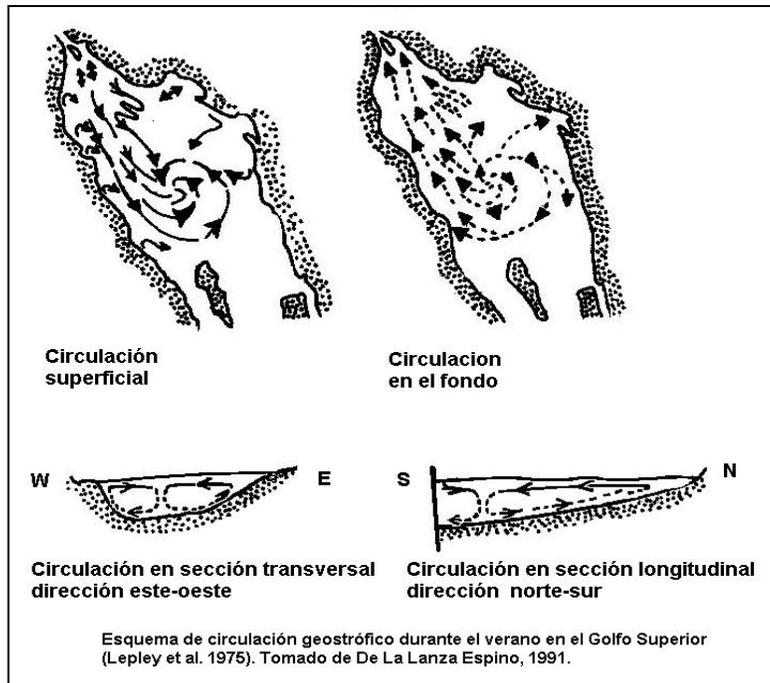


Figura 11. Esquema de circulación geostrofica para el verano en el Golfo Superior (Tomado de De La Lanza Espino, 1991).

- Canal de Ballenas y Fosa Salsipuedes.

Esta es la zona comprendida entre la costa de Baja California y las Islas Ángel de la Guarda y San Lorenzo. Ahí se presentan corrientes de marea longitudinales que crean temperaturas altas en el fondo además de salinidades y concentraciones de oxígeno disuelto anormales. La velocidad de estas corrientes es muy alta provocando mezclas.

Ya que su profundidad cambia rápidamente se crea una barrera para el flujo de agua entre el centro y Norte del golfo. La temperatura superficial es 1C° más baja en promedio que en todo el golfo, con surgencias en verano e invierno, respecto de la temperatura diremos que es una zona de agua fría permanente.

Existen en la zona intercambios de agua superficial; aportes del fondo de Salsipuedes se mezclan con agua del Golfo Superior y en la parte Sur el agua proviene del Pacífico Ecuatorial. Las investigaciones han probado que durante el invierno el agua fría y

salada del Norte del golfo, se hunde y se mueve en el fondo hacia el Sureste, con una salinidad de 35 ‰ a una profundidad entre los 150 y 200 metros. Dada esta masa de agua las distribuciones verticales presentan mínimos y máximos no registrados durante el verano y otoño; este movimiento oxigena el agua y se une a la mezcla por corrientes de marea.

Todo el intercambio de agua entre la parte Norte y Sur del golfo en esta zona es limitada a la capa superior debajo de la profundidad de umbral (100 a 150 m); las condiciones son muy diferentes entre el Norte y el Sur. En el norte la temperatura es de 11 a 12 °C, la salinidad de 34.8 ‰ y 34.9 ‰ y el oxígeno disuelto es de 1 ml/l y 2 ml/l y en el Sur a la misma profundidad tenemos 5 a 8 °C, salinidad de 34.8 ‰ a 34.8 ‰ y los contenidos de oxígeno disuelto son de 0.08 ml/l a 0.15 ml/l.

- Golfo Inferior.

Se limita por el área entre Isla Tiburón y la línea imaginaria que va de Cabo San Lucas a Mazatlán; tiene una amplia comunicación al Norte y Sur, con salinidad superficial alta y una corriente hacia el Sur intensa en las cercanías de su lado occidental. Sus cuencas son profundas, mareas pequeñas y las corrientes son menos diferenciadas que las producidas por los vientos, las corrientes superficiales van hacia el suroeste en invierno y al Noroeste en verano.

La variación de la temperatura en esta zona es notoria muy parecida a la del Golfo Superior con una variación mínima en la salinidad. A los 300 metros de profundidad la temperatura aumenta respecto de las anteriores zonas y la salinidad es similar a la del Pacífico Ecuatorial 34.5 ‰ y 35.5 ‰ con fenómenos complejos y estacionales que se incrementan hacia la parte Sur. A los 100 metros de profundidad tenemos 14°C y una salinidad baja.

Las corrientes son poco conocidas en esta zona, en general la circulación superficial y a 200 m de profundidad es parecida con ligera pérdida de velocidad a los 200 m y

también disminuye con la latitud, las velocidades más grandes están al Suroeste de Isla Tiburón (35 cm/s).

Todo apunta a que los vientos son los responsables de la circulación superficial en el golfo, por lo que hay diferencias en el patrón invernal y de verano; en el primero la dirección es al sureste cuando los vientos soplan del Noroeste paralelos a la costa del Este del golfo, por lo que las aguas más densas del fondo reemplazan a las superficiales que fueron desplazadas lo que genera surgencias en la zona.

En el verano la circulación del flujo se invierte y coincide con la circulación generalizada del golfo para esta época, esto es, las corriente van hacia el Noroeste desde la entrada hasta la latitud 28° N en el golfo, cuando los vientos soplan del Sureste (Figura 12).

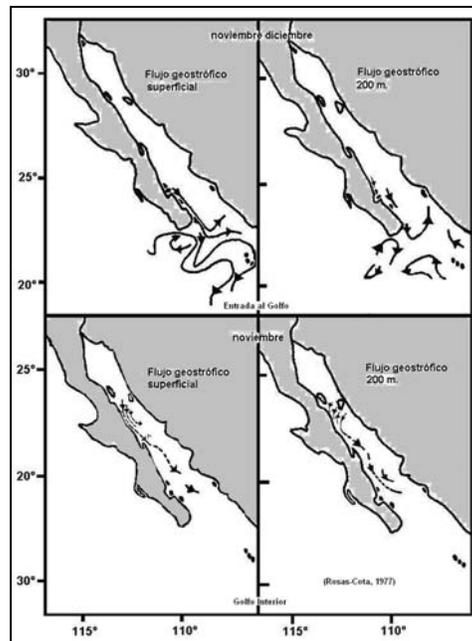


Figura 12. Circulación en la entrada del golfo y en el Golfo Inferior (Tomado de De La Lanza Espino, 1991).

- Entrada del Golfo de California.

Esta es la cuarta y última región, está en el área triangular que tiene como base al Este la costa que va de Mazatlán a Cabo Corrientes y las líneas imaginarias que van desde Cabo San Lucas a Mazatlán y de Cabo San Lucas a Cabo Corrientes. Posee fuertes remolinos e intrusiones posiblemente ligadas a tres corrientes; existen pendientes pronunciadas en la zona, cuencas con más de 3600 m. Presenta la salinidad más baja de todo el golfo y tiene mayor precipitación. Dada la entrada y mezcla de agua del Pacífico la temperatura es moderada (9° C promedio) y esta expuesta a las tormentas del Pacífico y sus condiciones.

La Corriente del Golfo de California lleva agua hacia el Sur con 18° C y en Cabo San Lucas encuentra a la Corriente de California con agua fría a 15° C generándose frentes termohalinos. La Corriente Norecuatorial conduce agua a 26° C al Noroeste y se mezcla con las corrientes anteriores, esta última remonta a las dos primeras y estas al hundirse pierden sus características al mezclarse al Norte de la Provincia.

Por esta mezcla, la salinidad tiene una distribución compleja, del golfo sale agua con salinidad alta 35 ‰, la Corriente de California lleva agua con 33 ‰ – 34 ‰ y la Corriente Norecuatorial lleva baja salinidad y así por su baja densidad fluye sobre las otras dos. La velocidad de estas corrientes llega a ser de 50 cm/s y en general se mantiene en 30 cm/s.

El patrón de circulación general es un giro anticiclónico superficial durante la primavera al tiempo que la circulación externa es hacia el Sureste. En verano y otoño el giro cambia cuando el flujo es al Noroeste. La entrada de agua se relaciona con baja salinidad y la salida con alta salinidad, lo que evita las altas salinidades en el interior por evaporación (Figura 13).

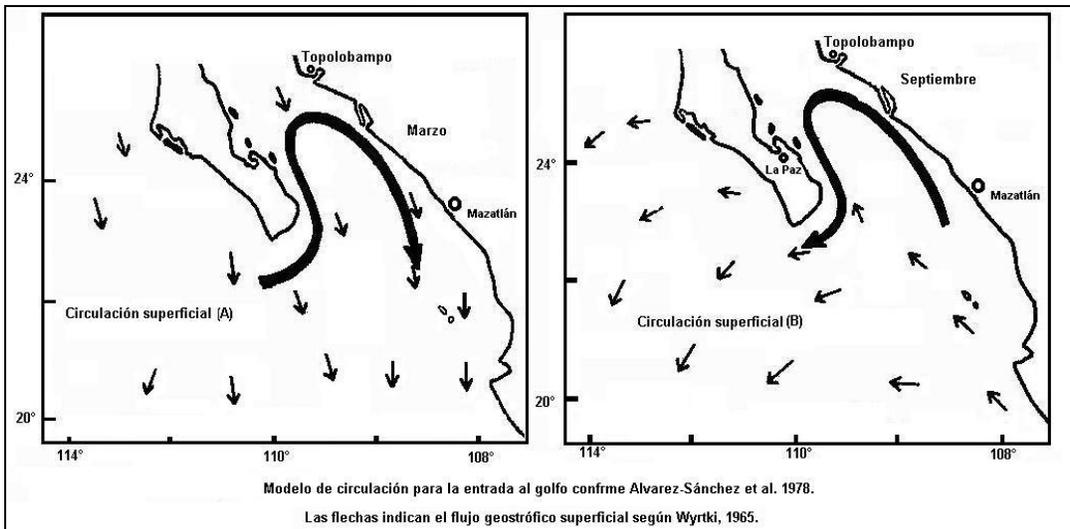


Figura 13. Modelo de circulación en la entrada del Golfo de California (Tomado de De La Lanza Espino, 1991).

Biogeografía del pacífico.

En el océano existen una gran cantidad de formas de vida lo que implica que exista una gran diversidad de redes alimentarias y relaciones tróficas; así también existen mucho mayor variedad en tallas corporales que en tierra, desde el picoplanctón a las ballenas. Las redes alimentarias tienden a ser más complejas que las terrestres y poseen más niveles tróficos en sus cadenas alimentarias. Es mínimo el conocimiento que existe acerca de cómo los grandes depredadores marinos pueden tener marcados efectos sobre la estructura de sus comunidades sobre el ciclo de nutrientes y que los procesos físicos y bióticos están de hecho, fuertemente ligados en una red cibernética. Respecto de la biogeografía, los biomas, y provincias de las zonas costeras y océanos presentan un extraordinario arreglo de ambientes, dado a una evidente tridimensionalidad (Carleton, 1988).

Peces

Se estiman 1738 especies de peces marinos para México de las cuales 375 son de ambientes continentales marinos y el resto son exclusivamente oceánicos, y existe un endemismo alto para la ictiofauna mexicana (Espinosa-Pérez *et al.*, 1998).

En estos ambientes la composición de las especies esta influida por condiciones fisiográficas, geológicas y climáticas. El mayor número de especies están en la región tropical y subtropical; en las regiones templadas existe una gran biomasa de uso pesquero y restringida a unas pocas especies. Los taxa en el Océano Pacífico tienen su origen en el Indopacífico y muchos otros son autóctonos.

Respecto de su distribución Espinosa Pérez y sus colaboradores dicen (1998): “La amplia distribución de los peces marinos dificulta su asignación geográfica; en este estudio se consideran mexicanos los capturados en aguas de México. En las costas del Pacífico pueden reconocerse tres subprovincias: Sandieguina o Californiana (límite norte de Baja California y Bahía de Magdalena), Golfo de California (Golfo de California a Mazatlán) y Panámica que se extiende desde los límites meridionales del Golfo de California hasta la frontera sur de Chiapas. La fauna de peces de la costa del Pacífico se conoce por los datos aportados por los estudios de diferentes autores y de la región californiana se conocen 507 especies.

Una breve lista que comprende las familias y géneros más comunes es la siguiente: Scorpaenidae (*Scorpaenoides xyris*, *Scorpaena guttata*, *Sebastes atrovirens*, *S. auriculatus*, *S. aurora* y *S. caurinus*); Triglidae (*Bellator xenisma* y *Prionotus stephanobryis*); Cottidae (*Artedius corallinus*, *A. creaseri*, *A. lateralis*, *Leptocottus armatus*, *Leptocottus birundo* y *Paricelinus*); Carangidae (*Caranx caninus*, *Seriola lalyi*, *S. rivoliana*, *Cbloroscombrus Orqueta*, *Selene Peruvianus*, *Trachinotus symmetricus*, *T. rubropus* y *Uraspis secunda*) algunos elasmobranquios; Alopiidae (*Alopias superciliosus* y *A. vulpinus*); Carcharhinidae (*Carcharhinus leucas*, *C. brechyrurus*, *C. obscurus* y *C. longimanus*); Sphyrnidae (*Sphyrna lewini* y *S. zygaena*); Rhinobatidae (*Rhinobatus productus*); Dasyatidae (*Urolophus balieri*, *Gymnura marmorata* y *Dasyatis*

brevis); *Myliobatitís californica*) y Rajidae (*Raja ínornata*, *R. rbina*, *R. binocolata*, *R. stellulata*).

De la misma región, pero de una zona más amplia se enlistan 554 especies. En el Golfo de California existen cerca de 404 especies. Se asegura que sólo las especies de arrecifes -sin incluir las pelágicas y de profundidad- suman 271 especies. Excluyendo a los peces de profundidad y se sugiere que esta cifra puede llegar a 800 especies. Las principales familias, en términos de abundancia de géneros y especies, comprenden Serranidae (*Epínephelus panamensis*, *E. acanthistius*, *E. labriformis*, *Mycteropercajordani*, *M. rosacea*, *Paranthias colonus*, *Paralabrax maculatofasciatus* y *P. auroguttatus*); Sciaenidae (*Cynoscion xantbulus*, *C. reticulatus*, *Totoaba macdonaldi*, *Pareques viola*, *Bairdiella armata*, *Larimus pacíficus* e *Isopistbus remífer*); Pomacentridae (*Eupomacentrus rectifraenum*, *Abubdefduf troschelii* y *Chromis atrilobatus*); Labridae (*Halicboeres semicinctus*, *H. dispílus*, *Bodfañus díplotaenia*, *Decodon melasma*, *Pseudojulís notospilus* y *Thalassoma leucasanum*); Clinidae (*Labrisomus xanti*, *Malacoctenus gigas*, *M. bubbsi*, *Starksia boesei* y *Paraclinus sinj*) y Gobiesocidea (*Gobíesox adustus*, *G. papillifer*, *G. pinniger*, *G. scbultzi*, *Arcos erytbrops*, *Pherallodiscus funebris*, *Tomicodon boeblkei*, *T. zebra*, *T. bumeralis* y *T myersi*).

La zona Panámica es un continuo que se extiende desde el ecuador hasta California. En México, en el área a la que se restringe este estudio, se estima que hay 505 especies. En dicha área las principales familias son Ariidae (*Arius liropus*, *A. seemani*, *Ariopsis coeruleascens*, *A. gilberti* y *Bagre panamensis*). Bothidae (*Citbaricbtbys gilberti*, *Cyclopsetta querna*, *Etropus crossotus*, *Híppoglossína bollmaní*, *Syacium ovale* y *S. latifrons*); Carangidae (*Caranx caballus*, *C. margínatus*, *Cbloroscombrus orqueta*, *Oligoplites saurus*, *Selene brevoorti* y *Tracbinotus kennedyt*); Clupeidae (*Harengula tbrissina*, *Lile stolifera*, *Opistbonema libertate* y *Pleisteostoma lutípinnis*); Engraulididae (*Ancboa scofieldi*, *A. iscbana*, *Ancboviella analis*, y *Ancbovia macrolepidota*); Gerreidae (*Diapterus peruvianus*, *Eucinostomus dowii*, *E. melanopterus* y *Eugerres lineatus*); Gobiidae (*Awaous trasyeanus*, *Dormitator latífrons*, *Gobionellus microdon*, *Eleotris pictus*, *Gobiosoma etbeostoma*, *Microgobius miraflorensis* y *Gobíomorus maculatus*);

Lutjanidae (*Lutjanus peru*, *L. guttatus*, *L. novemfasciatus*, *L. argentiventris*, *Hoplopagrus guentberi* y *Rabirrubia inermis*); Sciaenidae (*Larimus effulgens*, *Menticirrbus panamensis*, *Opboscion strabo* y *Umbrina xanti*) y Triglidae (*Prionotus ruscarius* y *P. laquiescens*). Y se han registrado varios géneros y especies hermanas de peces de arrecifes anfiamericanas”.

Acerca del endemismo Espinosa-Pérez y colaboradores (1998) mencionan que no existen datos confiables, sin embargo se estima que para el Golfo de California debe existir un 20 % de especies endémicas; en la Provincia Mexicana considerada parte de la Panámica se calcula un 15 % de endemismos y en particular para la zona del Istmo de Tehuantepec puede ser mayor.

Plancton.

La distribución de los organismos en el océano es más fácil de estudiar en el dominio bentónico, es decir, los organismos que viven en el fondo de los mares, ya que las características fisicoquímicas y biológicas que forman su cuadro ambiental son más o menos constantes, lo que hace que estos individuos desarrollen su estructura y realicen sus funciones de tal modo que les permitan adaptarse al medio donde se encuentran.

En cambio, el estudio de la distribución de los seres planctónicos es más difícil de discernir, ya que las extensiones de las masas de agua en el sentido horizontal hacen que las condiciones fisicoquímicas y biológicas varíen con las estaciones del año, modificando las características del agua, y trayendo como consecuencia que disminuyan las poblaciones de los organismos que flotan y que los que pueden nadar emigren hacia otras regiones; esto hace que se complique la distribución de los seres en el dominio pelágico.

El plancton se dispersa mediante el movimiento de las aguas producido por las corrientes, el oleaje, las mareas y otros factores, a diferencia de los organismos bentónicos del litoral que se dispersan por medio de larvas planctónicas, o bien, unidos a algas u otros objetos que flotan a la deriva y por lenta progresión individual. Debido a

la manera en que se ha ido estructurando su distribución a través del tiempo los organismos planctónicos presentan diferentes características en los distintos océanos (Cifuentes-Lemus, *et al.*, 1997).

La distribución de las comunidades de fito y zooplancton ejerce gran influencia sobre las pesquerías, y cuando las aguas son particularmente ricas en plancton y sobre todo en organismos que contienen grandes cantidades de proteínas y de grasas como diversos copépodos, eufáusidos, etcétera, abundan peces del tipo del arenque, por ejemplo.

El Océano Pacífico es el más grande de los océanos, está dividido en tres zonas: sur, norte y región ecuatorial o Pacífico Central. Los organismos que se encuentran en este océano se consideran los más antiguos.

La flora y fauna planctónica del Pacífico es la más antigua, probado por la diversidad superior que existe en el y por que las especies que viven en la zona profunda de este océano viven en la superficie de otros. En gran cantidad los seres que viven en el ártico y el Atlántico Norte han derivado de la biota del Pacífico más rica y variada.

Conforme algunas características como la temperatura de las masas de agua que habitan y su ubicación, Cifuentes Lemus y sus colaboradores (1997) clasifican a las comunidades planctónicas así:

“Las comunidades planctónicas en el Océano Pacifico se pueden separar muy claramente en dos grandes grupos, el de las aguas neríticas frías, que desciende hasta los 50 grados de latitud norte frente a las costas del Japón y del Canadá; y el de las aguas centrales, de carácter subtropical, que asciende hasta los 40 grados de latitud norte en la costa de California. Estos dos grandes conjuntos están separados por 10 grados de latitud, y constituyen regiones en donde el plancton posee caracteres muy especiales según la zona”.

En el Pacífico Norte la productividad primaria del fitoplancton es en promedio de 150 gramos por metro cuadrado por año, con un total en peso húmedo de estos vegetales planctónicos de 54 millones de toneladas por año. El zooplancton es cualitativa y

cuantitativamente considerable y está formado por gran cantidad de especies, principalmente copépodos, quetognatos, anfípodos y eufáusidos.

Se calcula que existen en promedio 20 g/m² por año de zooplancton, o sea un 20% de la cantidad de fitoplancton. El océano Pacífico Norte tiene, por lo tanto, gran productividad y es rico en pesca, abundando la merluza, bacalao, arenque, sardina, anchoa, lenguado, platija, atún, etcétera; más o menos se en el pesca el 30% del total de la captura mundial.

En el Pacífico Central la productividad es alta en la mayoría de las zonas costeras y más baja en las áreas oceánicas lejanas a la costa, excepto para una banda a lo largo del ecuador. En las zonas en donde se localizan corrientes de surgencia la productividad aumenta, alcanzando un promedio de 180 gramos por metro cuadrado por año y 30 millones de toneladas de peso húmedo de fitoplancton por año. El zooplancton tiene una distribución similar, encontrándose las mayores poblaciones en las zonas de surgencia, las cuales están formadas por copépodos. Su producción pesquera es baja y las especies que se capturan son: atunes, bonitos, agujas, sierras, caballas, peces sable, gallinetas, etcétera.

En el Pacífico Sur la productividad primaria es alta en ciertas regiones costeras de América Central y de América del Sur; también lo es en algunas áreas de surgencias, en donde se estima una producción anual mayor a 200 gramos por metro cuadrado y 155 millones de toneladas de peso húmedo de plancton. El zooplancton presenta una abundancia muy relacionada según las estaciones del año con la aparición del fitoplancton.

Una de las zonas de surgencia más productivas del mundo es la Corriente de Humboldt o Corriente de Perú, donde se ha llegado a capturar, en un año, 12 millones de toneladas de anchoas. También se pescan en este océano arenques, sardinas, merluzas, caballas, tiburones, rayas y quimeras, tiburón, rayas, etcétera.

Literatura citada

-Acevedo Gutierrez A., Parker, N. 2000. Surface behavior of bottlenose dolphins is related to spatial arrangement of prey. *Marine Mammal Science* 16 (2): 287 - 298

-Aguayo, J. E., y R. Trápaga. 2003. *Geodinámica de México y minerales del mar*. Col. La ciencia para todos. Fondo de Cultura Económica. México. 105 p.

-Andrewartha H. G. and L. C. Birch. 1954. *The distribución and abundance of animals*. The University of Chicago Press. Chicago.

-Atlas de México. 1989. *Hipsometría y batimetría*. Instituto de Geografía, UNAM.

-Atlas de México. 1991. *Geología marina*. Instituto de Geografía, UNAM

-Atlas de México. 1992. *Geología*. Instituto de Geografía, UNAM

-Atlas de México. 1992. *Biología marina 1*. Instituto de Geografía, UNAM

-Atlas de México. 1992. *Oceanografía Física 1*. Instituto de Geografía, UNAM

-Atlas de México. 1992. *Oceanografía Física 2*. Instituto de Geografía, UNAM

-Atlas de México. 1992. *Oceanografía Química*. Instituto de Geografía, UNAM

-Baird, R. W., A. D. Ligon., S. K. Hooker and A. M. Gorgone. 2001. Subsurface and nighttime behaviour of pantropical spotted dolphin in Hawaii. *Canadian Journal of Zoology* 79: 978-986.

Eliminado: ,

- Ballance L. T., R. L. Pitman, P. C. Fiedler. 2006. Oceanographic influences on seabirds and cetaceans of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*. 69: 360–390.

-Bernard, H. J., Reilly, B. 1999. Pilot whales - Globicephala Lesson, 1828. In: Ridgway, S. H., Harrison, S. R. Eds. Handbook of Marine Mammals Vol. 6: The second book of dolphins and porpoises. pp. 245 – 280

-Berry, J. K. 1993 a. Cartographic modeling: the analytical capabilities of GIS. In: Geographic Information Systems and environmental modeling, Oxford University Press. Oxford.

-Berry, J. K. 1993 b. GIS resolves land use conflicts: a case study. International GIS sourcebook.

-Brodie, P. F. 1975. Cetacean energetics, an overview of intraspecific size variation. Ecology. 56: 152-161

-Bullard, E. 1969. El origen de los océanos. En: Deriva continental y tectónica de placas. Selecciones de Scientific American, 2da edición. Blume, Madrid.

-Burrough, P. A. 1991. Soil information systems. In: Maguire, D. J. , Goodchild, M. F., and Rhind, D. W. Eds. Geographical Information systems: principles and applications. Longman. London.

Calambokidis, J., G. H. Steiger, J. R. Evenson, K. R. Flynn, K. C. Balcomb, D.E. Claridge, P. Bloedel, J. M. Straley., C. S. Baker., O. von Ziegesar., M. E. Dahlheim., J. M. Waite., J. D. Darling., G. Ellis and G. A. Green. 1997. Interchange and isolation of humpback whales off California and other North Pacific feeding grounds. Marine Mammal Science. 12: 215-226.

Campos. Ramos, R. 1989. Fotoidentificación y comportamiento del rorcual jorobado *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781) en las aguas adyacentes al archipiélago de Revillagigedo, México (Cetacea: Balaenopteridae). Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM: 134 pp.

- Caraveo-Patiño, J. 2003. Proporción de isótopos estables (c-13), en la fauna bentónica de diferentes latitudes dentro de la ruta migratoria de la ballena gris (*Eschrichtius robustus*). Informe final del Proyecto V015 a la CONABIO, México.
- Carleton, R. 1988. Ecological diversity in coastal zones and oceans. In: Wilson, E. D. 1988. Biodiversity. National Academy Press. Washinton, D. C. 521 p.
- Carwardine, M. 1995. Whales, Dolphins and Porpoises. Dorling Kindersley, London, UK, 257 p.
- Cifuentes-Lemus, J. L., P.Torres-García, y M. M. Frías. 1997. El océano y sus recursos: V. Plancton. Fondo de Cultura Económica. México.
- Clapham, P. J. and J. G. Mead. 1999. *Megaptera novaeangliae*. Mammalian species. 604: 1-9
- CLIMAP Project Members, 1984. The last interglacial ocean. Quat. Res. 21: 123-224.
Last updated: *Fri, 26 May 2006*
- Contreras F. 1985. Las lagunas costeras mexicanas. Centro de Ecodesarrollo. SEPESCA, México. p. 253.
- Culik, B.M. 2004. Review on small cetaceans: Distribution, Behaviour, Migration and Threats. Compiled for the Convention on Migratory species (CMS). Pagina consultada en 2005
http://www.cms.int/reports/small_cetaceans/
- Davis, R.W., G. S. Fargion, N. May, T. D. Leming, M. Baumgartner, W.E. Evans, L.J Hansen, K. Mullin. 1998. Physical habitat of cetaceans along the continental slope in the north-central and western Gulf of Mexico. Marine Mammal Science 14(3): 490-507
- De La Lanza Espino, Guadalupe. 1991. Oceanografía de los mares mexicanos. AGT editores. México.

- Dennison, P. H. 1988. The unique qualities of a geographic information system: a commentary. *Photogrammetric Engineering and remote sensing*. 54(11):1547-1549.
- Dizon, A. e., W. F. Perrin and P. A. Akin. 1994. Stocks of dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) in the eastern tropical Pacific: a phylogenetic classification. NOAA Technical Report NMFS 119, 20 pp.
- Espinosa-Pérez, H., P. Fuentes-Mata, M. T. Gaspar-Dillanés, V. Arenas-Fuentes. 1998. Notas acerca de la ictiofauna mexicana. pp 227–249 In Ramamoorthy T. P., Bye R., Lot A, Fa J. (eds) *Diversidad Biológica de México*. Instituto de Biología, U.N.A.M. México.
- Fajardo-Mellor, L., A. Berta., R.L. Brownell, Jr., C. Boy and N. Goodall. 2006. The phylogenetic relationships and biogeography of true porpoises (Mammalia: Phocoenidae) based on morphological data. *Marine Mammal Science* 22(4): 910-932.
- FAO, <http://www.fao.org/figis/serudet/species> Pagina consultada.
- Ford J. K. B., M. E. Graeme., L. G. Barrett-Lennard, A. B. Morton, R. S. Palm and K. C. Balcomb III. 1998. Dietary specialization in two sympatric populations of killer whales (*Orcinus orca*) in coastal British Columbia and adjacent waters. *Canadian Journal of Zoology*. 76: 1446-1471.
- García-Pelayo, Ramón. 1984. *Pequeño Larousse Ilustrado*. Editorial Larousse, México.
- Goodchild, M. F. 1991. The technological setting of GIS. In: Maguire, D. J. , Goodchild, M. F., and Rhind, D. W. Eds. *Geographical Information systems: principles and applications*. Longman. London.

-Hacker, S. E. 1992. Stomach contents of four short-finned pilot whales (*Globicephala macrorhynchus*) from the Southern California Bight. *Marine Mammal Science*. 8 (1): 76-81

-Heyning, J. E. 1989. Cuvier's beaked whale *Ziphius cavirostris* G. Cuvier 1823 In: Ridway S. H. Harrison S. R. eds. *Handbook of marine mammals*. Academic Press, London. pp 289-308.

-Heyning, J. E., W. F. Perrin. 1994. Evidence for two species of common dolphins (genus *Delphinus*) from the eastern North Pacific. *Contributions in Science (Los Angeles)*. 442: 1-35

-Houston, J. 1991. Status of Cuvier's beaked whale, *Ziphius cavirostris*, in Canada. *Canadian Field Naturalist*. 105(2) 215-218.

-Illoldi-Rangel, P. 2005. Análisis de los patrones de distribución geográfica de los mamíferos del Estado de Oaxaca, México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. México.

-Illoldi-Rangel, P. y P. Escalante. 2008. De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. *Biogeografía* 3: 7-12.

-Jefferson, T. A., S. Leatherwood and M. A. Webber. 1993. *FAO species identification guide. Marine mammals of the world*. FAO Roma, 320 p.

-Jorgensen, S. E. 2003. Ecological modeling: [http:// www. elsevier. com: 80/inco/publications/store/5/0/3/3/0/6/](http://www.elsevier.com:80/inco/publications/store/5/0/3/3/0/6/) (acceded September 20th 2003).

-Koen Alonso, M., S. N. Pedraza, A. C. M. Schiavini, E. A. Crespo and R. N. P. Goodall. 1999. Stomach contents of false killer whales (*Pseudorca crassidens*) stranded on the coasts of the Strait of Magellan, Tierra del Fuego. *Marine Mammal Science*, 15(3): 712-724.

- Krebs, J. Ch.1985. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. Harla. México. 753 p.
- Leatherwood, S., R. R. Reeves., W. F. Perrin and W. E. Evans. 1988. Whales, dolphins and porpoises of the eastern north pacific and adjacent artic waters: Aguide to their identification. Dover Publications, inc. New York. Pp. 245
- Martine, B., J. Urbán R., A. E. Dizon, R. L. Brownell, And P. J. Palsbøll. 2002. Genetic identification of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Sea of Cortez, Mexico. *Conservation Genetics*. 3:183-190.
- Mead, J. G. 1991. Beaked whales of the genus *Mesoplodon*. In: Ridgway S. H., Harrison, S. R. Eds. *Handbook of Marine Mammals*. Vol. 4. Academic Pres, London, pp. 99-128.
- McLaren, S. B. and J. K. Braun. 1993. GIS applications in mammalogy. Special publications of the Oklahoma Museum of Natural History.
- Norris K. S. and W. N. McFarland. 1958. A new harbor porpoise of genus *Phocoena* from Gulf of California. *Journal of Mammalogy*. 29:22-39
- Notarbartolo-Di-Sciara, G; M. Zanardelli, M. Jahoda, S. Panigada, and S. Aioldi. 2003. The fin whale *Balaenoptera physalus* (L.1758) in the Mediterranean Sea. *Mammal Review*. 33(2):105-150.
- Odell, D. K., and K. M. McClune. 1999. *Pseudorca crassidens* (Owen, 1846) In: *Handbook of Marine Mammals* (Ridgway SH, Harrison SR Eds.) Vol. 6: The second book of dolphins and porpoises. pp. 213 - 244.
- Pauly, D., Trites, A. V., Capoli, E., and Christensen, V. 1998. Diet composition and trophic levels of marine mammals. *ICES Journal of Marine Sciences*. 55:467-481.

- Perrin, W.F. 1975. Distribution and differentiation of populations of dolphins of the genus *Stenella* in the eastern tropical Pacific. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 32 (7): 1059-1068
- Perrin, W. F., Hohn, A. A. 1994. Pantropical spotted dolphin - *Stenella attenuata*. In: *Handbook of Marine Mammals* (Ridgway, S. H., and Harrison, S. R. eds.) Vol. 5: The first book of dolphins. Academic Press, London, pp. 71-98
- Perrin, W. F. 1998. *Stenella longirostris*. *Mammalian Species*. 599: 599: 1-7
- Perrin, W. F. 2001. *Stenella attenuata*. *Mammalian species*. 683:1-8
- Perryman, W. L., R. L. Westlake. 1998. A new geographic form of the spinner dolphin, *Stenella longirostris*, detected with aerial photogrammetry. *Marine Mammal Science* 14(1): 38-50
- Pitman, R. L., A. Aguayo-L., and J. Urban-R. 1987. Observations of an unidentified beaked whale (*Mesoplodon* sp.) in the eastern tropical Pacific. *Marine Mammal Science*. 3: 345-352
- Read, A.J., P.N. Halpin, L. B. Crowder, B. D. Best, Fujioka, E. (Editors). 2008. OBIS-SEAMAP: mapping marine mammals, birds and turtles. World Wide Web electronic publication. <http://seamap.env.duke.edu>, Accessed on August 06, 2008.
- Reilly, S.B. 1990. Seasonal changes in distribution and habitat differences among dolphins in the Eastern Tropical Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 66: 1-11.
- Reyes, J. C. 1991. The conservation of small cetaceans: a review. Report prepared for the Secretariat of the Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals. UNEP /CMS Secretariat, Bonn.
- Rice, D. W. 1998. *Marine mammals of the world: systematics and distribution*. Society for Marine Mammalogy, Special Publication Number 4 (Wartzok, D. Ed.) Lawrence. USA.

-Ritter, F. 2002. Behavioural observations of rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) off La Gomera, Canary Islands (1995-2000), with special reference to their interactions with humans. *Aquat Mamm* 28: 46-59.

- Robertson, K. M., S. J. Chivers, 1997. Prey occurrence in pantropical spotted dolphins, *Stenella attenuata*, from the eastern tropical Pacific. *Fishery Bulletin* (Washington, D. C.). 95(2): 334-348

- Robinson, K. P. and M. J. Tetley. 2005. Behavioural observations of foraging minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) in the outer Moray Firth, north-east Scotland. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*. 87: 85-86

-Salas-Rodarte, I. V. 1993. Intervalos de reproducción y tasas de nacimiento de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) identificadas, en dos áreas de reproducción del Pacífico Mexicano, 1986-1991. Tesis licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.

-Salinas Z. M. A. y L. F. Bourillón M. 1988. Taxonomía, diversidad y distribución de los cetáceos de la Bahía Banderas, México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.

-Salinas, M y P. Ladrón de Guevara. 1993. Riqueza y diversidad de los mamíferos marinos en México. *Ciencias*. No. Especial. 7:85:93.

-Sánchez-Cordero, V., A. T. Peterson y P. Escalante-Pliego. 2001. El modelado de la distribución de especies y la conservación de la biodiversidad biológica. En: H. M. Hernández, A. N. García- Aldrete, F. Álvarez y M. Ulloa. (Comps.) Enfoque contemporáneos para el estudio de la biodiversidad. Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 359-379.

-Sanino G. P, Van Waerebeek K, Yañez J. 2003. Revisión de la distribución del genero *Delphinus* y registros documentados de *Delphinus delphis* en Chile. *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. (Chile)* 52: 97 – 102.

Con formato: Fuente:

- Secretaria de Pesca. 1985. Peces y mariscos de los mares mexicanos. México. 517 p.
- Secretaria de Pesca. 1990. Léxico Pesquero. Tomos I y II. México.
- Seyfert, C. K. y L. A. Sirkin. 1973. Earth history and plate tectonics: An introduction to historical geology. Harper and Row. 504 p.
- Shepard, F. 1963. Submarine geology. 2a ed. Harper Row. New York. 557 pp.
- Shepard, F. 1967. La tierra bajo el mar. Ed. Omega. España.
- Steayaert, 1993. A perspective on the state of environmental simulation modeling. In: Geographic Information Systems and environmental modeling, Oxford University Press. Oxford.
- Stockwell, D. and D. Peters.1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. International Journal of Geographical Information Science.13 (2):143 - 158
- Sykes, R; Allen, J; and Owens, C. 2003. Factors influencing the seasonal distribution of sightings of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) along the Dorset coast. Annual Meeting of the European Cetacean Society, Tenerife, Spain.
- Tamura, T., and Y. Fijise. 2000. Geographical and seasonal changes of prey species and prey consumption in the western North Pacific minke whales. ICES. CM. 2000/Q:14 pp. 1-15
- Torres, G. A. Esquivel M. y G. Ceballos.1995. Diversidad y conservación de los mamíferos marinos en México. Revista Mexicana de Mastozoología. 1:22-43.

-Valenzuela, R. C. 1991a. Data analysis and modeling. . In: Alan S. Belward and C. R. Valenzuela. Eds. Remote sensing and geographical information systems for resource managements in developing countries. Pp. 335-348. Bruselas.

-Valenzuela, R. C; Brouwer, de Hans and Meijerink, A. !991. Land use model using a geographic Information System . In: Alan S. Belward and C. R. Valenzuela. Eds. Remote sensing and geographical information systems for resource managements in developing countries. Pp. 335-348. Bruselas.

-Vogiatzakis, I. N. 2003. GIS-based modelling and ecology: a review of tools and methods. Geographical paper 170. Deppartment of geography, The University of Reading.

-Walker , T. J. 1985. Whale Primer with special attention to the California Gray Whale. Cabrillo Historical Association. San Diego.

-Waring G. T, Quintal J. M, Schwartz S. L. editors. 2001. US Atlantic and Gulf of Mexico marine mammal stock assessments -- 2001. NOAA Tech Memo NMFS NE 168; 307 p.

-Weihaupt, J. G. 1984. Exploración de los océanos. Introducción a la oceanografía. CECSA, México.

-Wells, R. S; H. L. Rhinehart, P. Cunningham, J. Whaley, ,M. Baran, C. Koberna, D. P. Costa. 1999. Long distance offshore movements of bottlenose dolphins. Marine Mammal Science 15:1098-1114

-Wells R. S., and M. D. Scott. 1999. Botlenose dolphin Tursiops Truncatus (Montagu, 1821) In: Ridway S. H. Harrison S. R. Eds. Handbook of marine mammlas Vol: 6 The second Book of Marine Mammals) pp 137.182

-Wilson, J. T. 1976 Las fosas del Pacífico. En: Deriva continental y tectónica de placas.

Selecciones de Scientific American, 2da edición. Blume, Madrid.

- Wyrski, K. 1966. Oceanography of the eastern equatorial Pacific Ocean. *Oceanogr. Mar. Biol.* 4:33-68.

CONTENIDO

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
ANTECEDENTES.....	10
OBJETIVOS.....	15
Análisis de los datos.....	18
RESULTADOS	20
<i>Tursiops truncatus</i>	21
<i>Megaptera novaeanglie</i>	25
<i>Delphinus</i> spp.	29
<i>Eschrichtius robustus</i>	32
<i>Stenella attenuata</i>	35
<i>Pseudorca crassidens</i>	39
<i>Steno bredanensis</i>	42
<i>Stenella longirostris</i>	45
<i>Ziphius cavirostris</i>	48
<i>Mesoplodon</i> spp.	51
<i>Balaenoptera edeni</i>	53
<i>Kogia sima</i>	56
<i>Balaenoptera physalus</i>	59
<i>Physeter catodon</i>	63
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	66
<i>Phocoena sinus</i>	69
<i>Orcinus orca</i>	71
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	74
DISCUSIÓN.....	77
El modelado.....	81
COMENTARIO FINAL	84
APENDICE	86
Geología, oceanografía y biogeografía del Océano Pacífico nororiental.	86
Literatura citada	122