



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**ESTIMACIÓN DE LA MORTALIDAD NATURAL Y
CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE LA
TORTUGA AMARILLA *Caretta caretta* MEDIANTE
UNA APROXIMACIÓN ECOTRÓFICA EN EL
CENTRO DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL GOLFO
DE ULLOA, BCS, MÉXICO**

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales

(Orientación en Biología Marina)

Presenta

Juan Alfredo López Ramírez

La Paz, Baja California Sur, junio de 2018

ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 12:00 horas del día 1 del Mes de junio del 2018, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"ESTIMACIÓN DE LA MORTALIDAD NATURAL Y CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE LA TORTUGA AMARILLA *Caretta caretta* MEDIANTE UNA APROXIMACIÓN ECOTRÓFICA EN EL CENTRO DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL GOLFO DE ULLOA, BCS, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

Juan Alfredo López Ramírez

Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN Biología Marina

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA


Dr. César Augusto Salinas Zavala
Director de Tesis


Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota
Co-Tutor


María Mónica Lara Uc
Co-Tutor


Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra,
Directora de Estudios de Posgrado y
Formación de Recursos Humanos

Conformación de Comités

Comité tutorial

Dr. César Augusto Salinas Zavala

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Director de Tesis

Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Co-Tutor de Tesis

Dra. María Mónica Lara Uc

Universidad Autónoma de Baja California Sur

Co-Tutor de Tesis

Comité Revisor de Tesis

Dr. César Augusto Salinas Zavala

Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota

Dra. María Mónica Lara Uc

Jurado de Examen

Dr. César Augusto Salinas Zavala

Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota

Dra. María Mónica Lara Uc

Suplente

Dr. Raúl Octavio Martínez Rincón

Resumen

La tortuga amarilla *Caretta caretta*, se distribuye en las regiones tropicales alrededor del mundo. En el Océano Pacífico sus playas de anidación se encuentran en el archipiélago japonés, las crías que allí nacen migran 12,000 km aproximadamente, para alimentarse. Algunas de éstas se congregan en las costas que conforman el Golfo de Ulloa, dentro de éste encontramos un Centro de Actividad Biológica. Los BAC'S (por sus siglas en ingles), son regiones oceanográficas que poseen una alta productividad biológica, por lo que son de importancia ecológica y económica dada la cantidad de recursos que se asocian a él. Por otro lado, dentro de esta zona existen comunidades pesqueras con mucho arraigo, lo que le proporciona importancia social ya que la pesca es la principal fuente de ingreso de estas comunidades. En esta área se han presentado varamientos de *C. caretta* alcanzando sus máximos históricos en 2012 y 2013, sin que se determinaran las causas de estos eventos, aunque se ha propuesto que la interacción de esta especie con la pesca ribereña podría ser la causa de estos, el estudio de otros aspectos ecológicos de la especie como es su mortalidad natural han quedado de lado. Allen (1971) demostró, que la tasa de mortalidad natural M , es aproximada a la relación de producción biomasa (P/B) de la población siempre que la población se encuentre en estado estacionario; bajo este supuesto, la construcción de un modelo ecotrófico Ecopath with Ecosim, con escenarios de simulación de variabilidad ambiental y antropogénica, permitió estimar atributos ecológicos de la especie como su biomasa (0.100 t/km²), eficiencia ecotrófica (0.5), nivel trófico (3.37) y producción/biomasa (1.023 biomasa/año), por otro lado, los escenarios comprobaron la hipótesis del trabajo al mostrar que, la temperatura tiene mayor influencia sobre el organismo en comparación con la pesca incidental resultante del esfuerzo pesquero (f) de la zona, al mostrar valores más altos de M en temperaturas frías, incluso en el escenario con ausencia de f (1.11). El modelo también permitió estimar con bastante certidumbre los valores del sistema corroborando así su capacidad productora con una producción primaria total de 1405.415 t/km²/año. Estos resultados indican que las temperaturas cálidas son benéficas para la especie, así pues, la información de este trabajo podría aportar un nuevo enfoque para el estudio y conservación de esta especie de tortuga marina, enfatizando dichos esfuerzos en el conocimiento de los atributos ecológicos de la misma y los factores climatológicos y oceanográficos en los que se desenvuelve.

Palabras clave: *Caretta caretta*, Mortalidad natural, Ecopath with Ecosim, Centro de Actividad Biológica, Golfo de Ulloa.

Summary

Loggerhead turtle *Caretta caretta*, distributed along all tropical regions around the world. In the Pacific Ocean its nesting beaches are found in Japan, the offspring born there migrate 12,000 km approximately to feed. Some of these turtles congregate on the coast that make up the Gulf of Ulloa, within which find a Biological Active Center (BAC), those are oceanographic regions that got high biological productivity, so those are of ecological and economic importance given the amount of resources associated with it. On the other hand, within this zone there are fishing communities with a lot of roots, which gives it social importance because fishing is the main source of income for these communities. In this area there have been stranding of *C. caretta*, reaching its historical maximum in 2012 and 2013, without determining the causes of these events, although it has been proposed that the interaction of this species with riparian fishing could be the cause of these, nevertheless, the study of other ecological aspects of the species such as its natural mortality have been left aside. Allen (1971) showed that the natural mortality rate M is close to the biomass production ratio (P/B) of the population, provided that the population is in a steady state; under this assumption, the construction of an ecotrophic model Ecopath with Ecosim with simulations scenarios of environmental and anthropogenic variability, allowed estimating ecological attributes of the species such as its biomass (0.100 t/km²), ecotrophic efficiency (0.5), trophic level (3.37) and production/biomass (1.023 biomass/year), on the other hand, the scenarios proved the hypothesis of the work by showing that the temperature got a greater influence on the organism in comparison with the incidental catch resulting from the fishing effort (f) of the zone, by showing higher values of M in cold temperatures, even in the scenario with absence of f (1.11). The model also allowed to estimate with certainty the values of the system corroborating its production capacity with a total primary production of 1405.415 t/km²/year. These results indicate that the warm temperatures are beneficial for the species, therefore, the information of this work could provide a new approach for the study and conservation of this sea turtle species, emphasizing these efforts in the knowledge of the ecological attributes of the sea turtle like so the climatological and oceanographic factors in which it develop.

Keywords: *Caretta caretta*, Natural mortality, Ecopath with Ecosim, Biological Active Center, Gulf of Ulloa.

Dedicatoria

A mis padres por todo el amor que me dan y que aún no encuentro como retribuir, con especial cariño a mi madre por toda su dedicación y esfuerzo constante. Los amo con todo el corazón.

“Posee el intelecto correcto, solo entonces podrás recibir los dones de la fuerza, sabiduría y Paz”. Splinter (TMNT, 1990).

Agradecimientos

Agradezco al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste por el apoyo brindado durante este periodo para la realización de mi trabajo, en el Programa de Posgrado Maestría en Manejo Uso y Conservación de Recursos Naturales.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de manutención otorgada (núm. 713566), durante el periodo en que realice mis estudios.

A mi director de tesis Dr. César Augusto Salinas Zavala, muchas gracias por su apoyo, sus enseñanzas y consejos que ayudaron no solo a encaminar mi tesis si no ampliar mi percepción de la biología, por el tiempo dedicado a este proyecto y por su mistad.

A mis co-tutores Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota y Dra. María Mónica Lara Uc, por el soporte que siempre han mostrado, por su paciencia y por la confianza depositada en este proyecto.

A la Dra. María Verónica Morales Zarate, por sus invaluable asesorías que ayudaron a dar forma al trabajo.

A todos los que forman parte del laboratorio de cefalópodos de CIBNOR, especialmente al Biólogo Marino Fernando Manini por el apoyo brindado en campo.

A los trabajadores y técnicos de las distintas áreas del centro, quienes siempre estuvieron dispuestos a brindar su ayuda de la mejor manera, en especial al Mc. Jesús Neftalí Gutiérrez Rivera.

A mis compañeros de posgrado, por estar allí en los momentos de estudio, tensión y desde luego de esparcimiento, gracias por todas las experiencias compartidas.

A la palomilla, por estos años de seguir aprendiendo juntos y toda la carrilla compartida.

Infinita gratitud a toda mi familia porque, aunque lejos, sé que siempre están aquí conmigo.

Muchas gracias a esa fuerza, aún inexplicable para mí, a la cual solemos llamar dios.

Contenido

Resumen	i
Summary	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Lista de figuras	vii
Lista de tablas	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	8
3. JUSTIFICACIÓN	15
4. HIPÓTESIS	16
5. OBJETIVOS	17
5.1 <i>Objetivo general</i>	17
5.2 <i>Objetivos particulares</i>	17
6. MATERIALES y MÉTODOS	17
6.1 <i>Área de estudio</i>	17
6.2 <i>Definición de grupos funcionales</i>	19
6.3 <i>Datos de entrada</i>	19
6.4 <i>Matriz de dietas</i>	21
6.5 <i>Modelo Ecopath</i>	21
6.6 <i>Definición de flotas</i>	23
6.7 <i>Pesca incidental de C. caretta</i>	23
6.8 <i>Balanceo del Modelo</i>	24
6.9 <i>Calibración del modelo</i>	24
6.10 <i>Módulo Ecosim</i>	24
6.11 <i>Escenarios</i>	25
7. RESULTADOS	26
7.1 <i>Definición de grupos</i>	26
7.2 <i>Datos de entrada</i>	28
7.3 <i>Matriz de dietas</i>	30
7.4 <i>Definición de flotas</i>	32

7.5 Pesca incidental de <i>C. caretta</i>	32
7.6 Modelo Ecopath	33
7.7 Atributos ecológicos de <i>C. caretta</i>	36
7.8 Ecosim.....	38
7.9 Calibración del modelo.....	40
7.10 Escenarios	42
8. DISCUSIÓN	46
8.1 Definición de grupos	46
8.2 Datos de entrada	46
8.3 Modelo Ecopath	47
8.4 Atributos ecológicos de <i>Caretta caretta</i>	52
8.5 Escenarios con Ecosim	56
9. CONCLUSIONES	59
10. LITERATURA CITADA	60

Lista de figuras

Figura 1. Área del Golfo de Ulloa, desde el sur de Punta Abrejos hasta la punta norte de Cabo San Lázaro.....	19
Figura 2. Diagrama de flujo trófico de los 29 Grupos Funcionales.....	36
Figura 3. Diagrama del flujo trófico de Grupo Funcional Tortuga Amarilla en el BAC del GU.....	38
Figura 4. Diagrama del flujo trófico de Grupo Funcional Tortuga Amarilla en el BAC del GU.....	39
Figura 5. Serie de Temperatura Superficial del Mar registrada dentro del GU, de 1998 a 2008.	40
Figura 6. Estado base del sistema en Ecosim, se observan las biomásas de los GF en equilibrio.....	41
Figura 7. Calibración del modelo, se muestran las series observadas y calculadas del GF Zooplancton chico.....	42
Figura 8. Valores de P/B en las distintas temperaturas (promedio, fría y cálida) en el escenario con ausencia de F.....	43
Figura 9. Valores de P/B en las distintas temperaturas (promedio, fría y cálida) en el escenario con la mitad del de F.....	44
Figura 10. Valores de P/B en las distintas temperaturas (promedio, fría y cálida) en el escenario con el F base.	45
Figura 11. Valores de P/B en las distintas temperaturas (promedio, fría y cálida) en el escenario con F al doble.....	45

Lista de tablas

Tabla I. Grupos definidos para la integración del modelo. Se observa el nombre dado a cada grupo, así como los organismos que lo integran.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla II. Fuentes de información usadas para la creación del modelo, donde: (*) Valor proporcionado por el software, (+) dato obtenido en campo, (1) del Monte-Luna, 2004; (2) Morales <i>et al.</i> , 2011; (3) Cruz <i>et al.</i> , 2013; (4) reportes IMECOCAL de los cruceros realizados de 1998 a 2008; (5) Salinas <i>et al.</i> , 2013; (6) Brooks, 2005; (7) Seminof <i>et al.</i> , 2014; (8) Rosas <i>et al.</i> , 2008; (9) Cabello <i>et al.</i> , 2004; (10) Aguilar <i>et al.</i> , 2007; (11) De Silva <i>et al.</i> , 2002; (12) Hernández y Parra, 2015; (13) Lara, 2008; (14) Aguilar, 2014; (15) Rosas <i>et al.</i> , 2010; (16) Parada <i>et al.</i> , 2009; (17) Honey <i>et al.</i> , 2008; (18) Turrubiates, 2009; (19) Guzmán del Prío <i>et al.</i> , 2003; (20) Rodríguez, 2010; (21) Armendáriz <i>et al.</i> , 2014; (22) Díaz y Guzmán, 1995; (23) Manzano, 2003; (24) Gianuca y Vooren, 2007; (25) Cupul y Reyes, 2005, (26) Valero <i>et al.</i> , 2004; (27) Elorduy y Peláez, 1996; (28) Raymundo y Saucedo, 2008; (29) Molina y Manrique, 1997; (30) Flores <i>et al.</i> , 2013; (31) Amezcua y portillo, 2010; (32) Navarro <i>et al.</i> , 2010; (33) Flores <i>et al.</i> , 2015; (34) Aguilar y González, 2010; (35) Bortone, 1977; (36) Mendoza y Rosales, 2000; (37) Ainsworth <i>et al.</i> , 2009; (38) Raymundo, 2000; (39) Bajeca, 2016; (40) Segura <i>et al.</i> , 1997; (41) Rodríguez <i>et al.</i> , 2013; (42) Arizmendi <i>et al.</i> , 2014; (43) Best, 1963; (44) Rosas, 2007; (45) Bouchot, 2012; (46) Orrego y Mendo, 2015; (47), Blanco <i>et al.</i> , 2001; (48) García y Aurióles, 2004; (49) Sweeney y Harvey, 2011; (50) Aurióles y Balart, 1995; (51) Senko <i>et al.</i> , 2010; (52) Peckham <i>et al.</i> , 2011; (53) Seminnoff <i>et al.</i> , 2014; (54) Bowen <i>et al.</i> , 1995; (55) Riosmena y Lara, 2015.	28
Tabla III. Matriz de dietas ajustada, y proporción de presas dentro de las dietas.....	31
Tabla IV. Flotas pesqueras, artes de pesca y porcentaje sobre la actúan para cada grupo. .	32
Tabla V. Valores reportados de PI para cimbras y chinchorros.	33
Tabla VI. Estimaciones básicas del sistema. Los valores en negritas han sido calculados por Ecopath.	34
Tabla VII. Valores generales del ecosistema.	35
Tabla VIII. Atributos ecológicos del GF tortuga amarilla.	37
Tabla IX. Valores de P/B del GF Tortuga amarilla en los diferentes escenarios creados por Ecosim, con la combinación de F (0,0.5,1 y 2) y TSM (temperatura promedio TP, temperatura fría TF y temperatura cálida TC).	43
Tabla X. Comparación de los atributos ecológicos obtenidos para 3 distintos modelos y el presente; Modelo 1 (del Monte-Luna, 2004), Modelo 2 (Morales-Zarate, 2003) y Modelo 3(Cruz-Escalona <i>et al.</i> , 2013).	50

Tabla XI. Número de GF formados por tortugas marinas, las especies que lo conforman y como su valor de P/B. Modelo 1 (Galván-Piña, 2005), Modelo 2 (García-Cuellar, 2006), Modelo 3 (Cruz-Escalona <i>et al.</i> , 2013) y el Modelo presente.	54
Tabla XII. Valores del GF “tortugas marinas” para los diferentes modelos y para el modelo aquí presente. Modelo 1 (Galván-Piña, 2005), Modelo 2 (García-Cuellar, 2006), Modelo 3 (Cruz-Escalona <i>et al.</i> , 2013) y el Modelo presente.....	55

1. INTRODUCCIÓN

En el margen occidental de la península de California fluye parte del Sistema de la Corriente de California (SCC), dentro de la cual se llevan a cabo procesos oceanográficos que derivan en variaciones de producción fitoplanctónica, existen zonas donde es clara su abundancia y por ende también existe una mayor concentración, con respecto a otras áreas, de organismos de niveles tróficos superiores, estos sitios son conocidos como Centros de Actividad Biológica (BAC Biological Active Center; por sus siglas en inglés, Lluch-Belda, 2000). En la costa pacífica de la península de Baja California existen tres áreas identificadas como BAC, en Punta Baja, Bahía Sebastián Vizcaíno y el Golfo de Ulloa (Lluch-Belda, 2000).

Esta alta concentración de productores primarios, obedece a la interacción de dos procesos oceanográficos, las surgencias oceánicas, que son procesos que mueven las masas de agua del fondo ricas en nutrientes a la superficie del océano y promueven una alta producción primaria, incrementando la biomasa fitoplanctónica, zooplanctónica y así sucesivamente en toda la cadena trófica. En combinación con el continuo desplazamiento de las masas de agua provoca altas tasas de producción primaria aún en aquellos sistemas alejados del BAC, y las convergencias, que concentran la producción planctónica de zonas adyacentes lo que propicia la concentración de organismos de niveles tróficos superiores (Arreguín-Sánchez, 2000).

El Golfo de Ulloa (GU) es una zona considerada de transición templado-cálida, debido a la convergencia de las masas de agua del Pacífico Norte, Central y Oriental Tropical, así como dos corrientes importantes; la Corriente de California y la Corriente Costera de Costa Rica o Corriente Mexicana, la primera fluye de norte a sur con aguas de baja temperatura y poca salinidad, pero con alta concentración de nutrientes, la segunda por otro lado fluye de sur a norte aportando aguas de salinidad y temperatura alta pero pobre en nutrientes (Trujillo *et al.*, 2004).

El SCC, transporta agua subártica del Pacífico hacia el Ecuador, desde los 48°N hasta los 25°N, con mezcla de agua del centro del Pacífico Norte que penetra desde el Oeste, una corriente profunda penetra por su límite austral acarreando agua del Pacífico Ecuatorial hacia el Norte. Estacionalmente, las surgencias por viento incorporan aguas frías ricas en

nutrientes, que son enviadas hacia mar abierto a lo largo de la costa. En el borde Oriental de la corriente, fluye hacia el Norte una contracorriente durante el otoño e invierno; durante el verano y el otoño, esta contracorriente se intensifica llevando agua de origen tropical hacia el Norte, calentando toda el área. En la parte Sur del SCC se presentan también los procesos de surgencia y advección, estos ocurren durante la primavera, al mismo tiempo que se presentan los promedios mínimos del nivel medio del mar, que corresponden con la intensidad máxima del SCC. Estos son los meses más fríos y se combinan con vientos, surgencias y advección del Norte. Sin embargo, en la parte Occidental la contribución por advección es escasa y los procesos de productividad primaria y secundaria están estrechamente relacionados con los procesos costeros de surgencia. De igual manera, en el GU las surgencias por vientos, aunque permanentes son más fuertes durante abril y mayo (del Monte-Luna, 2004). Todas esas interacciones oceanográficas y climatológicas dan al GU un hábitat heterogéneo que alberga una riqueza y productividad biológica que la define como un Ecotono de Jerarquía Superior con niveles altos de biodiversidad marina (Salinas-Zavala, 2000).

Así pues, dentro de las aguas del GU es posible encontrar una gran variedad de organismos como son las tortugas marinas, una de las especies con mayor presencia dentro de la zona es la tortuga amarilla, *Caretta caretta*, la cual se distribuye en las regiones tropicales alrededor del mundo, en el Océano Pacífico sus playas de anidación se encuentran en el archipiélago japonés; al igual que otras especies de tortugas marinas, la tortuga amarilla posee un ciclo de vida un tanto complejo al realizar grandes migraciones desde el momento en que los huevos eclosionan, una vez que las crías han alcanzado la orilla se dispersan en mar abierto con ayuda de las corrientes marinas, ya en su estado juvenil pueden diferenciarse dos etapas del ciclo, la fase oceánica, en la que aparentemente se encuentran en las grandes cuencas oceánicas, especialmente en zona de afloramientos convergencia de producción biológica dónde se alimentan de organismos gelatinosos y larvas de peces, y la fase pelágica en la que los organismos establecen un rango de residencia durante entre 8 y 20 años hasta alcanzar su estado adulto (Eckert y Abreu, 2001; Johnson *et al.*, 1993; Silman *et al.*, 2002).

Los juveniles de *C. caretta* que nacen en el Océano Pacífico japonés, migran utilizando la corriente de Kuroshio nadando así 12,000 km aproximadamente hasta las inmediaciones de la península de Baja California, donde sus zonas de alimentación más importantes se encuentran dentro del GU así como una de sus presas mejor documentadas, la langostilla roja *Pleuroncodes planipes*, los organismos juveniles permanecen allí hasta que regresan a sus costas natales para reproducirse, (Bowen *et al.*, 1995; Nichols *et al.*, 2000; Nishizawa *et al.*, 2014; Seminoff *et al.*, 2004).

Por otra parte, dentro del área que conforma el GU, existen 18 comunidades que realizan actividades pesqueras como principal actividad económica, aprovechando diferentes recursos como moluscos (abulón, almejas, caracol, pulpo), crustáceos (langosta, camarón, jaiba), tiburones, rayas y peces. Esta gama de recursos deriva en una diversidad de artes de pesca utilizados en el aprovechamiento de recursos específicos, sin embargo, aunque los artes de pesca son diseñados para realizar capturas específicas existe la interacción entre estas y especies que no son el objetivo de las mismas, tal es el caso de lobos marinos, delfines y tortugas marinas (Ramírez-Rodríguez *et al.*, 2010).

Se ha documentado la pesca incidental de diversas especies de tortugas marinas tales como; *Chelonia mydas* (negra), *Eretmochelys imbricata* (carey), *Lepidochelys olivacea* (golfinia) y *C. caretta* (amarilla o caguama), es esta última la que destaca por su constante incidencia en redes escameras, tiburonerías, lenguaderas, palangres y simpleras, esta interacción incidental entre las artes de pesca y la tortuga amarilla obedece a la coincidencia espacial y temporal de los pescadores y las tortugas (Ramírez-Rodríguez *et al.*, 2010).

Tal como se ha mencionado, el GU es una zona importante de alimentación para la tortuga amarilla y aunque se habían presentado eventos de mortandad de esta especie dentro de la zona, en el año 2012 se registró un evento de varamientos masivos que de acuerdo a las autoridades aumento en un 600% con respecto a la década pasada, este evento trajo consigo acciones de ordenamiento pesquero, particularmente regulaciones en las artes de pesca y especialmente en las redes de enmalle de fondo, esto debido a que la hipótesis más evidente respecto al detonante de dicho evento apuntaba a la interacción pesca-tortuga (CONANP-

UABCS- CICIMAR-CIBNOR, 2014). Como acciones complementarias a las medidas de regulación el gobierno mexicano, decretó a través del diario oficial de la federación una zona de refugio pesquero para reducir la posible interacción de la pesca con las tortugas marinas en la costa occidental de Baja California Sur (DOF, 2013 zona que fue ampliada y que actualmente permanece decretada según el DOF, 2016).

Otras hipótesis han sido propuestas para explicar los eventos de mortalidad masiva observada en la tortuga amarilla; destacando aquellas que consideran como causas a las enfermedades por intoxicación por mareas rojas, enfermedades patógenas, entre otras; sin embargo, ninguna de éstas hipótesis ni aquella que se refiere a la interacción pesca-tortugas han arrojado alguna prueba definitiva que explique tal circunstancia. Por otro lado, existe consenso que, para poder empezar a entender la complejidad de esta problemática en favor de encontrar una solución viable, es necesario conocer los atributos poblacionales de esta especie de tortuga marina (CONANP-UABCS-CICIMAR-CIBNOR, 2014). Adicionalmente podemos argumentar que, aunque se han abordado distintas hipótesis para explicar la mortalidad masiva de la tortuga amarilla, aún ninguna ha sido propuesta tomando como base el cálculo de la mortalidad natural de la especie, particularmente la que puede llegar a registrarse en el GU.

Es importante mencionar que el estudio de cualquier ecosistema es un asunto complejo, dada la cantidad de factores que pueden interactuar dentro de los mismos, como son los factores biológicos, climáticos, sociales, políticos y económicos entre otros; de tal manera que, para entender un ecosistema y su complejidad es necesario recurrir a herramientas que permitan simplificar su estudio y la predicción de sus posibles cambios en el tiempo (Blanco, 2013). El ecosistema del GU es por demás complejo, al conjuntarse su evidente importancia biológica y ecológica con la importancia social y económica del sitio.

Una de las herramientas que pueden ser utilizadas para comprender y describir de manera funcional un ecosistema son los modelos ecológicos, particularmente aquellos que consideran los flujos de energía permiten hacer estimaciones, tanto de la estructura como de la funcionalidad del sistema. Estos modelos consideran las distintas fuentes de variación de

los grupos biológicos que lo constituyen y dan pautas de su dinámica trófica y de la influencia de variables externas o agentes forzantes (Arreguín-Sánchez, 2000).

Bajo este contexto, Ecopath es un tipo de modelo que estima la dinámica de las redes tróficas de un ecosistema haciendo posible la evaluación de sus atributos ecológicos; así como su interacción con las pesquerías. Desde su primera aplicación por Polovina (1984), estos modelos se han ido desarrollando para lograr un mejor acercamiento a la realidad de los ecosistemas en los que se aplica, mejorándose continuamente. Ahora existen módulos adicionales como Ecosim, que hace posible indagar sobre los impactos futuros en el ecosistema causados por distintas perturbaciones denominadas factor forzante. Otro módulo denominado Ecospace permite realizar modelos dinámicos en el dominio del espacio (Christensen y Walters, 2004; Lees y Mackinson, 2007). Así pues, como menciona del Monte-Luna (2004): “Los modelos trofo-dinámicos Ecopath con Ecosim (EwE), permiten describir la estructura, funcionamiento y organización de los ecosistemas, sus componentes y las variaciones de estos en el tiempo, así como, ver dichas variaciones bajo distintos escenarios ambientales”.

Para la construcción de un modelo EwE, los requerimientos son relativamente sencillos, ya que estos pueden proceder de literatura, evaluaciones de stocks y estudios ecológicos en general (Lees y Mackinson, 2007). Aunque si existen ciertas consideraciones a tomar en cuenta para la construcción de un modelo, entre estas el tener representadas las especies principales de cada nivel trófico o aquellas especies de relevancia dada la problemática que se desee abordar, así mismo, para cada uno de estos grupos funcionales es necesario proveer al modelo los datos semilla de biomasa (B), producción biomasa (P/B), consumo biomasa (Q/B) y su respectiva dieta (Heymans *et al.*, 2016). El término biomasa (B) debe entenderse cómo el peso o la producción de cada especie que compone el sistema, por otro lado, producción (P) se refiere a la cantidad total de materia o tejido elaborado por un grupo funcional durante un periodo de tiempo determinado y el consumo (Q) es la ingesta realizada por un grupo funcional durante un periodo de tiempo establecido (Allen, 1971; Krebs, 2009).

Uno de los atributos más importantes es la relación producción biomasa (P/B), el cual de acuerdo con el postulado de Allen (1971) puede dar una aproximación sobre la mortalidad natural. La mortalidad natural (M) es la representación de todas las causas de muerte que no son causadas por la pesca, este valor tiene gran importancia ya que permite efectuar estudios en el análisis de poblaciones (Giménez *et al.*, 2011; Rodríguez y Bahamonde, 1986). El valor de M es la tasa instantánea de mortalidad natural, que es expresada de la siguiente forma:

$$Mt = Dt/Nt$$

donde: (t) representa la edad en años de los organismos, (Dt) es el número de muertes a la edad t , (Nt) es el tamaño de la población a la edad t .

Regularmente, M se expresa en un lapso de tiempo anual. Ahora pues, la probabilidad de que un organismo perezca de causas naturales varía con la edad, siendo más alta en organismos juveniles y viejos, y básicamente constante en adultos, esta probabilidad de sobrevivencia se expresa así:

$$Lt = e^{-Mt}$$

donde: (M) es la tasa instantánea de mortalidad natural y (t) representa la edad en años, por su parte también es importante conocer el número de sobrevivientes por edad (t), esto se expresa como sigue:

$$Nt = Ni e^{-M(t-ti)}$$

dónde: (Nt) es el número de individuos a la edad t , y (Ni) es el número de individuos a la edad t inicial. En una población en equilibrio el número de organismos que mueren por año debería ser el mismo número de organismo nuevos; es decir, en los organismos desovadores la tasa reproductiva durante su periodo de vida debería ser: $1/1=1$, ya que cada desovador al morir es reemplazado por uno nuevo.

Así pues, el postulado de Allen (1971) indica que la biomasa por producción (P/B) debe ser igual a la biomasa perdida por la mortalidad (B perdida), esto entendiendo que la mortalidad

natural (M) representa la pérdida instantánea relativa de individuos en relación con el número inicial de la población; es decir:

$$N_{\text{inicial}}/N \sim M$$

Asumiendo esta misma premisa en relación al peso de los individuos se puede decir que la biomasa perdida entre la biomasa generada también es una aproximación a la mortalidad natural:

$$(B_{\text{perdida}}/B \sim M)$$

Si esta biomasa perdida es igual a la producción ($B_{\text{perdida}} = P$), entonces se comprende como P/B nos puede dar una aproximación de la mortalidad natural (M). Es importante recordar que este valor de M, también se considera al buscar la mortalidad total (Z), que es la suma de la mortalidad natural (M) más la mortalidad por pesca (f) (Christensen *et al.*, 2005), es decir:

$$Z = M + f$$

De esta forma se entiende que la mortalidad total (Z) considera de manera conceptual todas las posibles causas de mortalidad que pudieran presentarse dentro del sistema.

2. ANTECEDENTES

El GU como sistema ha sido estudiado desde varios enfoques en busca de un mejor entendimiento de los factores biológicos, sociales y oceanográficos que allí ocurren. Uno de los temas relevantes ha sido la productividad primaria, donde se han identificado factores de afectación para este proceso, en el periodo de 2004 a 2006 se identificaron dos épocas de surgencias, una en primavera-verano y otra en otoño, también se determinó que la zona norte del GU es la principal en cuanto surgencias se refiere, aunque la parte central es la más productiva, así mismo parece ser que la advección producida por la Corriente de California se encuentra relacionada con la productividad primaria dentro del GU, siendo el periodo de marzo a junio el más productivo y ocasionalmente desde febrero a junio (González, 2008). Es esta alta productividad lo que convierte al GU en un BAC, el cual también ha sido estudiado bajo esta perspectiva.

En este sentido, se han realizado varios trabajos que abordan las características que poseen los BAC'S, así como las posibles técnicas de modelación de los flujos de energía, la dinámica planctónica dentro de estas zonas y la identificación de estos en las costas del Pacífico. Una de las fuentes de información oceanográficas más sólidas para este tipo de estudios, son las proporcionadas por el proyecto CALCOFI (California Cooperative Oceanic Fisheries Investigation), de acuerdo con los datos de concentración de pigmentos y los promedios anuales de concentración de volúmenes de desplazamiento de macrozooplancton, se han identificado tres zonas de mayor abundancia; Punta Baja, Bahía Sebastián Vizcaíno y el GU, aunque las tres zonas son consideradas como BAC'S, es importante mencionar que sus comportamientos y periodicidad de producción son diferentes entre sí (Lluch-Belda, 2000).

Aunque los procesos oceanográficos dan a las distintas regiones sus características, existen otros factores involucrados. Por ejemplo, aunque parece ser clara la participación del SCC y de los vientos durante los procesos de surgencias, responsables de la productividad dentro de los BAC'S, estos procesos no son los únicos involucrados. Algunos autores mencionan que la materia orgánica dentro del BAC del GU, especialmente la producción de nitrógenos oxidados (NO_3) es más relevante cuando los vientos dominantes que corren de Norte a Sur

generan surgencias, así pues, cuando estas se debilitan son el Amonio (NH_4) y el Nitrógeno (N_2) las que cobran mayor relevancia como fuentes de energía ya que siempre se encuentran presentes dentro del sistema (Aguñiga, 2000). Otro factor que se ha analizado dentro del BAC de GU es la presencia y abundancia ictioplanctónica, donde se ha logrado identificar 51 familias de cinco diferentes grupos faunísticos; especies de aguas someras, nerítico demersales, pelágico-costeros, epipelágicos y mesopelágicos, la riqueza de especies durante el verano es de 50 taxa, disminuyendo en el periodo de invierno a primavera a 23 taxa (Funes-Rodríguez, 2000); los autores relacionan esta estacionalidad con los cambios en la temperatura superficial del mar (TSM), ellos de igual manera determinan que la producción está dada por la combinación de la surgencias, las corrientes marinas y las estrategias reproductivas propias de las especies presentes dentro del GU, destacando la anchoveta del Norte por ser la especie con mayor abundancia (Funes-Rodríguez, 2000).

Esta alta producción biológica presente en el BAC del GU, también se observa en organismos de niveles tróficos superiores como; sardina, calamar, jurel, tiburón y langostilla entre otros (SAGARPA, 2014). Ya que algunas de las especies presentes dentro del BAC del GU son susceptibles a la pesca, ha sido importante el conocimiento no solo de la ecología de las mismas, sino también de los métodos y su estado de su aprovechamiento, así como el estudio de las comunidades en sí que desarrollan dicha actividad.

Por solicitud de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales se realizó una caracterización socioeconómica y pesquera para el GU, tomando en cuenta aspectos demográficos, legales, ecológicos y pesqueros. Este trabajo destacó la importancia de la pesca ribereña para la región, así como la escasa información y conocimiento de algunas de las pesquerías que allí se desarrollan, por otro lado, también se menciona la problemática de la región respecto a la pesca incidental de distintas especies bajo protección, también se identificó a la langosta y la escama como los recursos mayormente aprovechados, otro aspecto importante abordado en este estudio es la necesidad de una mejor organización para las 18 comunidades que hacen de la pesca su principal actividad económica para así poder ofrecer un óptimo desarrollo de estas comunidades así como un buen manejo para esas pesquerías y obtener así sustentabilidad de

recursos, optimización de ganancias y equidad de las mismas (Ramírez-Rodríguez *et al.*, 2010).

Otros trabajos referentes al análisis de la producción pesquera dentro del GU, han utilizado los arribos de pesca de las embarcaciones para examinar los patrones de producción y composición de capturas, los resultados obtenidos de la información comprendida de 1998 a 2009 mostraron que la producción promedio anual del GU es de 5766 toneladas anuales, compuestas de 26 especies de escama, 6 de tiburones y rayas, 3 de crustáceos y 11 de moluscos, dichas especies son capturadas en 6 diferentes zonas de pesca: I Campo René, II Laguna la Escondida, III San Juanico, IV Esteros Norte, V Esteros Sur y VI Fuera de Bahía Magdalena, aparentemente las temporadas de captura presentan patrones diferentes relacionados con la disponibilidad del recurso, como es el caso del lenguado y langosta que presentan un patrón claro en su temporada de captura, este tipo de variaciones en las capturas parece evidenciar la necesidad de tratar a las pesquerías de manera independiente (Valdez-Leyva, 2012).

La actividad pesquera realizada dentro del BAC del GU, como cualquier otra actividad productiva, tiene cierto impacto sobre el ambiente, en este caso se identifica a la pesca incidental sobre organismos que no son objetivo de la actividad pesquera, algunos de los cuales son organismos que gozan de protección internacional como el caso de la tortuga amarilla, *C. caretta*. Se ha propuesto que la concentración de esta especie en la región del GU, se debe a que la alta productividad de la región le ofrece abundancia en cuanto a recursos alimenticios; sin embargo, la dieta de la especie ha sido vagamente descrita para el GU.

Uno de los primeros trabajos respecto a este tópico nos da una descripción general de la dieta de esta especie de tortuga marina, la cual varía dependiendo del estadio de vida del organismo y del respectivo uso de hábitat (Bjorndal, 1985). Esta relación entre la alimentación y el uso de hábitat ha sido analizada con distintas herramientas, como han sido los isotopos estables, Hatase *et al.* (2002), trabajaron isotopos procedentes de yemas de huevos de dos distintas zonas de anidación, las lecturas de estas se compararon a su vez con muestras obtenidas de presas potenciales de zonas bentónicas y planctónicas; sin embargo, los autores mencionan

que no parece existir un cambio de dieta durante la época reproductiva aunque si existe una relación entre el tamaño de las hembras y las zonas de alimentación, al observar las tortugas marcadas para su monitoreo se propuso que las tortugas inmaduras que se encuentran en los habitats neríticos alimentándose de presas bentónicas, ricas en nutrientes, al alcanzar la madurez sexual tienen una talla mayor que aquellas que pasan un mayor tiempo en ambientes pelágicos, donde hay escasas de presas ricas en nutrientes.

Uno de los grupos de presas con mayor presencia en la dieta de *C. caretta*, son los crustáceos. El cangrejo *Polybius henslowii*, ha sido reportado en el Estrecho de Gibraltar, África, como el recurso principal de esta tortuga marina, de acuerdo con el estudio realizado a 150 tortugas varadas y a un número no determinado de tortugas en altamar, este crustáceo puede representar el 90% o hasta el 100% del contenido estomacal de un organismo, también se debe mencionar que el periodo de mayor concentración de este cangrejo, coincide con la abundancia de esta tortuga marina, esto al parecer podría indicar que contrario a lo que se piensa *C. caretta* podría ser un organismo especialista ya que pareciera seleccionar a su presa (Ocaña *et al.*, 2006).

Además de su dieta, la estrategia alimenticia de *C. caretta* ha sido motivo de debate en otros estudios. Tal es el caso de una comparación de contenidos estomacales de dos ejemplares varados, pertenecientes al Atlántico Norte y Mediterráneo Occidental, el primer individuo se alimentó de gasterópodos, anfípodos, cefalópodos y medusas, mientras que el segundo consumió restos de peces (probablemente de especies que se utilizan como carnada en los palangres); sin embargo, ambos individuos presentaron evidencias de impacto de arreos de pesca ya que se encontraron objetos como: señuelos, materiales plásticos, cuerdas y trozos de redes, lo que podría indicar hábitos oportunistas de la especie (Báez *et al.*, 2012). La presencia de desechos de la pesca dentro de la dieta de *C. caretta* también ha sido estudiada en las costas Japón, donde al analizar heces e intestinos de esta especie procedentes de la costa Sanriku, se encontró que este tipo de desechos tienen una frecuencia de hasta 37.7%, sin embargo, en este mismo estudio el uso de videocámaras hizo constar que esta tortuga marina se alimenta mayormente de organismos gelatinosos (Fukuoka *et al.*, 2016).

Aparentemente, en las costas de Baja California los crustáceos también son fundamentales en la dieta de *C. caretta*. Las zonas de concentración de la langostilla roja (*P. planipes*) parece estar ligadas con la presencia de juveniles de tortuga amarilla. Un análisis realizado a partir de marcadores mitocondriales muestra que el 95% de estos organismos provienen de Japón y llegan hasta el Pacífico mexicano para alimentarse (Bowen *et al.*, 1995). Otros autores han descrito de manera más específica algunas de las presas que forman parte de la dieta de la especie, como peces, (*Prionotus* spp, *Diplectrum* spp, *Synodus* spp) y crustáceos (*P. planipes*, *Platymera gaudichaudii* y *Hemisquilla ensigera*) (Peckham *et al.*, 2011). Parece ser que, debido a disponibilidad de alimento dentro la región, la determina como una importante zona de forrajeo para esta especie de tortuga marina, particularmente el GU dónde por medio de censos aéreos realizados de 2005 a 2007 en transectos de 3700 km se registró una alta concentración de estos organismos, lo que evidenció que la especie comparte su zona de alimentación con las áreas de pesca ribereña de la región (Seminoff *et al.*, 2014).

Las aportaciones de otros autores hacen hincapié en la hipótesis que las tortugas pequeñas suelen alimentarse de presas bentónicas, mientras que las tortugas más grandes se alimentan de presas oceánicas, esto con base en lo observado en lavados esofágicos realizados a tortugas capturadas dentro del GU, dónde *P. planipes*, *Octopus hubbsorum* y *Loligo sp* representaron el 80% del volumen total de las muestras (Riosmena-Rodríguez y Lara-Uc, 2015)

Si bien hay trabajos que han aportado información respecto a la dieta de la tortuga amarilla, así como las zonas principales de alimentación, no es así con las características ecológicas propias de la especie como su nivel trófico dentro del sistema, su eficiencia trófica o su mortalidad natural. Por otro lado, la condición de protección de la tortuga amarilla en parte limita el estudio de la especie, por lo que un modelo ecológico que permita explorar estas propiedades ayudaría como primera aproximación para entender la dinámica entre esta especie de tortuga marina y los distintos grupos funcionales (GF) que habitan en el BAC del GU.

En octubre de 1942 en la revista Ecology se incluyó un artículo de Raymond Lindeman titulado "The trophic-dynamic aspect of ecology". El artículo, considerado en la actualidad

como un clásico de la literatura ecológica, propone que para comprender la dinámica temporal de largo plazo de los ecosistemas es importante estudiar las interacciones entre los organismos que forman parte de ellos. De este modo, Lindeman inicia una síntesis de dos campos de la ecología que hasta ese momento se habían desarrollado paralelamente: el estudio de las sucesiones (la dinámica temporal) en las comunidades, y el estudio de la dinámica trófica, es decir del flujo de nutrientes y energía en los ecosistemas. Los modelos ecológicos continuaron desarrollándose en la década de los 70's, tras teorizar que una pesca excesiva de alguna especie en particular afectaría cualquier parte del ecosistema que se encontrara ligado tróficamente con la especie objetivo. Bajo este enfoque, el primer modelo de este tipo fue el propuesto por Anderson e Ursin (Modelo AU, 1977), el cual trabajaba con la dinámica de los nutrientes, fitoplancton, zooplancton y las estructuras de edad de los grupos de peces utilizados dentro del modelo (Jopp *et al.*, 2011). En la década de los 80's surgieron los modelos de Análisis de Población Virtual Multiespecífico (MSVPA), que trabajaban con valores de depredación, datos de mortalidad por captura y edad, proporción de depredadores e información de la dieta de estos, esto permitió estimar la mortalidad por depredación de las presas y el consumo anual de presas por predadores (Jopp *et al.*, 2011). Posteriormente, se buscó el desarrollo de modelos bajo un enfoque holístico que permitieran describir de mejor manera los ecosistemas y fue así como Polovina (1984) desarrolló el primer modelo Ecopath, con el que estimó la media anual de biomasa y de producción en un sistema coralino de una isla del archipiélago hawaiano, estos modelos fueron mejorados por Pauly *et al.*, (1993), y fue denominado como: Ecopath II, el cual consideraba además de los factores de su antecesor, la pérdida de biomasa por respiración y excreción. Walters *et al.* (1997), desarrollan el módulo Ecosim que hace posible la simulación temporal del sistema incorporando alteraciones dentro del mismo denominados factores forzantes (FF), otro módulo creado fue Ecospace por Walters *et al.* (1999) que ayuda a la simulación espacial; y puesto que uno de los objetivos de este tipo de modelos es considerar las perturbaciones, se han integraron otras subrutinas como Ecotrace, que permite estimar la trayectoria de contaminantes dentro del sistema y finalmente EcoTroph, que modela el flujo de materia y energía desde los niveles tróficos más bajos hacia los más altos y analiza el efecto sobre estos flujos de la exportación del ecosistema (Blanco, 2013).

Los modelos tipo Ecopath, han demostrado ser una herramienta útil para analizar los flujos de biomasa, comprender el nivel trófico de las especies y como estas son afectadas por distintos factores, lo que hace que éstos sean utilizados con distintos objetivos y en varios tipos de ecosistemas. Algunos ecosistemas bajo presión pesquera han sido caracterizados con ayuda de este tipo de modelos, pues al conocer las relaciones depredador-presa se plantea entender de forma integral su estructura y funcionamiento. Otros realizados para el mar Catalán han incluido el GF tortugas marinas, representado por *C. caretta*, de acuerdo con los resultados una fracción de la dieta de esta especie proviene de las importaciones al sistema, puesto que estos organismos realizan migraciones para alimentarse, por otro lado para el mar Ártico Centro-Septentrional, *C. caretta* parece no presentar interacciones importantes con la pesca, aunque si están sujetas a cierto impacto por pesca incidental, sin embargo, los datos de biomasa de este grupo pertenecen a la estimación para el mar Catalán, por lo que este resultado debe tomarse con cierta mesura (Coll-Mónton, 2006).

En la región del Noroeste de México, existen algunos trabajos que de igual forma han buscado tener una representación del sistema, como en el Golfo de California dónde se encuentran especies de importancia comercial, como el camarón azul (*Lytopenaeus stylirostris*) y especies bajo protección, como la vaquita marina (*Phocoena sinus*) y la totoaba (*Totoaba macdonaldi*), por lo que entender el sistema podría permitir un mejor aprovechamiento de los recursos, y un mejor enfoque de conservación, el modelo realizado para esta zona indica que la vaquita y la totoaba poseen valores bajos de biomasa, aunque estas actúan como depredadores tope pero con solapamiento en su nicho trófico, por otro lado las simulaciones en los cambios radicales del esfuerzo pesquero evidencian el efecto de la pesca sobre el sistema y las especies amenazadas dentro de este (Lercari-Bernier, 2006).

En la región centro-occidental de la península, también se han realizado estudios utilizando el modelo Ecopath, de manera específica para el área del GU, se definieron 26 grupos funcionales en 4 niveles tróficos de los cuales 5 son de importancia comercial: abulón azul (*Haliotis fulgens*), camarón café (*Penaeus californiensis*), langosta roja (*Panulirus interruptus*), almeja catarina, (*Argopecten circularis* y sardina del Pacífico (*Sardinops caeruleus*), para este modelo se utilizaron las series de tiempo del abulón y sardina para

realizar las simulaciones en Ecosim, los resultados obtenidos para la cantidad promedio de biomasa indican que efectivamente dentro de la zona se encuentra un BAC que puede exportar biomasa a las zonas aledañas, del orden de 1,307 t/año en promedio, esta cantidad puede ser representada mediante la migración de los organismos (del Monte-Luna, 2004).

Aunque existen trabajos de modelación EwE en la Península de Baja California, ninguno de estos ha integrado a *C. caretta* como parte de los GF, ni tampoco ninguno de ellos se ha propuesto para estimar su valor de mortalidad natural, valor equivalente a la tasa de producción/biomasa, lo que indica que existe una correlación entre el peso de los organismos y la tasa de mortalidad total, esto de acuerdo con lo postulado por Allen (1971); sin embargo, para que este supuesto se lleve a cabo se asume que el sistema se encuentra en equilibrio (Christensen y Pauly, 1993).

3. JUSTIFICACIÓN

Los BAC'S, son zonas de importancia biológica, ecológica, social y económica, debido al tipo de especies que pueden encontrarse dentro y a los alrededores de estos. El caso del BAC del GU no es la excepción, puesto que en esta zona existen comunidades en las que se desarrollan pesquerías de gran valor económico como; langosta, abulón, camarón, lenguado, verdillo, tiburón y escama en general. Sin embargo, dentro de esta también se distribuyen especies bajo protección que no son objetivo de las pesquerías como; delfines, ballenas, lobos marinos y tortugas marinas. Dentro de estas últimas resalta la tortuga amarilla o caguama, *C. caretta*.

La biomasa producida dentro del BAC del GU, en forma de productividad primaria, es transferida hacia los niveles tróficos más altos, en este sentido *C. caretta* encuentra dentro de estas aguas buena disponibilidad de alimento, siendo así, esta especie de tortuga marina migra desde las costas de Japón hasta llegar a Baja California para alimentarse dentro del GU principalmente, lo que convierte el área en un refugio alimenticio para la especie.

Así pues, dentro del GU se habían registrado eventos de mortandad de *C. caretta*; sin embargo, en 2012 y 2013 ocurrieron varamientos masivos de esta especie, evidenciando un

alza nunca antes vista en los eventos de mortandad de esta tortuga marina. Esto llamó la atención a nivel internacional, por lo que se investigó la posible causa de estos fenómenos. Algunas hipótesis sugerían intoxicación por microalgas, enfermedades por parásitos, distinto origen geográfico de los organismos varados y pesca incidental por la interacción pesca-tortuga, siendo esta última la más aceptada. Para poder mitigar el problema el gobierno mexicano tomó medidas como la modificación de artes de pesca e incluso la creación de una zona de refugio donde las redes agalleras no pueden ser utilizadas.

Aunque se han tomado distintos cursos de acción e hipotetizado distintas explicaciones respecto a los fenómenos de mortandad masiva, la realidad es que aún no existe alguna conclusión o respuesta completamente satisfactoria sobre este tópico, aunado a esto, resulta fundamental el conocer los atributos ecológicos de esta especie de tortuga marina dentro del GU, especialmente su mortalidad natural para así comenzar a entender la complejidad de estos eventos; sin embargo, este tipo de información es prácticamente nula.

Los modelos ecotróficos tipo Ecopath, han sido utilizados para analizar los flujos de biomasa en diferentes ecosistemas, con el objetivo de comprender la dinámica de los organismos que lo integran así como los atributos ecológicos de los mismos como biomasa, consumo/biomasa, eficiencia ecotrófica y producción/biomasa, esta última de acuerdo con Allen (1971) podría dar una aproximación de la mortalidad natural, además, el módulo Ecosim permite indagar la variación de las características ecológicas bajo los efectos de distintos FF, por lo que un modelo EwE del BAC del GU nos daría una idea de los atributos ecológicos de *C. caretta* en especial su valor de mortalidad natural, logrando así aportar un nuevo enfoque de investigación a la problemática de esta zona.

4. HIPÓTESIS

Aunque *C. caretta* es un organismo con alta ocurrencia dentro de una zona de importancia ecológica y socioeconómica como es el Centro de Actividad Biológica (BAC) del Golfo de Ulloa (GU), se tiene poco conocimiento sobre su papel dentro de dicho sistema, por lo que al realizar un modelo ecotrófico tipo Ecopath se espera indagar en los atributos ecológicos de la especie, especialmente su valor de Producción/Biomasa (P/B), que de acuerdo al

postulado de Allen (1971), nos da una aproximación de la mortalidad natural de la especie. Añadido a esto, dado que la tortuga amarilla es un organismo ectotermo y por ende sus funciones fisiológicas se encuentran estrechamente relacionadas a la temperatura superficial del mar (TSM), las simulaciones realizadas en el módulo Ecosim, permitirán observar la variación del valor de P/B bajo la influencia del factor forzante (FF) de TSM en combinación con el FF de pesca incidental (PI) derivado del esfuerzo pesquero (f), presentando pues, valores bajos en TSM cálidas con f nulo y valores altos en TSM frías con f alto.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Obtener estimaciones de la Mortalidad Natural y caracterizar los atributos ecológicos de la tortuga amarilla *Caretta caretta*, dentro del Centro de Actividad Biológica del Golfo de Ulloa, bajo diferentes escenarios de simulación de variabilidad ambiental y antropogénica, mediante un modelo de interacciones ecotróficas.

5.2 Objetivos particulares

- Realizar un modelo Ecopath, que describa las interacciones tróficas en el BAC del GU entre la tortuga amarilla y los grupos funcionales definidos dentro del sistema pelágico-demersal.
- Estimar los índices ecológicos del sistema y para cada grupo funcional, con particular énfasis en el grupo funcional tortuga amarilla.
- Considerando el postulado de Allen, 1971, calcular la mortalidad natural a partir del indicador P/B para la población de tortuga amarilla.
- Realizar escenarios de simulación de TSM y de pesca incidental, que permitan observar la variabilidad en los indicadores ecológicos, particularmente en la mortalidad natural (P/B), del grupo funcional tortuga amarilla.

6. MATERIAL Y METODOS

6.1 Área de estudio

El GU (Fig.1), se encuentra en las costas de Baja California Sur, entre los 25° y 27° de latitud Norte y entre los 112° y 114° de longitud Oeste y comprende desde el sur de Punta Abreojos

hasta cerca de cabo San Lázaro (Funes-Rodríguez *et al.*, 2000). Posee una plataforma continental relativamente amplia, al sur la profundidad de 200 m se encuentra a 22 km de Cabo San Lázaro aproximadamente, al norte, dicha profundidad esta frente a Punta Abreojos a 33 km de la costa, por otro lado, el margen cóncavo de la península que conforma el golfo, tiene una amplitud de 82 km en su parte media, frente a Punta Pequeña. Esta plataforma tiene una extensión de 19,935 km², de los cuales el 68% va desde los 0 hasta los 100m de profundidad, el 38% restante tiene profundidades de entre 100 y 200 m. Salvo por la pendiente de Cabo San Lázaro que alcanza los 100 m de profundidad a menos de 5 km de la costa, el resto del área tiene pendientes suaves y prologadas, por otro lado la zona central posee una cordillera cuya cima alcanza los 50 m de profundidad, para después descender por el talud continental con profundidades de entre 300 y 400 m (Ramírez *et al.*, 2010).

El SCC, así como los procesos de surgencia estacional hacen que esta zona cuente con una elevada productividad biológica, así mismo dentro del área perteneciente al GU existen ambientes como; estuarios, marismas, bahías, manglares y humedales, sitios que sirven como zonas de reproducción, crianza y alimentación para mucha de la biodiversidad de organismos que allí pueden encontrarse, algunas de ellas como el camarón, jaiba, langosta, alejas, pulpo y tiburón son de importancia comercial, propiciando así el desarrollo de pesquerías rivereñas que son de gran importancia para la economía de la región (Ramírez *et al.*, 2010; SAGARPA, 2014).



Figura 1. Área del Golfo de Ulloa, desde el sur de Punta Abreojos hasta la punta norte de Cabo San Lázaro.

6.2 Definición de grupos funcionales

La selección de grupos funcionales (GF), se llevó a cabo procurando representar, de la mejor manera el sistema del GU y sus aspectos ecológicos y económicos, incluyendo para esto especies comerciales o con potencial a serlo, especies base de la cadena trófica y aquellas que interactúan con la tortuga amarilla ya sea como presas o depredadores, así pues, para la inclusión de los GF se utilizó como referencia modelos realizados en sistemas similares o de áreas aledañas al aquí presentado, de estos solo uno fue desarrollado dentro del GU, así mismo, algunos grupos fueron incluidos bajo criterio para los objetivos del presente modelo.

6.3 Datos de entrada

Para los datos semilla, se realizó una búsqueda bibliográfica a fin de obtener la información necesaria respecto a la biomasa, producción/biomasa, consumo/biomasa y dietas de los organismos. Es importante mencionar que la información fue obtenida, de modelos anteriores, artículos científicos, tesis, información oficial de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA); pero que, además, fue complementada con datos del

proyecto Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL) y datos propios de cruceros de investigación, ambos, datos propios del GU.

Las biomásas de algunos GF fueron calculadas para ingresarlas en el modelo. En el caso del zooplancton, se utilizó información de IMECOCAL, donde se encuentra reportada como zooplancton chico y zooplancton grande, lo que resulto conveniente para este trabajo ya que la bibliografía menciona que las tortugas marinas suelen alimentarse de organismos gelatinosos, como medusas, salpas y/o ctenóforos, bajo este contexto se podría decir que se alimentan frecuentemente de zooplancton grande por lo que fue conveniente separar este GF en dos tamaños. Ambas biomásas se calcularon obteniendo el valor promedio anual, el cual se encontraba expresado en mL/100m³, posteriormente por medio de la regresión lineal reportada en del Monte Luna (2004) la cual se expresa como:

(1)

$$y=0.15x+0.037; \quad r^2 = 0.98 \text{ (p<0.05)}$$

donde x =Volumen de zooplancton (ml/1000m³); y = Biomasa de zooplancton (ton/km²)

los datos fueron transformados en unidades de t/km²/año, en las cuales trabaja Ecopath, se debe puntualizar que únicamente se utilizaron datos procedentes de las estaciones de muestreo comprendidas dentro del GU.

Por otro lado, para los grupos de peces demersales y merluzas, los valores de biomasa se calcularon a partir de la información obtenida de los cruceros realizados a bordo de la embarcación BIPXII como parte del proyecto denominado “Gestión de recursos pesqueros potenciales en México; Nuevas áreas y tecnologías para el desarrollo del sector”. En estos casos los valores se encontraban en kilogramos, por lo que primero se transformaron en toneladas para posteriormente por medio del método de área barrida obtener el valor de biomasa que se ingresaría en el modelo.

En el caso del GF calamar, se utilizó la información de la página web de la CONAPESCA (http://conapesca.gob.mx/wb/cona/informacion_estadistica_por_especie_y_entidad), en la que se obtuvo la información del peso de desembarque en kg/mes, esta se transformó a

toneladas y se dividieron entre el número de embarcaciones que trabajan dentro de la zona de acuerdo con la información registrada en el ordenamiento pesquero realizado en el GU en 2014, este valor se multiplico por el área de influencias de cada embarcación, la cual se consideró en dos kilómetros que en promedio trabaja cada embarcación y, finalmente se extrapolo a 12 para obtener el valor anual aproximado.

El valor del GF tortuga prieta (*Chelonia mydas*), se obtuvo utilizando una aproximación del peso promedio registrado para la especie (25 kg), en el trabajo realizado por Brooks en 2005, este se multiplicó por la abundancia reportada (391 tortugas) y finalmente se dividió entre el área donde se localiza esta especie (50km²), de acuerdo con lo descrito por Brooks (2005). El método utilizado para la tortuga amarilla (*Caretta caretta*) nuestro grupo de principal interés, fue similar, la biomasa fue estimada utilizando el peso promedio de los organismos muestreados en campo durante el verano de 2016 (38.5 kg), este valor se multiplicó por el número de individuos (abundancia) (43,226) reportado por Seminoff *et al.* (2014) y después se dividió entre el área de concentración de la especie (15,194 km²) publicado por Peckham *et al.* (2007).

6.4 Matriz de dietas

Para construir la matriz de dietas se realizó una búsqueda bibliográfica en artículos, tesis, libros y notas científicas entre otros, lo más específica posible, del espectro alimenticio de cada GF, dando prioridad aquella información proveniente de trabajos realizados con contenidos estomacales, en caso de no existir dicha información, se utilizó aquella que describiera la dieta general del grupo o de especies y sistemas similares. Una vez identificadas el tipo de presas de los GF, también se obtuvieron las proporciones de cada una de estas dentro de la dieta de los predadores, teniendo así una idea general de las relaciones tróficas dentro del sistema, desde los productores hasta los depredadores tope. El espectro alimenticio se expresa en proporción del total que se consume, valor que debe sumar la unidad (1.0).

6.5 Modelo Ecopath

Como se ha hecho mención, Ecopath es una herramienta que permite la modelación de los ecosistemas, para ello trabaja con estimaciones de biomasa producida y biomasa consumida,

siempre bajo el supuesto que dentro del sistema la producción es igual al consumo, es decir un sistema en equilibrio (Christensen y Pauly, 1992). La versión utilizada fue la 6.4.4 lanzada en agosto de 2015, al igual que las versiones que le anteceden esta trabaja con una serie de ecuaciones lineales, la siguiente expresa la producción del sistema:

(2)

$$P_i - M2_i - P_i(1 - EE_i) - EX_i = 0$$

donde: (i) representa cada GF dentro del modelo, (P_i) es la producción de i (el GF en cuestión), $(M2_i)$ es la mortalidad por depredación de i , (EE) es la eficiencia ecotrófica de i , $(1 - EE_i)$ representa otras causas de mortalidad de i , (EX_i) es la exportación de i .

Sin embargo, ya que lo que se intenta es calcular el flujo de biomasa para cada GF, así como el intercambio de la misma entre éstos, se deben incluir para cada uno los factores de producción/biomasa, consumo/biomasa y fracción de presas consumidas en la dieta de los depredadores, por lo que la fórmula principal es reexpresada de la siguiente forma:

(3)

$$B_i * PB_i * EE_i - \sum_{j=1}^n B_j * QB_j * DC_{ji} - EX_i = 0$$

donde: (B) es la biomasa de i , (PB_i) es la proporción de producción / biomasa, (QB_i) es la proporción de consumo/biomasa, (DC_{ij}) es la fracción de presas i , en la dieta de un depredador j (Christensen y Pauly, 1992).

El programa informático resuelve una ecuación lineal por cada GF dentro del modelo, siendo capaz de solventar sólo uno de los siguientes factores; biomasa, producción/biomasa, consumo/biomasa y eficiencia ecotrófica, esto siempre y cuando se conozcan el resto de los parámetros (Christensen *et al.*, 2005). Para obtener la información necesaria para el modelo, se realizó una búsqueda y revisión de artículos, tesis y trabajos de la misma índole para tener los datos que se ingresaron al modelo; sin embargo, como se menciona anteriormente, parte de estos fueron calculados a partir de información procedente de los trabajos de investigación oceanográfica realizados por parte del laboratorio de cefalópodos del CIBNOR, así mismo algunos datos se complementaron con información procedente de agencias gubernamentales.

6.6 Definición de flotas

Ya que se buscó una representación lo más real posible del sistema del GU, fue necesario considerar las flotas pesqueras de la región. Para ello se identificaron los GF susceptibles a la pesca, así como el tipo de artes de pesca utilizados para el aprovechamiento en particular de cada uno de ellos. Con información de la CONAPESCA, se buscó el peso en toneladas de las capturas, este valor se dividió entre el área en la cual trabajan las flotas para contrastarlo con la información de las artes de pesca utilizadas para el aprovechamiento de estos recursos, recabada durante el proyecto: “Ordenamiento pesquero realizado en el Golfo de Ulloa en 2014”, y de esta forma obtener la proporción de producto obtenido por cada tipo de arte de pesca. De esta manera se consideraron tres flotas pesqueras: 1) flota palangrera 2) flota de enmalle y 3) flota sardinera, las dos primeras inciden sobre nuestro GF objetivo la tortuga amarilla

6.7 Pesca incidental de *Caretta caretta*

Aunque es evidente que *C. caretta* no es una especie de uso comercial, el valor de PI era necesario para la creación de los escenarios, la aproximación de este valor se obtuvo identificando las artes de pesca ante las cuales esta especie de tortuga marina fuese susceptible, utilizando información de dichas artes de pesca, recabada del proyecto “Ordenamiento pesquero realizado en el Golfo de Ulloa en 2014”, se obtuvo el número de palangres y redes de enmalle que operan dentro del GU. Posteriormente se buscó información del valor de PI reportado para cada arte de pesca. En el caso de aquellas con anzuelos como los palangres o las cimbras, el valor fue (0.035), este se dividió entre 2.8 que es la distancia en km en la que se distribuyen 1000 anzuelos, el resultado de esto se multiplicó por el peso promedio de las tortugas en kg, y se dividió entre 1000 para transformar las unidades a toneladas, finalmente se multiplicó por 0.92, ya que de acuerdo con Peckham *et al.* (2007), es la proporción de tortugas que mueren al caer en este tipo de arte, esto significa el 92%. Para las redes de enmalle o chinchorros, el valor fue de (0.006), se multiplicó por el peso promedio de las tortugas en kg, el resultado se dividió entre 1000 para transformar las unidades a toneladas y finalmente se multiplicó por 0.73 que es la proporción de tortugas que mueren al caer en este tipo de arte de pesca, es decir 73% (Peckham *et al.*, 2007).

6.8 Balanceo del Modelo

El balanceo del modelo se llevó a cabo bajo el supuesto de que el consumo dentro del sistema no puede exceder la producción del mismo, para ello Ecopath se encuentra diseñado para advertir al usuario en caso que el sistema modelado se encuentre fuera de equilibrio, dicha advertencia son los valores coloreados en rojo de las EE de los GF desbalanceados, estos valores nunca deben sobrepasar el valor de 1. Bajo este argumento el balance del modelo se realizó desde la matriz de dietas, la razón de esto recae en el hecho que la mayor incertidumbre respecto a los GF es con respecto a la proporción de las presas consumidas dentro de sus dietas, así pues, se hizo el correcto ajuste de las proporciones de las presas dentro de las dietas de los predadores, cuidando de que la suma de las proporciones no sobrepasara el valor de 1.

6.9 Calibración del modelo

La calibración del modelo es fundamental para la realización de los escenarios, así que para tener la menor incertidumbre posible respecto a los valores arrojados por el módulo Ecosim, es necesario que este se ajuste previamente con una serie de tiempo de biomasa conocida dentro del sistema, es decir la biomasa observada de alguno de los GF representados dentro del modelo, para ello, se utilizaron los datos de abundancia zooplanctónica chica de la región, valores obtenidos de las estaciones de los cruceros IMECOCAL realizadas dentro del GU. Es importante mencionar que, para lograr una óptima calibración, la serie de biomasa y la serie de temperatura deben abarcar el mismo periodo de tiempo, en este modelo se utilizaron datos que abarcan el periodo de 1998 a 2008. Por otro lado, este módulo permite especificar los GF o las interacciones específicas sobre los cuales los FF tendrán efecto, para el presente modelo se determinó que trabajara sobre fitoplancton, tortuga prieta, tortuga amarilla y la interacción langostilla-tortuga amarilla.

6.10 Módulo Ecosim

El modelo balanceado nos da una idea del estado del sistema y sus atributos ecológicos en ese momento particular, tomando dicha información como punto de partida. Ecosim permite realizar simulaciones dinámicas a través del tiempo, con la finalidad de conocer los cambios en dichos atributos bajo la influencia de agentes forzantes (perturbaciones dentro del sistema). Para ello Ecosim trabaja realizando ecuaciones diferenciales que pueden utilizarse

para expresar entre otros, parámetros de las tasas de reclutamiento, interacciones presa depredador dadas por los límites de exposición a depredadores y flujos de biomasa que pueden mostrar si el control del sistema (Christensen *et al.*, 2005).

En este caso las simulaciones realizadas para el sistema se hicieron bajo la influencia de dos FF, la TSM y PI derivada de f, igual que los módulos anteriores Ecosim trabaja con una ecuación lineal que se desprende de la ecuación maestra del programa, la cual se expresa de la siguiente forma:

$$dB_i/dt = g_i \sum_i Q_{ji} - \sum_i Q_{ji} + I_i - (M_i + F_i + e_i)B_i \quad (4)$$

donde: (dB_i/dt) representa la tasa de crecimiento en un intervalo de tiempo (dt) de un grupo funcional (i) en términos de biomasa (B) , g_i es la eficiencia neta de crecimiento (relación producción/consumo), M_i es la no-predación en términos de tasa de mortalidad natural, f_i es la tasa de mortalidad por pesca, e_i es la tasa de emigración, I_i es la tasa de inmigración, $(e_i * B_i - I_i)$ es la tasa de migración neta). Ambas sumas estiman las tasas de consumo, la primera expresando el consumo total por grupo (i) , y la segunda la predación por todos los depredadores en el mismo grupo (i) . las tasas de consumo Q_{ji} se calculan bajo el concepto de las áreas de forraje, donde B_i se divide en componentes vulnerables e invulnerables y equivale a la tasa de transferencia (V_{ij}) entre los dos componentes que determinan si el ecosistema tiene un control de abajo hacia arriba (bottom-up) o de arriba hacia abajo (top-down) (Christensen *et al.*, 2005).

Como se ha mencionado, se seleccionaron dos FF que debido a las características de la tortuga amarilla pudieran tener mayor influencia sobre sus atributos ecológicos, TSM debido a la fisiología del animal y PI resultante del f, debido a que se ha documentado que esta especie de tortuga amarilla parece ser muy susceptible a ciertos artes de pesca.

6.11 Escenarios

Los escenarios creados simularon el impacto de dos FF, TSM y f. Se modelaron tres tipos de TSM, promedio, fría y cálida, el valor de las dos últimas se definió con el promedio de la

TSM registrada en el área durante el periodo de la simulación, se determinó que el valor frío sería de 2.5 °C por debajo del valor promedio y el cálido de 2.5 °C por encima del mismo, se dispuso esto debido a que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de temperatura registrado es precisamente de 2.5 °C. Por su parte para f , se trabajaron 4 tipos diferentes que variaron desde la ausencia total de este (f_0), la mitad ($f_{0.5}$) el esfuerzo base (f_1) y un último que simuló redoblar el esfuerzo (f_2). Así pues, cada escenario mostro el resultado de la combinación de una TSM y f , dando un total de 12 escenarios.

7. RESULTADOS

7.1 Definición de grupos

En la Tabla I se presentan los 29 GF utilizados para el modelo, dentro de los cuales se definieron cinco productores primarios; Fanerógamas Marinas, Fitoplancton, Macroalgas Verdes, Macroalgas Pardas y Macroalgas Rojas, dos de Zooplancton; Zooplancton Grande y Zooplancton Chico, ocho grupos de Invertebrados; Equinodermos, Otros Moluscos, Pulpos, Langostas, Camarón, Langostilla, Otros Crustáceos y Calamares, diez de Peces; Peces Demersales, Peces Planos, Peces Batoideos, Cabrillas, Curvinas, Tiburones, Mojarra, Merluzas, Clupeidae, Pelágicos Mayores, dos de Tortugas Marinas: Tortuga Prieta y Tortuga Amarilla, uno de Mamíferos Marinos y uno de Detritus.

Tabla I. Grupos definidos para la integración del modelo. Se observa el nombre dado a cada grupo, así como los organismos que lo integran.

No.	Grupo	Organismos	No.	Grupo.	Organismos
1	Zooplankton Grande	Pteropoda, Heteropoda, Salpida, Stomatopoda, Ctenophora, Medusae	15	Peces Demersales	<i>Argentina sialis</i> , <i>Caulolatilus affinis</i> , <i>Prionotus stephanophrys</i> , <i>Kathetostoma averruncus</i>
2	Zooplankton Chico	Copepodos, Eufáusidos, Quetognatos	16	Peces Planos	Paralichthyidae, Pleuronectidae, Bothidae, Soleidae, Cynoglossidae
3	Fanerógamas marinas	<i>Zostera marina</i> , <i>Ruppia marítima</i>	17	Peces Batoideos	<i>Dasyatis ssp.</i> , <i>Urolophus ssp.</i> , <i>Urotrygon ssp.</i>
4	Fitoplancton	Diatomeas	18	Cabrillas	<i>Diplectrum labarum</i> , <i>D. microstoma</i> , <i>D. pacificum</i> , <i>Paralabrax maculatofasciatus</i>
5	Algas Verdes	Ulvaceae, Codiaceae	19	Curvinas	Sciaenidae
6	Algas Pardas	<i>Eisenia ssp.</i> , <i>Macrosystis ssp.</i>	20	Tiburones	<i>Mustelus ssp.</i> , <i>Heterodontus ssp.</i>
7	Algas Rojas	Corallinaceae, Rhodomelaceae, Ceramiaceae	21	Tortuga Prieta	<i>Chelonia mydas</i>
8	Equinodermos	<i>Isostichopus fuscus</i> , <i>Astropecten armatus</i>	22	Tortuga Amarilla	<i>Caretta caretta</i>
9	Otros Moluscos	<i>Haliotis fulgens</i> , <i>H. corrugata</i>	23	Mojarras	Gerreidae
10	Pulpos	<i>Octopus ssp.</i>	24	Merluzas	<i>Merluccius productos</i>
11	Langostas	<i>Panulirus interruptus</i> , <i>P. inflatus</i>	25	Calamar	<i>Dosidiscus gigas</i>
12	Camarón	<i>Penaeus californiensis</i>	26	Clupeidos	Clupeidae
13	Langostilla	<i>Pleuroncodes planipes</i>	27	Pelágicos Mayores	Carangidae, Scombridae
14	Otros Crustáceos	Majidae, Parthenopidae, Grapsidae, Ocypodidae	28	Mamíferos Marinos	<i>Eschrichtius robustus</i> , <i>Zalophus californianus</i> , <i>Tursiops truncatus</i>
			29	Detrito	Detritus

Como se mencionó anteriormente, los GF fueron designados con la idea de tener la mejor representación posible del sistema, sin dejar de lado las presas y depredadores de *C. caretta*, por lo que dentro de los GF encontramos organismos de importancia biológica de la zona y de importancia para nuestro objetivo de estudio.

7.2 Datos de entrada

Los valores semilla para el modelo se obtuvieron utilizando 55 distintas fuentes bibliográficas; pero, además, en algunos casos para obtener el valor requerido por el paquete informático Ecopath, parte de la información fue complementada con datos de campo, así como de cruceros de investigación realizados dentro del área de estudio, de igual manera todos los valores fueron transformados a las unidades requeridas por Ecopath que son toneladas/km²/año (t/km²/año). En la tabla II, se muestran las fuentes de información que se utilizaron para el modelo.

Tabla II. Fuentes de información usadas para la creación del modelo, donde: (*) Valor proporcionado por el software, (+) dato obtenido en campo; (1) del Monte-Luna, 2004; (2) Morales *et al.*, 2011; (3) Cruz *et al.*, 2013; (4) reportes IMECOCAL de los cruceros realizados de 1998 a 2008; (5) Salinas *et al.*, 2013; (6) Brooks, 2005; (7) Seminof *et al.*, 2014; (8) Rosas *et al.*, 2008; (9) Cabello *et al.*, 2004; (10) Aguilar *et al.*, 2007; (11) De Silva *et al.*, 2002; (12) Hernández y Parra, 2015; (13) Lara, 2008; (14) Aguilar, 2014; (15) Rosas *et al.*, 2010; (16) Parada *et al.*, 2009; (17) Honey *et al.*, 2008; (18) Turrubiates, 2009; (19) Guzmán del Prío *et al.*, 2003; (20) Rodríguez, 2010; (21) Armendáriz *et al.*, 2014; (22) Díaz y Guzmán, 1995; (23) Manzano, 2003; (24) Gianuca y Vooren, 2007; (25) Cupul y Reyes, 2005; (26) Valero *et al.*, 2004; (27) Elorduy y Peláez, 1996; (28) Raymundo y Saucedo, 2008; (29) Molina y Manrique, 1997; (30) Flores *et al.*, 2013; (31) Amezcua y portillo, 2010; (32) Navarro *et al.*, 2010; (33) Flores *et al.*, 2015; (34) Aguilar y González, 2010; (35) Bortone, 1977; (36) Mendoza y Rosales, 2000; (37) Ainsworth *et al.*, 2009; (38) Raymundo, 2000; (39) Bajeca, 2016; (40) Segura *et al.*, 1997; (41) Rodríguez *et al.*, 2013; (42) Arizmendi *et al.*, 2014; (43) Best, 1963; (44) Rosas, 2007; (45) Bouchot, 2012; (46) Orrego y Mendo, 2015; (47), Blanco *et al.*, 2001; (48) García y Auriolles, 2004; (49) Sweeney y Harvey, 2011; (50) Auriolles y Balart, 1995; (51) Senko *et al.*, 2010; (52) Peckham *et al.*, 2011; (53) Seminnoff *et al.*, 2014; (54) Bowen *et al.*, 1995; (55) Riosmena-Rodríguez y Lara-Uc, 2015.

Grupo	Biomasa	P/B	Q/B	EE	Dieta y Distribución
Zooplankton grande	4	8	8	*	11
Zooplankton chico	4	8	8	*	11
Fanerógamas marinas	3	*	—	3	9
Fitoplancton	1	1	—	*	12,13
Algas verdes	3	3	—	*	14
Algas pardas	2	2	—	*	15,16
Algas rojas	3	3	—	*	10
Equinodermos	3	3	3	*	17,18
Otros moluscos	3	3	3	*	19
Pulpos	*	2	2	2	20,21
Langostas	3	3	3	*	22
Camarón	*	1	1	1	23
Langostilla	1	1	1	*	50
Otros crustáceos	3	3	3	*	24,25,26
Peces demersales	5	8	8	*	27,28
Peces planos	3	1,3	1,3	*	30,31
Peces batoideos	3	3	3	*	32,33
Cabrillas	*	1,3	1,3	3	34,35,36,37
Curvinas	*	1	1	1	38,39
Tiburones	2	2	2	*	40,41
Tortuga prieta	6	3	3	*	6,51,+
Tortuga amarilla	7+	*	3	—	52,53,54,55
Mojarras	*	1	1	1	42
Merluzas	5	1	1	*	43
Calamar	5	8	8	*	44
Clupeidae	1	1	1	*	29
Pelágicos mayores	*	1	1	1	45,46
Mamíferos marinos	3	3	3	*	47,48,49
Detritus	*	*	*	*	—

7.3 Matriz de dietas

Al igual que los datos semilla del modelo, las dietas de nuestros GF se obtuvieron con ayuda de información bibliográfica, en la tabla III se muestra la proporción de las presas dentro de la dieta de cada depredador y su ajuste para cumplir con el supuesto principal de un sistema en equilibrio, es decir la suma de la proporción de presas debe ser igual a 1.

7.4 Definición de flotas

Con base en aquellos organismos susceptibles a la pesca dentro del modelo, y en función de las artes de pesca registradas para el aprovechamiento de estos recursos en la zona, se definieron tres diferentes tipos de flotas: ribereña de enmalle, ribereña de palangre y flota sardinera. En la tabla IV se pueden observar los grupos sobre los que las flotas ejercen presión y el porcentaje de esta en relación con las artes de pesca utilizadas. El chinchorro de línea es la herramienta de pesca con la que se explota la mayor parte de los GF susceptibles a la pesca, la cimbra por su parte tiene el impacto más grande sobre el GF Tiburones y la flota sardinera como su nombre lo indica, se encuentra enfocada exclusivamente a la captura de dichos organismos.

Tabla IV. Flotas pesqueras, artes de pesca y porcentaje sobre la actúan para cada grupo.

Grupo funcional	Chinchorro de línea	Cimbra	Flota Sardinera
Tiburones	5%	95%	0%
Sardina	0%	0%	100%
Peses Demersales	100%	0%	0%
Peses Planos	100%	0%	0%
Peses Batoideos	100%	0%	0%
Cabrillas	100%	0%	0%
Curvinas	100%	0%	0%
Mojarras	100%	0%	0%
Pelágicos Mayores	100%	0%	0%

7.5 Pesca incidental de *Caretta caretta*

Para calcular el valor de PI se planteó utilizar el dato registrado por Peckham *et al.* en 2007, de 19.3 tortugas por cada mil anzuelos y 0.85 tortugas por cada kilómetro de red de enmalle o chinchorro; sin embargo, como el mismo autor menciona estos valores sobrepasan con un orden de magnitud, valores de PI reportados por otras flotas tanto mexicanas como estadounidenses siendo de 0.00 a 1.40 tortugas por cada mil anzuelos y 0.01 tortugas por kilómetro de red de enmalle o chinchorro. Con la idea de evitar una sobrestimación al momento de realizar las simulaciones, se optó por realizar un promedio con los valores de estudios similares, en la tabla V se puede observar la literatura revisada y los datos que se reportan tanto para las cimbras como para las redes de enmalle o chinchorros.

Tabla V. Valores reportados de PI para cimbras y chinchorros.

	Cimbra		Red de enmalle o Chinchorro
Barragan <i>et al.</i> (2003)	4.8 tortugas/1000 anzuelos	Lezama <i>et al.</i> (2003)	0.056 tortugas/red
Domingo <i>et al.</i> (2006)	1.3 tortugas/1000 anzuelos	Rosales <i>et al.</i> (2010)	0.61 tortugas/red
Piovano <i>et al.</i> (2009)	1.37 tortugas/1000 anzuelos	Vega <i>et al.</i> (2015)	0.012 tortugas/red
Pacheco-Rovira <i>et al.</i> (2013)	5.2 tortugas/1000 anzuelos		
Vega <i>et al.</i> (2015)	1.32 tortugas/1000 anzuelos		

Estos datos se utilizaron para realizar el cálculo final de PI que se ingresó al modelo, siendo estos 0.035 t/km/año en el caso de las cimbras y 0.006 t/km/año para las redes de enmalle o chinchorros. De acuerdo con estos valores la tortuga amarilla parece más propensa a interactuar con las cimbras que con las redes de enmalle.

7.6 Modelo Ecopath

Tras definir los grupos funcionales, obtener la información de los datos entrada, armar la matriz de dietas (presa-depredador) y balancear el modelo bajo el supuesto de que en el sistema la producción no es mayor al consumo, el modelo se encontró listo para realizar las estimaciones correspondientes de los atributos ecológicos, en la tabla VI se observan los valores iniciales del sistema, aquellos en negritas fueron calculados por Ecopath, como los niveles tróficos (NT), en donde se observa que el sistema maneja poco más de tres niveles y la eficiencia trófica en la mayoría de los GF, se observa que las EE más bajas pertenecen a los mamíferos marinos, tortuga amarilla, tortuga prieta, tiburones, langostas y algas pardas, mientras que los grupos pulpos, camarón, peces batoideos, curvinas, mojarras, calamares y pelágicos mayores presentaron las eficiencias más altas. Por otro lado, en el caso de los productores no existen valores de Q/B (consumo/biomasa), ya que los productores por su carácter autotrófico no tienen consumo alguno dentro del sistema, es decir no depredan ningún GF.

Tabla VI. Estimaciones básicas del sistema. Los valores en negritas han sido calculados por Ecopath.

Grupo Funcional	Nivel trófico	Biomasa (t/km ²)	Producción / biomasa (año)	Consumo / biomasa (año)	Eficiencia ecotrófica
Zooplancton grande	2.180	6.000	25.680	86.300	0.688
Zooplancton chico	2.091	31.000	7.000	24.900	0.735
Fanerógamas marinas	1.000	1.095	1.122		0.850
Fitoplancton	1.000	300.000	10.000		0.762
Algas verdes	1.000	3.000	20.000		0.865
Algas pardas	1.000	11.970	5.740		0.464
Algas rojas	1.000	11.000	5.500		0.877
Equinodermos	2.001	4.195	1.500	4.000	0.829
Otros moluscos	2.058	10.000	0.760	12.500	0.934
Pulpos	3.222	3.061	1.390	3.500	0.950
Langostas	2.393	1.400	1.280	7.480	0.416
Camarón	2.055	3.901	4.030	10.200	0.950
Langostilla	2.114	24.000	2.000	9.670	0.751
Otros crustáceos	2.055	9.000	6.500	20.000	0.869
Peces demersales	3.004	14.670	0.960	3.780	0.916
Peces planos	3.225	4.350	0.850	4.720	0.962
Peces batoideos	3.372	3.800	0.200	1.294	0.996
Cabrillas	3.347	5.327	1.645	4.000	0.950
Curvinas	2.667	2.370	2.950	12.000	0.950
Tiburones	3.610	1.000	0.810	5.000	0.504
Tortuga prieta	2.000	0.320	0.200	3.500	0.651
Tortuga amarilla	3.376	0.100	1.023	3.500	0.500
Mojarras	2.460	2.762	2.310	9.060	0.950
Merluzas	3.154	14.200	0.500	2.000	0.699
Calamar	3.307	14.180	3.250	13.800	0.949
Clupeidae	2.000	55.000	2.210	15.000	0.780
Pelágicos mayores	3.292	0.754	0.800	3.650	0.950
Mamíferos marinos	3.484	1.400	0.113	18.390	0.447
Detritus	1.000				0.101

Los valores generales del ecosistema en general pueden observarse en la tabla VII. El rendimiento total del sistema es de 7893.863 t/km²/año, esto representa el flujo total de energía dentro del sistema; es decir, este valor incluye el consumo total, el total de exportaciones, el total de la respiración y el flujo total de detritus, la producción primaria total calculada es de 3190.436 t/km²/año, la producción primaria/respiración fue de 1.787, el valor de producción primaria/biomasa fue de 5.910, el valor de la producción neta del sistema 1405.415 t/km²/año. Por otro lado, las especies objetivo de las artes de pesca en promedio se ubicaron apenas por encima del segundo NT (2.19), esto es debido a la diferencia que existe en las dietas de estos organismos. Finalmente, entendiendo la ascendencia como la propiedad del sistema para mantener la jerarquía de los niveles tróficos, así como los valores y funciones propios del mismo y overhead como la fuerza del sistema o el límite de su ascendencia, estos valores abarcan el 27.5% y el 72.5% del sistema respectivamente.

Tabla VII. Valores generales del ecosistema.

Parámetro	Valor	Unidades
Rendimiento total del sistema	7893.863	t/km ² /año
Producción primaria/respiración	1.787	
Producción primaria total/biomasa	5.910	
Producción primaria neta total calculada	3190.436	t/km ² /año
Producción neta del sistema	1405.415	t/km ² /año
Nivel trófico promedio de capturas	2.119	
Overhead	72.5%	
Ascendencia	27.5%	

En la figura 2 se presenta un diagrama de flujo con los 29 GF del sistema. De acuerdo con éste, el sistema se encuentra ordenado entre 3 y 4 NT, donde el GF tiburones se localiza en el NT más alto (3.610) seguido de mamíferos marinos (3.484) y pelágicos mayores (3.292). Dentro del diagrama el tamaño del círculo representativo de cada GF, indica proporcionalidad de la biomasa del grupo en cuestión, respecto del total. De esta manera, los grupos con las biomazas más grandes pertenece al fitoplancton, zooplancton chico, zooplancton grande, algas pardas, algas rojas, Clupeidae y langostilla. En el caso del

fitoplancton se trata del productor primario más importante dentro del sistema, por su parte tanto el zooplancton chico, zooplancton grande, Clupeidae y langostilla, son organismos altamente depredados por varios grupos del sistema, otros como: calamar, merluzas y otros moluscos también tienen biomasa relativamente grandes en comparación con el resto, de igual manera, estos se encuentran presentes en la dieta de varios organismos. Como era de esperarse son los organismos de NT bajos o primarios muestran mayores valores de biomasa.

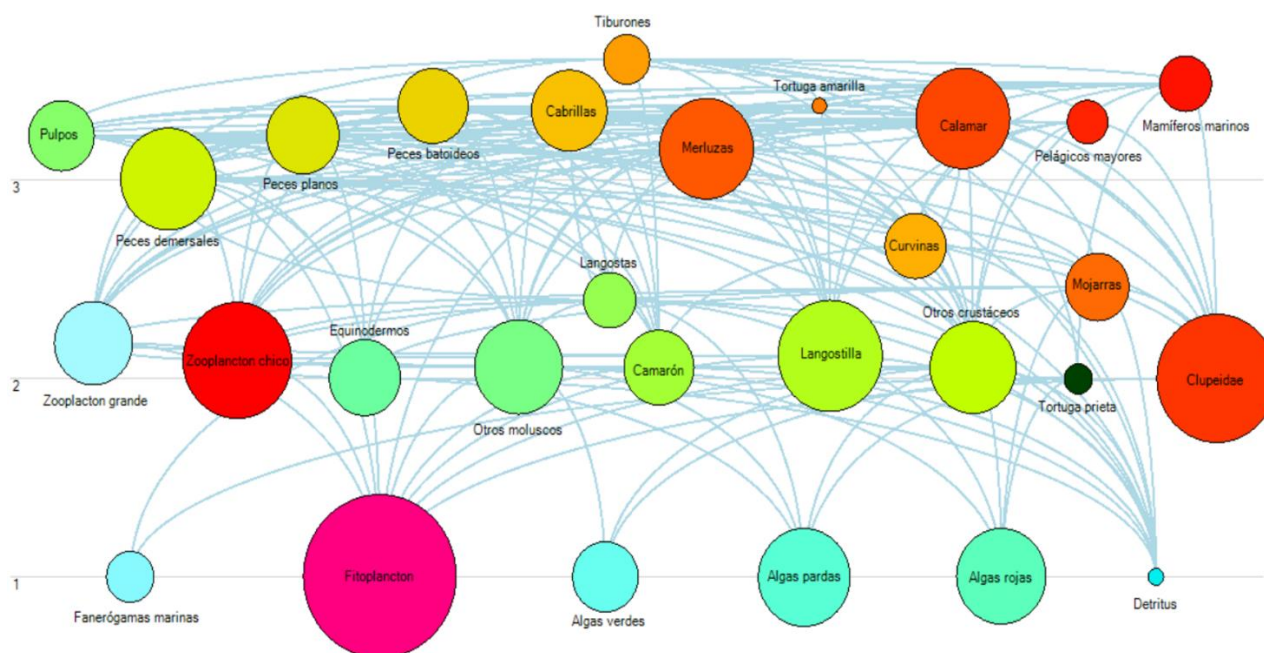


Figura 2. Diagrama de flujo trófico de los 29 Grupos Funcionales.

7.7 Atributos ecológicos de *Caretta caretta*

Conocer los atributos ecológicos del GF tortuga amarilla es uno de los objetivos principales de este modelo, especialmente el valor de P/B; sin embargo, en la intención de entender de mejor manera el papel de esta especie dentro del GU se analizaron otras características ecológicas. En la tabla VIII se muestran los valores de los atributos ecológicos para *C. caretta* de acuerdo con Ecopath.

Tabla VIII. Atributos ecológicos del GF tortuga amarilla.

Atributos ecológicos de <i>C. caretta</i>	
Biomasa	0.100 t/km ²
Producción/biomasa	1.023
Consumo/biomasa	3.500
Eficiencia ecotrófica	0.500
Nivel trófico	3.376

De acuerdo con la tabla VIII, el GF tortuga amarilla posee una biomasa relativamente chica dentro del sistema, sin embargo, esto es solo al compararla con otras biomاسas, su valor de P/B que es la aproximación a la mortalidad natural es de 1.023, su EE indica que solo la mitad de su biomasa es asimilada en forma de consumo dentro del sistema y dentro de todos los GF que conforman el sistema *C. caretta* se encuentra entre el nivel 3 y 4, esta asignación se debe a la variedad de presas que podría consumir.

Dentro del sistema *C. caretta* tiene interacción directa con 11 diferentes GF, así pues, su nivel trófico se encuentra dentro del tercer nivel y su biomasa es relativamente chica en comparación con la de los grupos que puede llegar a depredar, especialmente si es comparada con la de zooplancton chico y langostilla, estos últimos son un recurso alimenticio compartido con otros grupos del sistema, también es importante observar que la mayor parte de los grupos de los que se está alimentando son invertebrados marinos, salvo por dos grupos de peces que a su vez son especies de importancia pesquera, por otra parte, los depredadores del grupo tortuga amarilla también presentan biomاسas mayores en comparación con la biomasa de la tortuga, sin embargo, estos organismos presentan un espectro alimenticio amplio al ser depredadores tope del sistema. En la figura 3 puede observarse con más detalle las interacciones tróficas del GF tortuga amarilla.

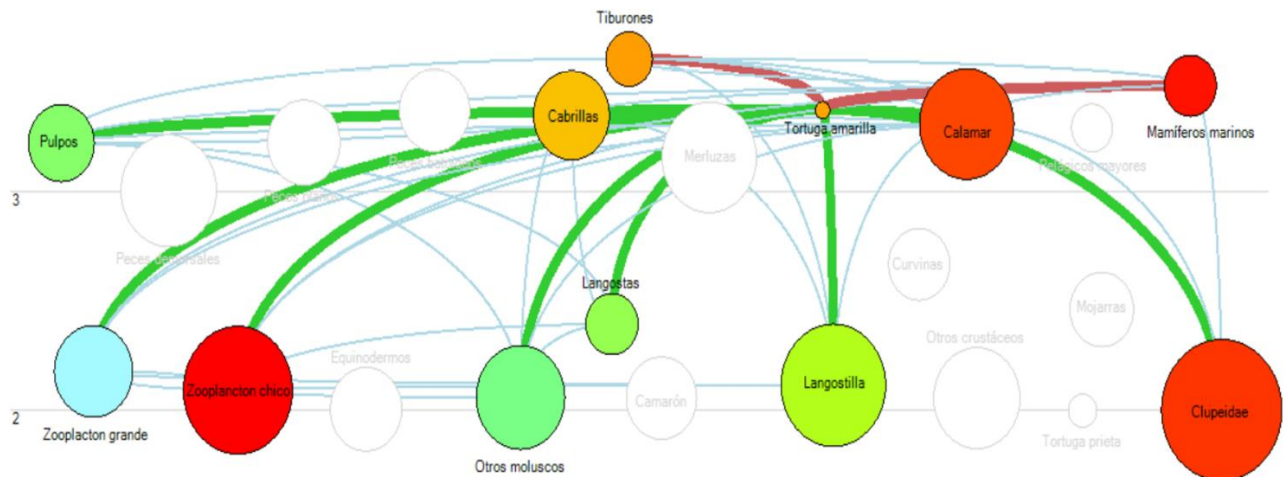


Figura 3. Diagrama del flujo trófico de Grupo Funcional Tortuga Amarilla en el BAC del GU.

7.8 Ecosim

Al tener la referencia inicial del estado del sistema, se procedió a realizar simulaciones del sistema influenciado por las variaciones causadas por perturbaciones externas. Los FF considerados fueron, TSM y F; sin embargo, primero se definió una serie de tiempo adecuada que permitiera observar el estado real de sistema, es decir la serie de tiempo de alguna biomasa conocida. Se utilizó la serie de zooplancton chico de los cruceros IMECOCAL realizados entre 1998 y 2008 (Fig. 4).

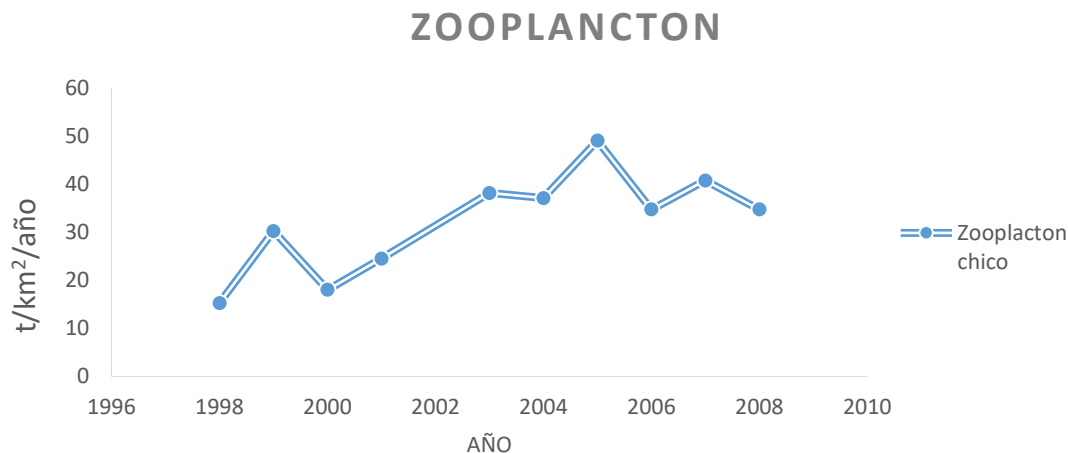


Figura 4. Diagrama del flujo trófico de Grupo Funcional Tortuga Amarilla en el BAC del GU.

Para la TSM (Fig. 5), se utilizaron registros de esta, procurando que fuesen lo más cercano posible a la zona de distribución de *C. caretta*, con el fin que los resultados de los escenarios bajo la influencia de este FF tuvieran la menor incertidumbre posible. Aunque visualmente la temperatura parece tener grandes variaciones, en realidad su intervalo de variación es de apenas 3 grados. Debemos mencionar también que la serie de TSM se utilizó con un año de retraso ya que se consideró que el efecto en los componentes del sistema no es inmediato.

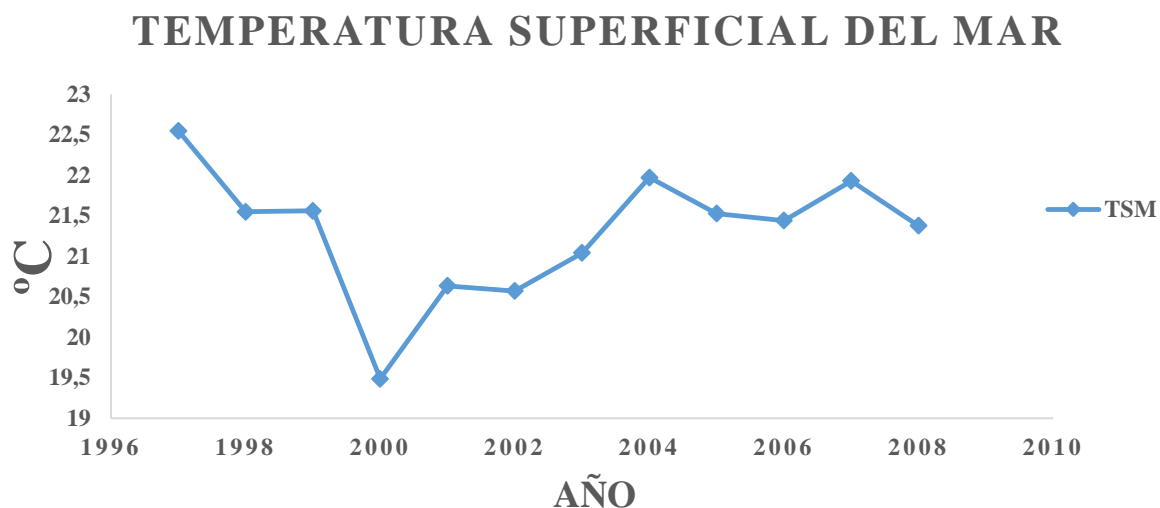


Figura 5. Serie de Temperatura Superficial del Mar registrada dentro del GU, de 1998 a 2008.

7.9 Calibración del modelo

Para poder ajustar el presente modelo, se determinó que la serie de zooplancton chico presentaba una serie de tiempo suficientemente buena para reducir la incertidumbre de los escenarios, sin embargo, antes de realizarlos se corroboró que el modelo representara el sistema en equilibrio. En la figura 6, se observa el primer resultado del módulo Ecosim antes de que algún FF influya sobre el sistema, en el eje X se muestra la cantidad de años representados, en este caso diez de 1998 a 2008, el recuadro de la derecha contiene el patrón de colores representativos de cada GF, la línea horizontal representa la biomasa de todos los GF y sus variaciones, dicha línea es monocromática y recta debido a que esta es la representación del sistema en equilibrio; esto es lo que se busca antes comenzar con la simulación dinámica del sistema.

BIOMASAS RELATIVAS

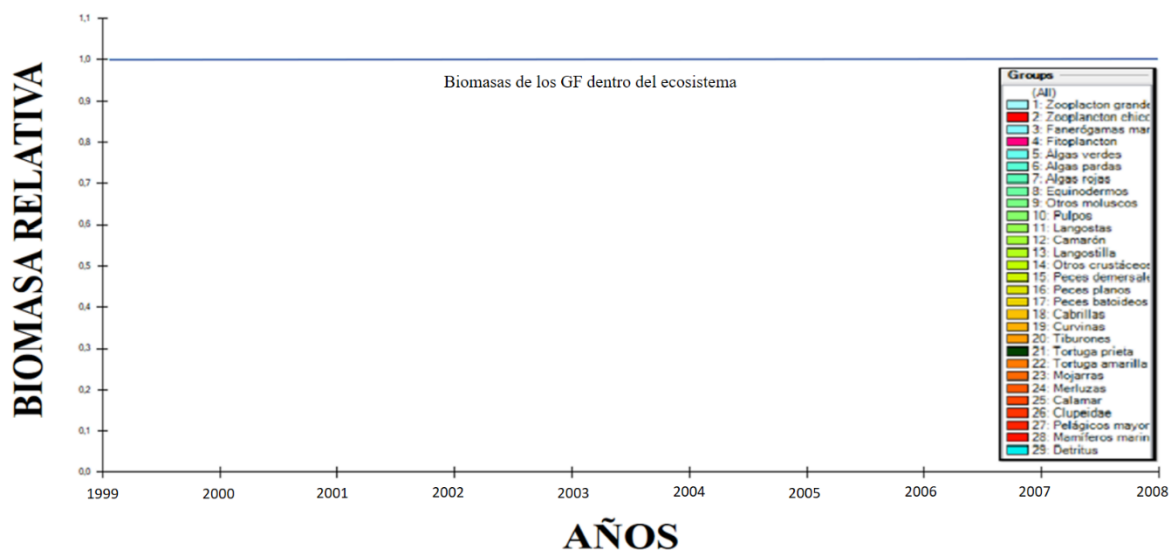


Figura 6. Estado base del sistema en Ecosim, se observan las biomazas de los GF en equilibrio.

Los escenarios son representaciones teóricas de la realidad bajo algún supuesto considerado; sin embargo, para que estas simulaciones sean válidas, los escenarios deben ser diseñados con la menor incertidumbre posible. De esta manera, con la finalidad de que nuestro modelo tuviera dicha validez, nos apoyamos en la serie de tiempo de zooplancton chico observada y el comportamiento de la biomasa del GF Zooplancton chico calculada por el modelo. En la representación gráfica de Ecosim se encuentra una serie de puntos que son equivalentes a la serie observada del GF Zooplancton chico, y la línea de tendencia muestra la biomasa de Zooplancton chico calculada, la cual de manera general sigue el comportamiento de los datos observados, cabe mencionar que las biomazas calculadas comienzan por protocolo del programa en 1 (Fig. 7).

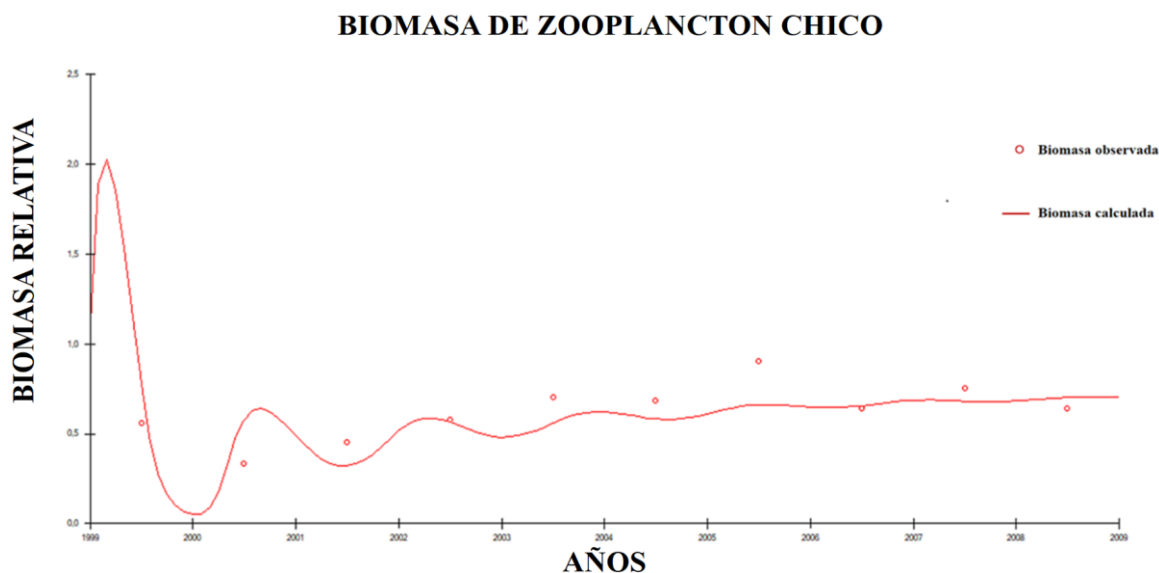


Figura 7. Calibración del modelo, se muestran las series observadas y calculadas del GF Zooplancton chico.

7.10 Escenarios

Se crearon 12 escenarios con diferentes combinaciones de los dos FF (TSM y f), estas perturbaciones actuarían directo sobre nuestro GF de interés, tortuga amarilla. Como se ha mencionado, se esperaría que al ser un organismo ectotermo la TSM tenga influencia directa sobre sus atributos ecológicos, así mismo las variaciones en la actividad pesquera de la zona podrían aumentar la probabilidad de que esta especie sea capturada incidentalmente, el efecto conjunto de ambos FF podría verse reflejados en el valor de P/B de *C. caretta*. En la tabla IX se presentan los resultados de los escenarios creados, en cada uno se muestra el valor de P/B del GF tortuga amarilla dado por la combinación del f y la TSM, se realizaron simulaciones donde el esfuerzo pesquero no estaba presente (f_0), en la que se encontraba a la mitad ($f_{0.5}$), con el esfuerzo base (f_1), y aquel en que este había duplicado su actividad (f_2), los valores más altos se presentaron en los escenarios con temperaturas frías, mientras que los escenarios cálidos mostraron un P/B en general más bajo.

Tabla IX. Valores de P/B del GF Tortuga amarilla en los diferentes escenarios creados por Ecosim, con la combinación de f (0,0.5,1 y 2) y TSM (temperatura promedio TP, temperatura fría TF y temperatura cálida TC).

Esfuerzo pesquero (f)	Temperatura superficial del mar (TSM)		
	EP	EF	EC
f			
0	1.098	1.11	1.087
0.5	1.482	1.481	1.4
1	1.963	1.962	1.925
2	3.541	9.539	3.543

Al observar gráficamente los valores de P/B de los escenarios se pueden vislumbrar de mejor manera las diferencias, que, aunque podrían parecer pequeñas, son consistentes en el sentido que los valores más altos se presentan en las temperaturas frías, así pues, estos aumentan a la par que se incrementa el f . En la figura 8 se encuentran los valores en el escenario donde hay ausencia total de la presión pesquera f_0 , este escenario nos da un panorama general sobre la influencia directa de la TSM, en él se observa que la temperatura cálida parece tener un menor impacto en cuanto al valor de P/B se refiere.

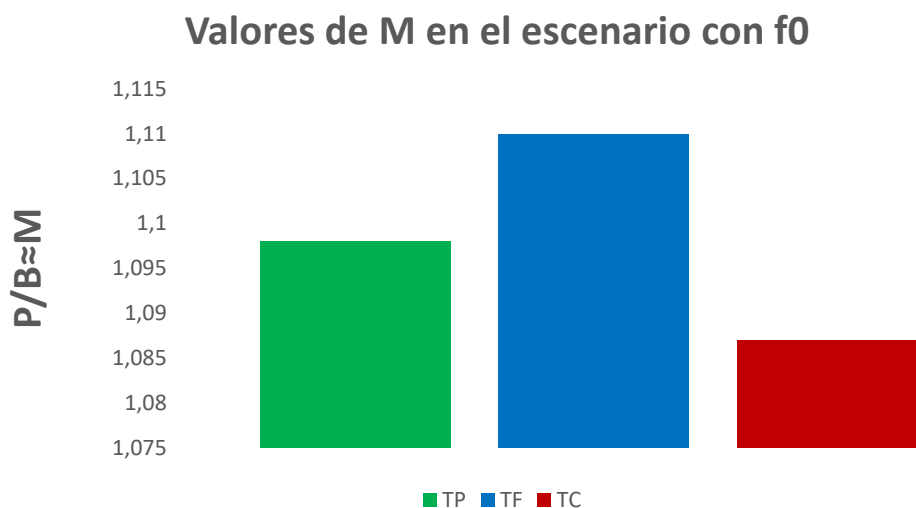


Figura 8. Valores de P/B en las distintas temperaturas (promedio, fría y cálida) en el escenario con ausencia de f .

Por su parte el escenario con la mitad de la presión pesquera ($f0.5$), nos muestra la influencia que podría tener esta sobre el valor de P/B , puesto que las TSM promedio y fría presentan un valor prácticamente igual, 1.482 y 1.481 respectivamente, sin embargo, la temperatura cálida sigue siendo la más baja con un valor de 1.4 (Fig. 9).

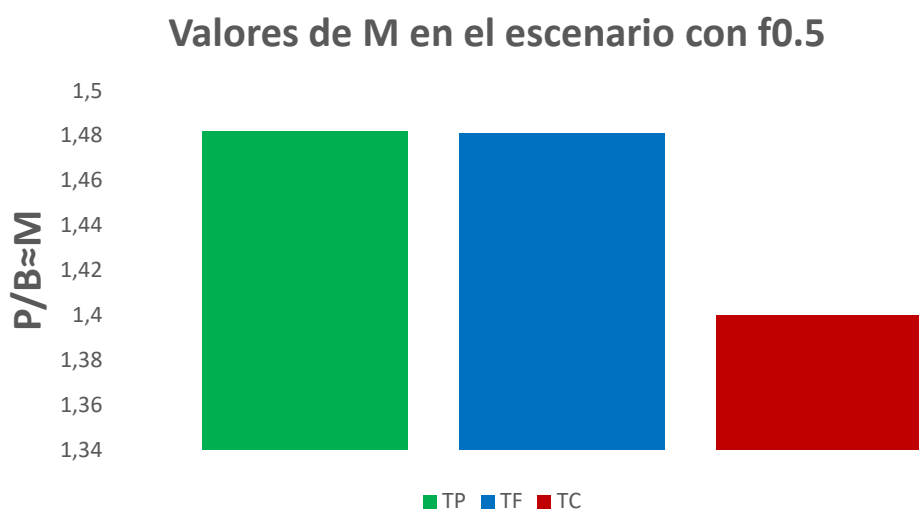


Figura 9. Valores de P/B en las distintas temperaturas (promedio, fría y cálida) en el escenario con la mitad del de f .

En el escenario que se podría considerar base, es decir con el f actual ($f1$), se observa que la temperatura cálida de nueva cuenta es la que presenta el valor más bajo de P/B (1.925), por lo que se mantiene la tendencia del aumento de este valor a la par que disminuye la temperatura y se incrementa el f (Fig.10).

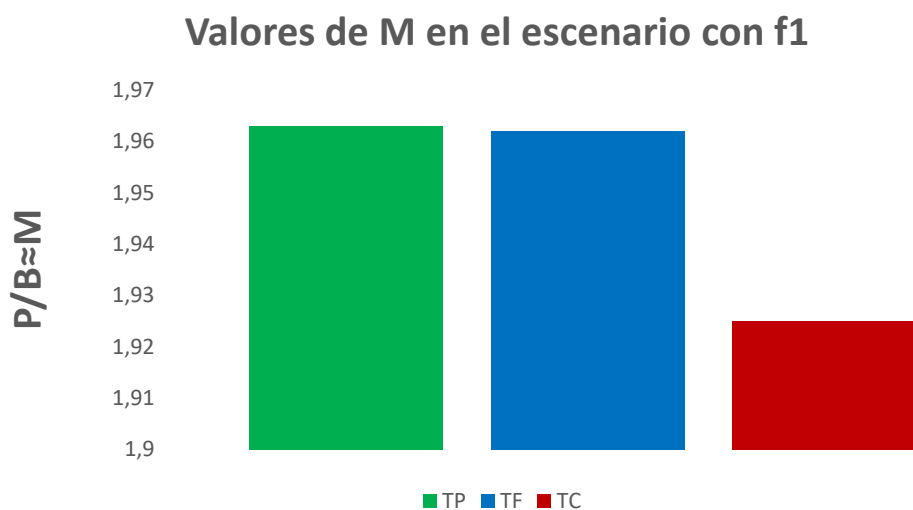


Figura 10. Valores de P/B en las distintas temperaturas (promedio, fría y cálida) en el escenario con el F base.

En la figura 11 se presenta un escenario con f al doble, en este se aprecia de mejor manera el efecto combinado de la TSM y el f, pues en este caso hipotético de una pesca bastante elevada se observa la diferencia entre las temperaturas cálida y fría, siendo esta última la menos favorable para el GF tortuga amarilla.

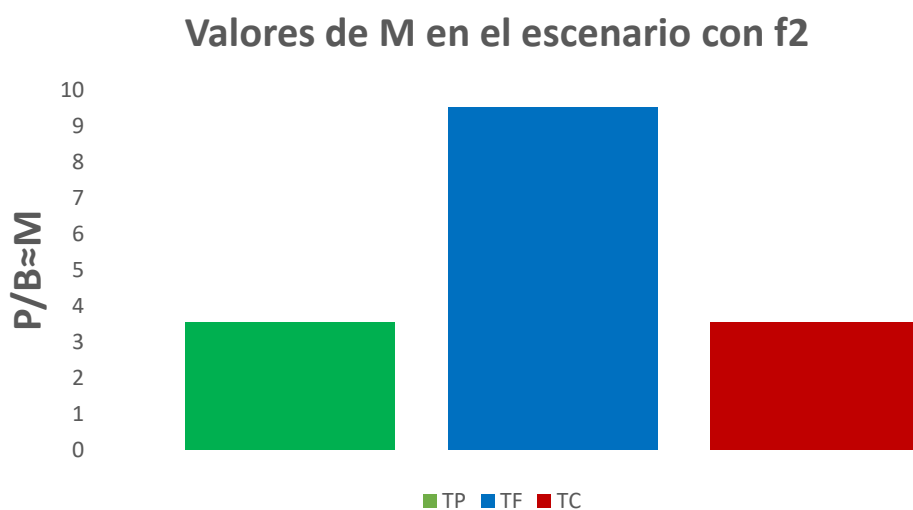


Figura 11. Valores de P/B en las distintas temperaturas (promedio, fría y cálida) en el escenario con F al doble.

8. DISCUSIÓN

8.1 Definición de grupos

Los GF se escogieron con dos ideas principales, primero representar de la forma más amplia posible el sistema con base en los objetivos, segundo incluir todo el posible espectro alimenticio de *C. caretta* puesto que este es nuestro GF de interés. En este sentido se trabajó el plancton de forma separada zooplancton chico y zooplancton grande, ya que *C. caretta* es la tortuga marina con el más amplio espectro alimenticio además que este puede variar con su ciclo de vida y la zona en la cual se alimente (Riosmena-Rodríguez y Lara-Uc, 2015). Sin embargo, esta especie se alimenta en su mayoría de invertebrados, como cangrejos, camarones, pepinos de mar y medusas (Bjorndal, 1985). Debemos mencionar que otros GF se integraron con información de dos o más especies, ya que los GF pueden estar formados por una o varias especies, siempre y cuando se procure que estas cumplan funciones similares dentro del sistema y posean valores aproximados de biomasa, consumo, dieta y si fuese el caso tasas similares de pesca (Heymans *et al.*, 2016).

8.2 Datos de entrada

Respecto a la validez de los datos utilizados para la realización del modelo, la mayoría de estos ya han sido validados con anterioridad, EwE se ha convertido en una de las herramientas más utilizadas para la modelación de ecosistemas acuáticos, puesto que ha mostrado poder responder cuestiones de manejo pesquero, problemas de política marina y manejo de recursos entre otros (Heymans *et al.*, 20016). A pesar de esto, hasta 2013 a nivel nacional solo se habían desarrollado diez modelos de este tipo para la costa del Pacífico, de los cuales solo dos corresponden a la península de Baja California Sur (Cruz-Escalona *et al.*, 2013). Bajo este contexto, fue importante apoyarse en la información ya existente de la zona, particularmente de los modelos realizados con anterioridad, y considerando que el presente modelo pretende enfocarse en los atributos ecológicos de *C. caretta*, fue necesario incluir nuevos GF, así como modificar algunos otros.

Los GF que se añadieron en este modelo fueron: zooplancton chico, zooplancton grande, peces demersales, merluza, calamar, pelágicos mayores, y tortuga amarilla, los valores de entrada de estos GF fue obtenida de distintos proyectos de investigación, por lo que se trata

de información de campo, estos valores se transformaron para satisfacer el uso de unidades que Ecopath requiere, cabe recalcar que en el caso de las tortugas marinas se usaron parte de los datos utilizados se recolectaron para este trabajo. Los grupos modificados fueron aquellos que debido a la información que aportaban fue posible manejarlos como uno solo, esto también obedece a la idea que un modelo por comodidad de manejo debería tener solo los GF necesarios.

8.3 Modelo Ecopath

El modelo realizado (Tabla VI), indica que los valores de biomasa más altos fueron para los GF de Fitoplancton (300 t/km²), Clupeidae (55 t/km²), Zooplancton chico (31 t/km²), Langostilla (24 t/km²), Merluzas (14.200 t/km²), Calamar (14.180 t/km²) y Peces demersales (14.670 t/km²). De estos, la biomasa más grande es aportada por el GF fitoplancton, que es productor, mientras que las demás pertenecen a GF que son objetivos de presa o con potencial a serlo. Esto concuerda con lo descrito por Lluich-Belda (2000), quien menciona la existencia de zonas en las que se puede apreciar una mayor abundancia fitoplanctónica, dentro de estas el ya mencionado BAC del GU. Por otro lado, el hecho que el resto de las biomásas altas correspondan a GF objetivos de pesca, parece ser congruente con la consecuencia ecológica que una presencia constante de productores primarios, se vea reflejada en los niveles tróficos superiores con una mayor presencia de los grupos de consumidores, en relación con las zonas aledañas (Lluich-Belda, 2000).

Así pues, dentro del GU se trabajan las pesquerías de abulón, almejas, cabrillas, langostas, lenguados, tiburones y jureles entre otros (Valdez-Leyva, 2012). Estas especies se encuentran dentro de los GF del modelo con fines de una adecuada representación del sistema y aunque los valores de biomasa de algunos de estos GF parecieran ser bajos, solo lo son en comparación con las biomásas de otros grupos, cuyas biomásas más altas pertenecen a niveles tróficos por debajo de los son aprovechados por las pesquerías.

Por otro lado, la EE es un indicador de la biomasa utilizada dentro del sistema ya sea en forma de consumo, respiración o exportación (Lercari-Bernier, 2006), y se ha postulado que valores altos de EE, se presentan en especies que no suelen morir por vejez sino que son depredadas o aprovechadas (Bayle-Sempere *et al.*, 2013); en este contexto, el modelo se

comporta congruentemente ya que los valores altos de EE se observan en aquellos GF que se sabe son altamente depredados o que son aprovechados como los pulpos (0.95), el camarón (0.95), las cabrillas (0.95) y las curvinas (0.95) entre otros. Así pues, de este modo podemos inferir que las EE bajas se presentan en las especies de NT más altos o en los depredadores tope, en ambos casos, organismos de mayor tamaño que les hace menos propensos a ser depredados por lo que su biomasa no será aprovechada por el sistema en forma de consumo, en este caso los depredadores tope del sistema son mamíferos marinos (0.44) y tiburones (0.5), estos valores indican que cerca de la mitad de la biomasa producida por estos GF es asimilada dentro del sistema como consumo, mientras que el resto termina en forma de detritus.

Al comparar estos valores con los de la caracterización del BAC del GU realizada por del Monte-Luna (2004), de igual forma registra valores de EE bajas para los mamíferos marinos, cabe mencionar que a diferencia del presente modelo en el que ballenas y delfines se trabajaron como un solo grupo, en el modelo mencionado se les trabajó por separado, siendo sus EE (0.00) para ballenas y delfines y (0.03) para lobo marino. Así mismo el valor de EE para el fitoplancton fue de (0.09), muy diferente al valor de (0.761) obtenido en este modelo, sin embargo, esta diferencia podría deberse al manejo de los productores primarios en dos grupos diferentes, fitoplancton y fitobentos, este último con una EE de (0.95). Para el modelo realizado en Bahía Magdalena (Cruz-Escalona *et al.*, 2013), zona cercana a nuestra área de estudio, se dan valores similares para su grupo de productores primarios, microfitobentos (0.75), lo que indica coincidencia entre los modelos descritos en cuanto a las características de alta productividad primaria de este BAC.

Con respecto a los valores generales del sistema (Tabla VII), estos muestran que se lleva a cabo un gran flujo de energía dentro del mismo, puesto que la suma de todos los procesos energéticos es alta (7893.863 t/km²/año), de igual forma la productividad primaria total, la producción primaria/respiración y la producción primaria/biomasa tiene valores por arriba de 1. Los sistemas marinos suelen desarrollarse sucesionalmente y alcanzar estados denominados de madurez, dónde la producción se encuentra equilibrada con la respiración (P=R). Bajo este enfoque el BAC del GU es un sistema inmaduro, ya que los valores

referentes a la producción son superiores a 1. En etapas tempranas la proporción P/R tiende a ser mayor a 1, equilibrándose en los ecosistemas maduros es decir que la producción es grande en las etapas primarias y pequeña en las etapas maduras (Odum y Warrett, 2006).

En este sentido el BAC del GU ha sido identificado como un sistema excepcionalmente productivo, aunque inmaduro (del Monte-Luna, 2004). Esto parece ser consistente con los resultados arrojados en el presente modelo, puesto que el valor de la producción primaria total/respiración es de 1.787, valor que casi duplica el valor de 1; se considera que un valor cercano a 1 corresponde a un sistema maduro (Christensen *et al.*, 2005). En la tabla X se observa una comparación entre los atributos ecológicos de sistema arrojados por este modelo, y otros tres que, ya sea por su cercanía al área de estudio o semejanza con la región podrían indicar la validez de los mismos.

Tabla X. Comparación de los atributos ecológicos obtenidos para 3 distintos modelos y el presente; Modelo 1 (del Monte-Luna, 2004), Modelo 2 (Morales-Zarate, 2003) y Modelo 3 (Cruz-Escalona *et al.*, 2013).

Parámetro	del Monte-Luna, 2004	Morales-Zarate, 2003	Cruz-Escalona <i>et al.</i>, 2013	Modelo Presente	Unidades
Grupos Funcionales	26	29	24	29	GF
Producción total del sistema	128.628	6633.0	3361	7893.863	ton/km ² /año
Producción primaria total	65.089	2133.5	1536	1405.415	ton/km ² /año
Producción primaria/respiración	33	1.61	1.149	1.787	
Producción primaria/biomasa total	46	17.4	9.264	5.910	año
Nivel trófico promedio de capturas	2.2		1.62	2.119	
Ascendencia	65	23.9	21.95	27.5	%(Flowbits)
Overhead	35	76.1	78.05	72.5	%(Flowbits)

Los valores arrojados por nuestro modelo indican que del total de flujos dentro del sistema el 39.83% son de consumo, la exportación es de 17.80%, la respiración es de 22.61% y finalmente 19.75% de detritus. En comparación con la referencia más cercana en cuanto a nuestra área de estudio (del Monte-Luna, 2004), existe una diferencia en los valores, ya que en este el consumo dentro del sistema es de 3%, el 50% es exportado, la respiración es de 2% y el resto fluye al detritus. Esta diferencia podría deberse a la metodología de muestreo utilizada para el modelo de 2004, el cual utilizó datos mensuales del Modelo de Producción Verticalmente Generalizado de Behrenfeld y Falkowski que cubren el periodo de abundancia fitoplanctónica de 1997-2001, los datos de zooplancton fueron obtenidos de cruceros CALCOFI realizados de 1951 a 1984, así mismo, cruceros realizados por CICIMAR-IPN llevados a cabo entre 1982 a 1988 y uno realizado en 1996. Mientras que los datos que se utilizaron para el presente modelo, procedentes de los cruceros IMECOCAL que en comparación abarcan un periodo más corto, de 1998 a 2008.

Aunado a lo anterior, debe considerarse que durante la década que abarcan los datos utilizados para el presente modelo, se registraron dos años niña (No ENSO) (2000 y 2008) y tres años niño (ENSO) (1998, 2003 y 2007), de acuerdo con la National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA). El fenómeno de El Niño causa perturbaciones en el sistema climático, atmosférico y oceánico, en este último se observa un aumento en el nivel medio del mar y un aumento en la TSM que van desde Perú hasta California (Reyes-Coca y Troncoso-Gaytán, 2001). Este aumento en la TSM ocasiona un descenso en los sistemas de surgencias, que es el proceso mediante el cual se da el flujo de nutrientes, lo que a su vez desencadena un descenso en la productividad biológica (Álvarez *et al.*, 2001).

Dado este hecho, los valores de la producción total del sistema (7893.863 ton/km²/año) y producción primaria total (1405.415 ton/km²/año) obtenidos por el modelo pudiesen parecer inválidos, sin embargo, se debe considerar el tipo de sistema que se está abordando y sus características tan peculiares. Recordando que los BAC son áreas puntuales, con características costeras que tienden a mostrar poca variación en su productividad, como consecuencia de esto existe una alta biomasa planctónica y de organismos de niveles tróficos superiores, además, a menudo son el lugar de desove de organismos relacionados a pesquerías (Hernández-Rivas *et al.*, 2000; Wooster, 2000).

Así pues, a pesar de las características adyacentes de un BAC, es probable que existan mecanismos que amortigüen los efectos del ENSO, evitando así un colapso en la productividad. El evento ENSO de 1997-1998 fue uno de los más fuertes del siglo pasado, tal evento fue monitoreado por el programa “Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California” (CALCOFI), a pesar de las anomalías registradas en la TSM, la cantidad de fitoplancton no resultó baja, respecto al zooplancton los volúmenes fueron similares al promedio histórico e incluso ligeramente superiores en la parte central de Baja California (Lavaniegos *et al.*, 2001). Sin embargo, es conveniente tomar este tipo de comparación con mesura, ya que estos valores se tomaron de cruceros realizados entre Ensenada, San Quintín, Punta Eugenia y Bahía Vizcaíno, aunque cabe mencionar que estas zonas comparten el mismo tipo de corrientes con el GU.

Por otro lado, existen otros procesos que pueden estar involucrados en la producción prácticamente constante del BAC del GU a pesar de las alteraciones en la TSM, como lo mencionado por Aguíñiga (2000), quien sugiere que la producción regenerada dada por los ciclos microbianos cobra relevancia en periodos oligotróficos, es decir que las fuentes energéticas provenientes del amonio (NH_4^+) y nitrógeno (N_2), se encuentran de manera constante en el sistema e incrementan su actividad en el ciclo microbiano durante el evento del ENSO, también hace mención que salvo por el fitoplancton los organismos microheterótrofos frecuentemente presentan biomásas mayores que las de cualquier otro grupo además que estos representan un importante reservorio de carbono. Esto indica que existen varios tipos de procesos por medio de los cuales el BAC del GU logra mantener sin grandes variaciones su productividad, por lo que a pesar de los efectos causados por los ENSO ocurridos en ese lapso de tiempo, los valores totales del modelo parecen ser viables.

Dentro de los ecosistemas existen una serie de flujos energéticos que se llevan a cabo para la autorregulación y crecimiento del mismo. Ulanowicz (1980, 1997) llamó a esta tendencia de los sistemas de desarrollar complejidad en los flujos de biomasa: ascendencia (Odum y Warrett, 2006). En otras palabras, ascendencia se refiere a la capacidad del sistema para mantener sus funciones termodinámicas, Ecopath se basa en este postulado para conocer dichos flujos del sistema, asumiendo que al conocer una porción de estos flujos se reduce la incertidumbre sobre la cantidad del resto de la energía en el sistema (Christensen *et al.*, 2005). Por otro lado, el overhead es una medida del potencial de reserva del sistema ante las perturbaciones externas, es decir que de acuerdo con Ulanowicz (1986), el overhead nos indica el límite al que la ascendencia puede aumentar (Christensen *et al.*, 2005). El valor de ascendencia del sistema es 27.9% mientras que el overhead es 72.1%, por lo que se puede decir que el BAC del GU es un sistema que se encuentra lejos de su punto de clímax, es decir lejos del equilibrio dentro de sí mismo y con su hábitat físico (Odum y Warrett, 2006), sin embargo, esto es índice de su capacidad de tolerancia a perturbaciones externas.

8.4 Atributos ecológicos de *C. caretta*

La mortalidad puede definirse como la cuantificación de los individuos que mueren dentro de una población y puede expresarse como el número de individuos que mueren en un

periodo determinado o cómo una tasa en términos de unidades de la población, así mismo esta varía dependiendo las condiciones poblacionales y ambientales (Odum y Warrett, 2006). En Ecopath este coeficiente de mortalidad total se encuentra integrado por la tasa de mortalidad instantánea Z , esta a su vez se encuentra integrada la suma de otras mortalidades ($M0_i$) + mortalidad por depredación ($M2_i$) + mortalidad por pesca (f_i) + migración neta (inmigración – emigración) (E_i) + biomasa acumulada (BA_i), o en otras palabras P/B_i , valor que de acuerdo a lo propuesto por Allen (1971), es proporcional a la tasa de mortalidad instantánea (Christensen *et al.*, 2005). Bajo este supuesto, la tasa de mortalidad arrojada por Ecopath para el GF tortuga amarilla dentro del GU es de 1.023.

El valor de P/B de nuestro GF tortuga amarilla difirió al contrastarlo con otros modelos similares. El trabajo de Cruz-Escalona *et al.* (2013), realizado en Bahía Magdalena, arroja un valor de P/B de 0.2 para su GF *Chelonia mydas*, más de la mitad del valor obtenido en el presente modelo, sin embargo, no debe extrañar esta diferencia si se toma en cuenta no solo que se trata de dos especies distintas, sino que además poseen diferencias tróficas y de distribución, ya que *C. mydas* es herbívora y su área de distribución es más cercana a las costas, mientras que *C. caretta* tiene una distribución más oceánica y una alimentación omnívora e incluso ocasionalmente reportada como oportunista. Así mismo, el presente modelo ha incluido valores de pesca incidental, calculados a partir de la proporción de redes que trabajan en el área. Otros trabajos que han incluido en sus GF tortugas marinas reportan valores similares entre sí de P/B , Galvan-Piña (2005), reporta un valor de 0.13 aunque el GF de este modelo estaba representado por dos especies, *Lepidochelys olivacea* y *C. agassizi*, estas de igual manera tienen hábitos alimenticios un tanto diferentes a los de nuestro GF de interés, por su parte García-Cuellar (2006) en su GF tortugas marinas incluyó 4 especies *C. mydas*, *L. kempii*, *L. olivacea* y *C. caretta*, el modelo arrojó un valor de 0.159, aunque en este caso coincide que encontramos la misma especie que nuestro GF tortuga amarilla, es probable que el valor de P/B difiera debido a que se manejaron varias especies en conjunto, aunado a esto el modelo se realizó en el estado de Campeche por lo que la población es distinta.

Como se puede observar, mientras que para el presente modelo se diferenci6 entre especies asignando a cada una de ellas en un GF independiente (GF tortuga prieta “*C. mydas*” y GF tortuga amarilla “*C. caretta*”), no as6 en el resto de los trabajos. En la tabla XI se observan el n6mero de GF dedicados a las tortugas marinas, las especies que los conformaron y el valor de P/B para cada uno.

Tabla XI. N6mero de GF formados por tortugas marinas, las especies que lo conforman y como su valor de P/B. Modelo 1 (Galv6n-Pi6na, 2005), Modelo 2 (Garc6a-Cuellar, 2006), Modelo 3 (Cruz-Escalona *et al.*, 2013) y el Modelo presente.

	Galv6n- Pi6na, 2005	Garc6a-Cuellar, 2006	Cruz- Escalona <i>et</i> <i>al.</i>, 2013	Modelo Presente	
N6mero de GF	1	1	1	2	
Especies dentro del GF	<i>L. olivacea</i> y <i>C. agassizi</i>	<i>C. mydas</i> , <i>L.</i> <i>kempii</i> , <i>L. olivacea</i> y <i>C. caretta</i>	<i>C. mydas</i>	<i>C.</i> <i>caretta</i>	<i>C.</i> <i>mydas</i>
Valor de P/B	0.131	0.159	0.2	1.023	0.20

Otro raz6n de las diferencias entre los valores de P/B en los distintos modelos son las 6reas de estudio, en el caso del modelo realizado por Galvan-Pi6na (2005) se trat6 de una zona con actividad pesquera, pues el modelo realizado tuvo como uno de sus objetivos el analizar los impactos de las flotas comerciales y ribere6as sobre el ecosistema, el modelo de Garc6a-Cuellar (2006), se realiz6 en la Sonda de Campeche, zona que el mismo autor explica es de gran importancia debido a su gran diversidad biol6gica y al potencial econ6mico en materia de turismo pero sobre todo petrolero de la regi6n, as6 pues, el modelo fue creado para describir las relaciones tr6ficas de este ecosistema e identificar el impacto de la actividad petrolera dentro de este, por su parte el modelo de Cruz-Escalona *et al.* (2013), de igual manera fue realizado en un BAC, ya que de acuerdo con los autores, desde el punto de vista

ecológico Bahía Magdalena es considerado un BAC, esto último hizo de este modelo una buena referencia para nuestros valores.

Con respecto a las EE de estos modelos Galván-Piña reporta un valor de (0.627), mientras que García-Cuellar (0.42), y (0.5), por su parte los NT en los que se localizó este GF fueron similares, en el de Galván- Piña (3.14), García-Cuellar (3.72) y en el presente (3.37). Los niveles probablemente se mantuvieron a pesar de las diferencias en la cantidad de los GF representados en cada modelo y de las diferentes especies de tortugas agregadas en cada uno de ellos, debido a que las dietas de las tortugas marinas se manejaron de forma general integrando en ella invertebrados y peces bentónicos; sin embargo, en este modelo se trabajó a *C. mydas* como un GF independiente puesto que esta tortuga es principalmente herbívora, lo que posiblemente influyó para que su NT fuese inferior (2) al GF tortuga amarilla (3.37).

En la tabla XII se pueden observar una comparación entre los valores obtenidos para el GF “tortuga marina” en los distintos modelos, a diferencia de éstos, el realizado en el presente trabajo manejó las dos especies de tortuga marina como grupos GF distintos, esto para poder obtener de forma específica los valores ecológicos para la tortuga amarilla ya que es la especie de estudio, cabe mencionar que los valores en blanco dentro del modelo realizado por Cruz-Escalona *et al.* (2013) menciona el autor, fueron calculados por Ecopath.

Tabla XII. Valores del GF “tortugas marinas” para los diferentes modelos y para el modelo aquí presente. Modelo 1 (Galván-Piña, 2005), Modelo 2 (García-Cuellar, 2006), Modelo 3 (Cruz-Escalona *et al.*, 2013) y el Modelo presente.

Parámetro	Galván- Piña, 2005	García- Cuellar, 2006	Cruz- Escalona <i>et</i> <i>al.</i> , 2013	Modelo Presente	
				<i>C. caretta</i>	<i>C. mydas</i>
Biomasa (ton/km ² /año)	2.541	0.318		0.10	0.32
Producción/Biomasa (año)	0.131	0.159	0.2	1.023	0.20
Eficiencia ecotrófica	0.627	0.42		0.50	0.65
Nivel Trófico	3.14	3.72	2.12	3.37	2.0

8.5 Escenarios con Ecosim

Las tortugas marinas son reptiles y como tal son ectotermos, debido a esto los cambios ambientales llegan a repercutir en distintas partes del ciclo de vida de las tortugas, desde los huevos al determinar el sexo del organismo, hasta la selección de su hábitat (Rees *et al.*, 2013). Es por ello que la TSM representó un factor forzante importante para la creación de los escenarios, así mismo lo fue el f, pues dentro de los tópicos que más ocupan con relación a esta especie ha sido su interacción con las pesquerías (Rees *et al.*, 2013).

Distintos autores han mencionado las problemáticas, hipotéticamente, causadas por estos FF, la generalidad ha sido enfocarse hacia las pesquerías y su repercusión a esta especie de tortuga marina. De acuerdo con esto la captura incidental por redes de enmalle y palangres, han colocado a Baja California Sur como una de las localidades a nivel global con las frecuencias de varamientos más altas de tortugas marinas (Koch, 2013). Se ha señalado también que la población de *C. caretta* del Pacífico se encuentra en riesgo debido a la alta mortalidad de juveniles, los cuales buscan alimento en la península de Baja California (Turner-Tomaszewicz *et al.*, 2015). Además, esta especie debe sortear amenazas antropogénicas durante 16 años aproximadamente, esto en conjunto con las causas naturales de mortalidad, han puesto en riesgo a la especie (Seminoff *et al.*, 2014).

A partir de los escenarios realizados se constató el efecto de los FF seleccionados, TSM y F sobre la mortalidad natural del GF tortuga amarilla, cabe mencionar que el valor de P/B inicial dado por Ecopath el cual se puede considerar como el valor base o promedio de la población fue de 1.023, lo que indica que de manera general, que su tasa de mortalidad natural en realidad no es tan alta como se podría esperar debido a todas las condiciones y adversidades a las que evidentemente se enfrenta, este valor aunado a la EE (0.5) nos dan una aproximación de que parte de la biomasa del GF se encuentra disponible fuera del sistema ya que ésta no es asimilada dentro del mismo en forma de consumo (depredación), y aunque sufra de cierto impacto antropogénico por captura incidental, evidentemente no se trata de una especie que se tenga una presión pesquera comparable a la de algún organismo objetivo de las pesquerías. Así pues, aunque este valor pudiera parecer alto en comparación con los de modelos similares, ya se ha mencionado que esto puede ser efecto directo o característica

de la especie en cuestión, pues es *C. caretta* es una especie de hábitos migratorios y de tendencias oportunistas (Bowen *et al.*, 1995; Peckham *et al.*, 2011), lo que pudiera aumentar su probabilidad de ser depredada por los pelágicos mayores o de caer incidentalmente en las redes al alimentarse del descarte de pesca.

El escenario en el cual se eliminó por completo F dentro del sistema, fue posible observar el efecto directo de la TSM. El valor de P/B más alto se presentó cuando la TSM fue fría (1.11) lo cual podría deberse a que bajo estas condiciones de temperatura fría los organismos se encuentren más aletargados y por ende más susceptibles a ser depredados o enfermarse, caso contrario, el valor más bajo de P/B (1.087), se dio bajo condiciones cálidas, aunque teóricamente el sistema bajo estas condiciones se encuentra en periodos oligotróficos. Como se ha dicho antes, el periodo del cual se obtuvieron los datos observados para los escenarios cubrió años ENSO y No ENSO, y aunque podría parecer que los efectos cálidos del ENSO pudieran afectar las biomásas de presas de las cuales se alimenta *C. caretta*, en realidad pudiese no es así. Durante el evento ENSO de 1997-1998 en Punta Eugenia (Región que también es BAC), se observó un cambio en la proporción de biomasa, mientras que las de los copépodos disminuían, las salpas mostraron un incremento (Lavaniegos *et al.*, 1998). Con esto se puede inferir que es probable que dicho efecto sea similar en el BAC del GU y dado que *C. caretta* se alimenta de organismo gelatinosos, su dieta no se vería impactada por dicho evento.

Un cambio en las biomásas de organismos tróficos de niveles bajos como son los copépodos, pudieran generar una alteración en las biomásas de los peces que se alimentan de estos y que a su vez son presa de organismos tróficamente más altos (Lavaniegos *et al.*, 1998). Esto de igual forma podría repercutir en otro tipo de presas de *C. caretta*, sin embargo, al tener una temperatura favorable, que le haría estar más activa, también incrementa la posibilidad de la tortuga a ser capaz de expandir su variedad de presas.

Los valores con f 0.5 siguieron la tendencia en la que la TSM cálida presentó el P/B más bajo (1.4), mientras que para la TSM promedio y fría fueron bastante similares (1.482 y 1.481). Con el esfuerzo pesquero actual (f1) los escenarios mostraron que no hay gran diferencia en

el valor de P/B en TSM. El valor más bajo nuevamente se da en la temperatura cálida (1.925). Aun así, una temperatura fría parece no ser favorable para el óptimo desempeño de *C. caretta* y esto puede observarse en su valor de P/B (1.962). Esta especie de tortuga marina en realidad no es común en las aguas del Océano Pacífico nororiental, salvo por las costas de Baja California (Olson *et al.*, 2001). Esto ha sido atribuido precisamente a su afinidad con las características oceanográficas de la región, dentro de estas la TSM, ya que los desplazamientos reportados para esta especie se dan en aguas que oscilan entre los 20 y 24 °C (Etnoyer *et al.*, 2006), una variación de apenas 4 grados, ésta de algún modo coincide con la variación observada en nuestra área de estudio que fue de 3 grados.

Finalmente, aunque en definitiva es poco probable que se doble la flota pesquera dentro del GU, se realizó un escenario en el cual este f fuera duplicado ($f \times 2$), bajo estas condiciones el f parece tener un impacto negativo en combinación con la TSM fría, donde se registró el valor más alto de P/B (9.539), por su parte las temperaturas cálida y promedio registraron un valor de (3.54). Parece que los factores oceanográficos y climatológicos, cobran mayor relevancia que los factores antropogénicos al momento de evaluar el P/B del GF tortuga amarilla, por otro lado, se debe tomar en cuenta que Baja California Sur y más aún el GU, son zonas con propiedades oceanográficas muy peculiares. Sus aguas se han descrito como zona de transición debido a los diferentes frentes que allí se forman, posee zonas de surgencias y es “hotspot” para especies de pelágicos mayores y mamíferos marinos (Etnoyer *et al.*, 2006). Para *C. caretta* esta zona parece ser inmejorable en cuestión de sus hábitos alimenticios, pues las surgencias proveen una buena cantidad de zooplancton del cual, la langostilla roja *Pleuroncodes planipes* puede llegar a representar la mitad, también cabe destacar que los afloramientos de esta especie pueden llegar a alcanzar una distribución de hasta 1000 km, (Etnoyer *et al.*, 2006).

El hecho más importante es que a pesar de las perturbaciones que pueden darse, los distintos procesos que se llevan en la zona permiten que esta continúe con la calidad sus aguas. Las grandes concentraciones de frentes en Baja California Sur, se mantienen incluso durante los eventos ENSO y No ENSO (Etnoyer *et al.*, 2004). Así mismo, los eventos de calentamiento suelen afectar mayormente a la zona oceánica, ya que dentro de la nerítica existen procesos

locales que permiten el crecimiento del fitoplancton y zooplancton, desde el punto de vista biológico los efectos también irán en función del nivel de la pirámide alimenticia y del ciclo de vida de cada tipo de organismo (Palomares-García *et al.*, 2001).

Sin embargo, es claro que es necesario conocer de mejor manera el impacto que las perturbaciones ambientales tienen sobre los organismos, también es cierto que esto no es tarea sencilla y que en el caso particular del ENSO se trata de un fenómeno que aún se debe estudiar con más detalle. Pues el Niño Oscilación del Sur, no presenta patrones regulares en su frecuencia, magnitud y fases de desarrollo (Funes-Rodríguez *et al.*, 2000).

9. CONCLUSIONES

- El BAC del GU es una zona oceanográfica muy compleja, en la que se dan distintos procesos mediante los cuales, aún bajo perturbaciones ambientales, es capaz de continuar con su alta productividad primaria, siendo la cantidad arrojada por Ecopath de 1405.415 ton/km²/año, esto corrobora su importancia biológica y económica al ser un centro de concentración de especies de importancia comercial.
- El modelo realizado permitió estimar los valores del sistema con certidumbre pues los valores son cotejables con los obtenidos en modelos similares dentro de Baja California Sur, pues mantiene la tendencia de valores altos de producción (producción primaria/respiración = 1.787) y de alta disponibilidad de biomasa dentro del sistema (producción primaria/biomasa total = 5.910), así pues las especies de uso comercial se encuentran ubicadas en NT muy cercanos a los reportados anteriormente (2.119).
- El GU es un sistema conceptualmente inmaduro y puede ser corroborado por sus valores de Ascendencia (27.5), Overhead (72.5) y producción total del sistema (7893.863 ton/km²/año), sin embargo, esto también le confiere la capacidad de soportar perturbaciones sin mayores alteraciones en su función.
- El modelo ecotrófico tipo Ecopath, nos permitió obtener satisfactoriamente una estimación de la mortalidad natural de *Caretta caretta*, así como una idea de sus atributos ecológicos generales, lo que servirá para entender de mejor manera su

desarrollo e interacción de esta tortuga con el BAC del GU y todos los factores que allí confluyen.

- Las simulaciones realizadas por medio del módulo Ecosim, mostraron que tiene mayor influencia la TSM sobre la tortuga amarilla, que el f, esto al obtener el valor más alto de P/B (1.11) en la temperatura fría y con ausencia de f, también se pudo comprobar la hipótesis que la TSM cálida sería benéfica para la especie, pues las temperaturas cálidas siempre obtuvieron los valores más bajos independientemente del tipo de f que se simulara.

10. LITERATURA CITADA

Aguilar-Rosas, R., L. E. Aguilar-Rosas, G. E. Ávila-Serrano, O. González-Yajimovich, F. Becerril-Bobadilla. 2010. Macroalgas submareales de la bahía de Todos Santos, Baja California, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 81:601-618.

Aguilar-Palomino, B., G. González-Sansón. 2010. Composición y superposición de dietas en cuatro especies de *Diplectrum* (Perciformes: Serranidae) en el Pacífico central mexicano. *Rev. Biol. Trop.* 58(4):1189-1198.

Aguilar-Rosas, L. E. 2014. Estado actual de las especies de macroalgas introducidas en la costa de Pacífico de México. Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de investigaciones Oceanográficas. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. GN007. México D.F. 20 p.

Aguilar-Rosas, R., L. E. Aguilar-Rosas, C. Mendoza-González, L. E. Mateo-Cid. 2007. Distribución latitudinal de las fases reproductivas de *Lithothrix aspergillum* (Corallines, Rhodophyta) en la costa del Pacífico de México. *Hidrobiológica.* 17(1):67-74.

Álvarez, R., O. Salmerón, R. Aguirre. 2001. Las imágenes de satélite ayudaron a evaluar los efectos de El Niño/Oscilación del Sur en el Pacífico mexicano, en el periodo 1997-1998. En: Escobar-Briones, E., M. Bonilla, A. Badán, M. Caballero, A. Winckell (eds.) "Los efectos del fenómeno El Niño en México 1997-1998". CONACyT. México, D. F. CONACYT. México. pp 25-34.

Allen, K. R. 1971. Relation between production and biomass. *Fish. Res. Board Can.* 28(10):1573-1584.

Amezcuca, F., A. Portillo. 2010. Hábitos alimenticios del lenguado panámico *Cyclosetta panamensis* (Paralichthyidae) en el Sureste del Golfo de California. *Rev. Biol. Mar. Oceanog.* 45(2):335-340.

- Aguñiga, S. 2000. Aspectos de la geoquímica del material orgánico en el BAC del Golfo de Ulloa, B.C.S. En Lluch-Belda, D., J. Elourdy-Garay, S. Lluch-Cota, G. Ponce-Díaz (eds.). BAC's: Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. CIBNOR-CONACyT. 367 pp.
- Armendáriz-Villegas, E. J., B. P. Ceballos-Vázquez, U. Markaida, A. Abitia-Cárdenas, M. A. Medina-López, M. Arellano-Martínez. 2014. Diet of *Octopus Bimaculatus*, 1883 (Cephalopoda: Octopodidae) in Bahía de los Angeles, Gulf of California. J. Shellfish Res. 33 (1): 305-214.
- Arizmendi-Rodríguez, D. I., J. López-Martínez, E. Herrera-Valdivia. 2014. Feeding habits of *Eucinostomus entomelas* and *Micropogonias megalops* in Las Guasimas lagoon Gulf of California. J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 94(8):1721-1729.
- Arreguín-Sánchez, F. 2000. Modelación de Flujos de Biomasa en Centros de Actividad Biológica. En: Lluch-Belda, D., J. Elourdy-Garay, S. Lluch-Cota, G. Ponce-Díaz (eds.). BAC's: Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. CIBNOR-CONACyT. 367 pp.
- Ainsworth, C. H., I. C. Kaplan, P. S. Levin, M. Mangel. 2009. Composición de las dietas de peces en el Golfo de California. En: Morzaria Luna, H. N. (ed.). Un folleto de difusión del Integrative Marine Ecol. Ecosystem Science Program. Northwest Fisheries Science Center. NOAA. Seattle WA. pp 1-11.
- Aurioles-Gamboa, D., E. F. Balart-Paez. 1995. La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento. CIBNOR. México. 233p.
- Báez, J. C., S. García-Barcelona J., L. Rueda, D. Macías. 2012. Nuevas aportaciones a la ecología trófica de *Caretta caretta*. Bol. Assoc. Herpetol. Esp. 23 (1): 33-36.
- Bajeca-Serrano, E. S. 2016. Análisis de la dieta de la curvina golfina *Cynoscion othonopterus* (Jordán y Gilbert, 1882) en el Alto Golfo de California. Tesis (Maestría). La Paz, BCS, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 51p.
- Barragán, M. J., A. Baquero-Gallegos, C. Yumiseva. 2003. Evaluación preliminar de captura incidental de tortugas marinas en el parque nacional machalilla. Resultados preliminares período 2002-2003. Ecuador. 5p.
- Bayle-Sempere, J. T., F. Arreguín-Sanchez, P. D. Fernández-Jover, P. Arechavala-López, D. Izquierdo-Gómez. 2013. Análisis y evaluación ecosistémicos de la piscicultura marina con "Ecopath with Ecosim" (EWE). En: J. A. Blanco (ed.). Aplicaciones de modelos ecológicos a la gestión de recursos naturales. OmniaScience. Barcelona. pp 39-65.
- Best, E. A. 1963. Contribution to the biology of the pacific hake, *Merluccius productus* (Ayres). Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 9:51-56.

- Bouchot-Alegría, J. P. 2012. Dieta del bonito (*Euthynnus alletteratus*, Rafinesque 1810) capturado en el sistema arrecifal veracruzano y áreas adyacentes. Tesis (Licenciatura en Biología). Boca del Río, Veracruz. Instituto Tecnológico de Boca del Río. 48p.
- Bortone, S. A. 1977. Observations on the life history of the *Diplectrum pacificum* and *D. macropoma* (Pisces, Serranidae) from the Bay of Panama. *Pac. Sci.* 31(1):49-60.
- Bjorndal, K. A. 1985. Nutritional ecology of sea turtles. *ASIH.* 1985 (3): 736-751.
- Blanco, J. A. 2013. Aplicaciones de Modelos Ecológicos a la Gestión de Recursos Naturales. Omnia Science. Omnia Publisher SL. España. 215pp.
- Blanco, C., O. Salomón, J A. Raga. 2001. Diet of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the western Mediterranean sea. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 81:1053-1058.
- Bowen, B.W., F. A. Aubreu-Grobois, G. H. Balazs, N. Kamezaki, C. J. Limpus, R. J. Ferl. 1995. Trans-pacific migrations of the loggerhead turtle (*Caretta caretta*) demonstrated with mitochondrial DNA markers. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 92 (9): 3731-3734.
- Brooks, B. L. 2005. Abundance and tidal movements of green turtle (*Chelonia mydas*) in B.C.S., México. Tesis (Maestría). USA. San José State University. 116p.
- Cabello P. A., R. Muñoz-Salazar, D. H. Ward. 2004. Caracterización bioquímica del pasto marino *Zostera marina* en el límite sur de su distribución en el Pacífico Norte. *Cienc. mar.* 30 (1a):21-34.
- Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 2000. BAC, Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. Editores. Lluch B. D., Elourdy. G. J., Lluch. C. S. E. D, G, Ponce. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 367 pp.
- Chong, J. V., M. Aguayo, I, Paya. 2007. Estimación de edad, crecimiento y mortalidad natural de la merluza de cola, *Macruronus magellanicus* Lonnberg, 1907 (Macruronidae, Gadiformes) en el Océano Pacífico Suroriental. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 42(3): 311-333.
- Christensen, V., D. Pauly. 1992. ECOPATH II: a software for balancing steady -state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecol Modell.* 61: 169-185.
- Christensen, V., C. J. Walters. 2004. Ecopath with Ecosim: Methods, Capabilities and Limitations. *Ecol Modell.* 172: 109-139.
- Christensen, V., C. J. Walters, D. Pauly. 2005. Ecopath with Ecosim: a User's Guide. Fisheries Centre, University of British Columbia, Vancouver. 154 p.

- Christensen, V., D. Pauly. 1993. Trophic Models of Aquatic Ecosystems. ICLARM. Filipinas. 390p.
- Coll Montón, M. 2006. Modelización de flujos tróficos y uso de indicadores ecológicos como aproximación al estudio de las pesquerías mediterráneas. Tesis (Doctorado en Ciencias Biológicas). Bellaterra, España. Universidad Autónoma de Barcelona. 538p.
- Comisión Nacional de Área Naturales Protegidas. 2014. Informe final de investigación: Estudio sobre las causas de muerte de la tortuga amarilla (*Caretta caretta*) en la costa occidental de Baja California Sur (Golfo de Ulloa). Coordinadores. Lluch-Cota, S. F, N, Melo-Barrera. E, A, Gómez-Gallardo-Unzueta. CONANP, UABCS, CICIMAR, CIBNOR. 330p.
- Cowley, P. D., A. K. Whitfield. 2002. Biomass and production estimates of a fish community in a small South African estuary. *J Fish Biol.* 61:74-89.
- Cupul-Magaña, F. G., A. Reyes-Juárez. 2005. Densidad y reclutamiento del cangrejo violinista *Ucalatimanus* (Decapoda: Ocypodidae) en el estero El Salado, Jalisco, México. *Ciencia y Mar.* IX (26):3-8.
- Cruz-Escalona, V. H., M. V. Morales-Zárata, A. F. Navia, J. M. Rodríguez Barón, P. del Monte-Luna. 2013. Análisis Funcional de la Red Trófica de Bahía Magdalena Baja California Sur, México. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 41(3):519-544.
- ACUERDO por el que se establece una zona de refugio pesquero y medidas para reducir la posible interacción de la pesca con tortugas marianas en la Costa Occidental de Baja California Sur. Diario Oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos. Ciudad de México, México. 1 de julio de 2013.
- Díaz-Arredondo, M. A., S. A. Guzmán-del-Proo. 1995. Hábitos alimentarios de la langosta roja (*Panulirus interruptus* Randall, 1840) en Bahía Tortugas, Baja California Sur. *Cienc. Mar.* 21(4): 439:462.
- De Silva-Dávila, R., R. Palomares-García, A. Martínez-López, M. A. Carballido-Carranza. 2002. Standing stock of *Nyctiphanes simplex* in the southern region of the California Current System. *J Plankton Res.* 24(10):1057-1066.
- Del Monte-Luna, P. 2004. Caracterización del Centro de Actividad Biológica del Golfo de Ulloa, BCS, bajo un enfoque de modelación ecológica. Tesis (Doctorado en ciencias marinas). La Paz, BCS, México. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN. 85p.
- Domingo, A., G. Sales, B. Giffoni, P. Miller, M. Laporta, G. Maurutto. 2006. Captura incidental de tortugas marinas con palangre pelágico en el Atlántico Sur por las flotas de Brasil y Uruguay. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT.* 59(3):992-1002.

Durarte, C. M. 1989. Temporal biomass variability and production/biomass relationships of seagrass communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 51:269-276.

Eckert, K. L., F. A. Abreu-Grobois. 2001. Proceedings of the regional meeting "Marine turtle conservation in the wider Caribbean region a dialogue for effective regional management" Santo Domingo, 16-18 November 1999. WIDECAST, IUCN-MTSG, WWF y UNEP Caribbean Environment Programme. 154p.

Elorduy-Garay, J. F., A. K. Peláez-Mendoza. 1996. Hábitos alimentarios de *Caulolatilus affinis* (Perciformes: Branchiostegidae) en la Bahía de la Paz, Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Trop.* 44(1):241-249.

Etnoyer, P., D. Canny, B. Mate, L.E. Morgan. 2004. Persistent pelagic habitat in the Baja California to Bering Sea (B2B) ecoregion. *Oceanography.* 17(1)90:101.

Etnoyer, P., D. Canny, B.R. Mate, L. E. Morgan, J. G. Ortega-Ortiz, J. N. Wallace. 2006. Sea-surface temperature gradients across blue whale and sea turtle foraging trajectories off the Baja California Peninsula, México. *Deep Sea Res Part 2 Top Stud Oceanogr.* 53(3-4): 340-358.

Fukuoka, T., M. Yamane, C. Kinoshita, T. Narazaki, G. J. Marshall, K. J. Abernathy, N. Miyazaki, K. Sato. 2016. The Feeding habit of sea turtles influences their reaction to artificial marine debris. *Sci. Rep.* 6, 28015; doi:10.1038/srep28015.

Funes-Rodríguez, R., M. E. Hernández-Rivas, R. J. Saldierna-Martínez, A. T. Hinojosa-Medina, R. Avedaño-Ibarra, S. P. A. Jiménez-Rosenberg. 2000. Composición y Abundancia del Ictioplancton del Golfo de Ulloa, Baja California Sur, Un Centro de Actividad Biológica. En: Lluch Belda, D., G. J. Elourdy., S. Lluch-Cota, D. G. Ponce (eds.). "BAC. Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano". Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. pp 185-197.

Flores-Ortega, J. R., E. Godínez-Domínguez, G. González-Sansón, J. A. Rojo-Vázquez, A. C. López-Prado, M. Y. Morales-Jauregui. 2013. Abundancia, distribución, hábitos alimentarios e interacciones tróficas de cinco especies de lenguados (Pleuronectiformes) en el Pacífico central mexicano. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 41(3):423-439.

Flores-Ortega, J. R., E. Godínez-Domínguez, G. González-Sansón. 2015. Ecología trófica de siete especies de batoideos (Batoidea) en el Pacífico Central Mexicano. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 50(3):521-533.

Galván-Piña, V. H. 2005. Impacto de la pesca en la estructura, función y productividad de la plataforma continental de las costas de Jalisco y Colima, México. Tesis (Doctorado en Ciencias Marinas). La Paz, BCS, México. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN. 106 p.

- García- Cuellar, J. Á. 2006. Análisis del impacto de la industria petrolera en el ecosistema y su relación con las pesquerías de la Sonda de Campeche, México. Tesis (Doctorado en Ciencias). La Paz, BCS, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 122 p.
- García-Rodríguez, F. J., D. Aurióles-Gamboa. 2004. Spatial and temporal variation in the diet of the California sea lion (*Zalophus californianus*) in the Gulf of California, México. Fish. Bull. 102(1):47-62.
- Gianuca, D., C. M. Vooren. 2007. Abundance and behavior of the sally lightfoot crab (*Grapsus grapsus*) in the colony of the brown booby (*Sula leucogaster*) in the Sao Pedro and Sao Paulo Archipelago. Investig. Mar. 35(2):121:126.
- González-Rodríguez, E. 2008. Variabilidad de la producción primaria en el Golfo de Ulloa, costa occidental de Baja California. Tesis (Doctorado en Ciencias Marinas). La Paz, BCS, México. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN. 155p.
- Gubiani, E. A., L. C. Gomes, A. A. Agostinho. 2012. Estimates of population parameters and consumption/biomass ratio for fishes in reservoirs, Paraná State, Brazil. Neotrop. ichthyol. 10 (1):177-188.
- Hatase, H., N. Takai, Y. Matsuzawa, W. Sakamoto, K. Omuta, K. Goto, N. Arai, T. Fujiwara. 2002. Size-related differences in feeding habitat use of adult female loggerhead turtles *Caretta caretta* around Japan determined by stable isotope analyses and satellite telemetry. Mar. Ecol. Prog. Ser. 233:273-281.
- Hernández-León, J. C., S. J. Mejía-Acosta, L. C. Jiménez-Pérez, B. E. Lavaniegos-Espejo. 2002. Biomasa y estructura del zooplancton colectado por el crucero IMECOCAL 9908 en la parte sur de la Corriente de California. Informe Técnico. Comunicaciones Académicas. Serie Ecología. CICESE 38 p.
- Hernández-Becerril, D. U., D. Parra-Toriz. 2015. Catálogo de especies de fitoplancton marino del Pacífico mexicano. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Informe final SNIB-CONABIO, Proyecto No. KT006. México D.F. 69p.
- Hernández-Ribas, M. E, S. P. Jiménez-Rosenberg, R. Funes-Rodríguez, R. J. Saldierna-Martínez. 2000. El centro de actividad biológica de la Bahía de Sebastián Vizcaíno, una primera aproximación. En: Lluch Belda, D., G. J. Elourdy., S. Lluch-Cota, D. G. Ponce (eds.). "BAC. Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano". Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. pp 65-85 .
- Heymans, J. J., M. Coll, J. S. Link, S. Mackinson, J. Steenbeek, C. Walters, V. Christensen. 2016. Best practice in Ecopath with Ecosim food-web models for ecosystem-based management. Eco Modell. 331:173-184.

Honey-Escandón, M., F. A. Solís-Marín, A. Laguarda-Figuera. 2008. Equinodermos (Echinodermata) del Pacífico Mexicano. *Rev. Biol. Trop.* 56 (3): 57-73.

Jiménez-Pérez, L. C., B. E. Lavaniegos-Espejo, T. R. Baumgartner-McBride. 2000. Biomasa y estructura del zooplancton en la parte sur de la Corriente de California durante julio de 1998. Crucero IMECOCAL 9807. B/O Francisco de Ulloa. 15-30 de julio de 1998. Informe Técnico. Comunicaciones Académicas. Serie Ecología. CICESE 41 p. CTECT200010.

Jiménez-Pérez, L. C., B. E. Lavaniegos-Espejo, T. R. Baumgartner-McBride. 2001. Biomasa y estructura del zooplancton colectado por el crucero IMECOCAL 9809/10 en la parte sur de la Corriente de California. Informe Técnico. Comunicaciones Académicas. Serie Ecología. CICESE 39 p. CTECT20010.

Johnson-Díaz, K. A., J. L. Sierra-Cabral, A. I. Erosa-Solana. 1993. Un tesoro de la Naturaleza; Las Tortugas Marinas. EDAMEX. México. 117p.

Jopp, F., H. Reuter, B. Breckling. 2011. *Modelling Complex Ecological Dynamics: An Introduction into Ecological Modelling for Students, Teachers and Scientists.* Springer Science and Business Media. EUA. 397p.

Koch, V., H. Peckham, A. Mancini, T. Eguchi. 2013. Estimating at-sea mortality of marine turtles from stranding frequencies and drifter experiments. *PLoS ONE.* 8(2): e56776.

Krebs, J. C. 2009. *Ecology.* Pearson Education. E.U.A. 655 p.

Lara-Lara, J. R. 2008. Los ecosistemas marinos. En: Arenas-Fuentes, V. C., V. Bazán Guzmán, E. Díaz Castañeda, M. C. Escobar Briones, G. García Abad, G. Gaxiola Castro, R. Robles Jarero, L.A. Sosa Ávalos, M. Soto Gonzáles, J. Tapia García, E. Valdez Holguín (eds.). *Capital natural de México, vol. I: conocimiento actual de la biodiversidad.* CONABIO, México. pp. 135-159.

Lavaniegos, E. B., R. Durazo, G. Gaxiola-Castro, T. Baumgartner, L. C. Jiménez-Pérez, J. García-Cordova, M. R. González-Esparza. 2001. El niño y el mar. En: Escobar-Briones, E., M. Bonilla, A. Badán, M. Caballero, A. Winckell (eds.) "Los efectos del fenómeno El Niño en México 1997-1998". CONACyT. México, D. F. pp. 181-191.

Lavaniegos, E. B., P. García-García, J. C. Hernández-León, D. López-Sánchez, L. Ponce-Rodríguez, S. Mejía-Acosta. 2003. Biomasa y estructura del zooplancton frente a la costa occidental de Baja California durante 2003 (Cruceros IMECOCAL 0302, 0304, 0307, 0310). Informe Técnico. Departamento de Oceanografía Biológica. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 63 p.

Lavaniegos, E. B., J. C. Hernández León, S. Mejía-Acosta, L. C. Jiménez Pérez. 2004. Biomasa y estructura del zooplancton frente a la costa occidental de Baja California

(Crucero IMECOCAL 0001, 0004, 0007, 0010). Informe Técnico. Comunicaciones Académicas, Serie Oceanografía Biológica. CICESE 61p. (21601).

Lavaniegos, E. B., J. L. Cadena-Ramírez, D. López-Sánchez, P. García-García, I. Ambriz-Arreola. 2004. Biomasa y estructura del zooplancton frente a la costa occidental de Baja California durante 2004 (Cruceros IMECOCAL 0402, 0404, 0407, 0410). Informe Técnico. Departamento de Oceanografía Biológica. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 59 p.

Lavaniegos, E. B., J. L. Cadena Ramírez, C. M. Hereu Romero, L. C. Jiménez Pérez. 2005. Biomasa y estructura del zooplancton frente a la costa occidental de Baja California durante 2001(Cruceros IMECOCAL 0101, 0104, 0107, 0110). Informe Técnico. Departamento de Oceanografía Biológica, CICESE 53p. (32179).

Lavaniegos, E. B., J. L. Cadena-Ramírez, P. García-García. 2005. Biomasa y estructura del zooplancton frente a la costa occidental de Baja California durante 2005 (Cruceros IMECOCAL 0501, 0504, 0507, 0510). Informe Técnico. Departamento de Oceanografía Biológica. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 59 p.

Lavaniegos, E. B., J. L. Cadena-Ramírez, P. García-García. 2006. Biomasa y estructura del zooplancton frente a la costa occidental de Baja California durante 2006 (Crucero IMECOCAL 0602, 0604, 0607). Informe Técnico. Departamento de Oceanografía Biológica. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 50p.

Lavaniegos, E. B., J. L. Cadena-Ramírez, P. García-García. 2007. Biomasa y estructura del zooplancton frente a la costa occidental de Baja California durante 2007 (Cruceros IMECOCAL 0701, 0704, 0708). Informe Técnico. Departamento de Oceanografía Biológica. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 51p.

Lavaniegos, E. B., J. L. Cadena-Ramírez, O. Molina-González, P. García-García. 2008. Biomasa y estructura del zooplancton frente a la costa occidental de Baja California durante 2008 (Cruceros IMECOCAL 0801, 0804, 0807, 0810). Informe Técnico. Departamento de Oceanografía Biológica. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 54 p.

Lercari-Bernier, D. 2006. Manejo de los Recursos del Ecosistema del Norte del Golfo de California: Integrando Explotación y Conservación. Tesis (Doctor en Ciencias). La Paz Baja California Sur, México. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN. 198p.

Lees, K., S. Mackinson. 2007. An Ecopath Model of The Irish Sea: ecosystems properties and sensitivity analysis. Sci. Ser. Tech Rep. Cefas Lowestoft. 138:149pp.

- Lezama, C., P. Miller., A. Fallabrino., V. Quirici., Ma. N. Caraccio., D. Pérez-Etcheverry., M. Ríos. 2003. Captura incidental de tortugas por flota pesquera artesanal en Uruguay. C.I.D. Proyecto Karumbé, Tortugas Marinas del Uruguay. 4p.
- Lluch-Belda, D. 2000. Centros de Actividad Biológica en la Costa Occidental de Baja California. En Lluch Belda, D., G. J. Elourdy., S. Lluch-Cota, D. G. Ponce (eds.). "BAC. Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano". Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. pp. 367.
- Manzano, S. M. M. 2003. Distribución y abundancia del camarón café *Farfantepenaeus californiensis* en el Sistema Lagunar de Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México. Tesis (Maestría). La Paz, BCS, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 76p.
- Mejía-Acosta, S. J., J. C. Hernández-León, L. C. Jiménez-Pérez, B. E. Lavaniegos. 2003. Biomasa y estructura del zooplancton colectado por el crucero IMECOCAL 9910 en la parte sur de la Corriente de California. Informe Técnico. Comunicaciones Académicas, Serie Ecología. CICESE 30p. (7313).
- Mendoza-Carranza, M., J. Rosales-Casian. 2000. The feeding habits of spotted sand bass (*Paralabrax maculatofasciatus*) in Punta Banda Estuary, Baja California, México. CALCOFI Report. 41: 194-200.
- Molina, R. E., F. A. Manrique. 1997. Contenidos estomacales de dos peces planctívoros del Golfo de California durante el verano de 1991. Cienc. Mar. 23(2):163-174.
- Morales-Zárate, M.V., S. Lluch Cota, E. Serviere-Zaragoza, S. A. Guzmán-del-Proó. 2011. Modeling and exploited rocky coastal ecosystem; Bahía tortugas, México. Eco Modell. (222) 1185-1191.
- Navarro-González, J. A., J. Bohórquez-Herrera, A. F. Navia, V. H. Cruz-Escalona. 2012. Composición trófica de batoideos en la plataforma continental frente a Nayarit y Sinaloa, México. Cienc. Mar. 38(2):347-362.
- Nishizawa, H, T. Narazaki, T. Fukuoka, K. Sato, T. Hamabata, M. Kinoshita, N. Arai. N. 2014. Genetic Composition of Loggerhead Turtle Feeding Aggregations: Migration patterns in the North Pacific. Endang Species Res. 24:85-93.
- Nichols, W. J, A. Reséndiz, J. A. Seminoff, B. Reséndiz. 2000. Transpacific Migration of a Loggerhead Turtle Monitored by Satellite Telemetry. Bull Marine Sci. 67(3):937-947.
- Ocaña, O, A. G. de los Ríos y Los Huertos, A. Brito. 2006. The Crab *Polybius henslowii* (Decapoda: Brachyura) as a main resource in the Loggerhead turtle (*Caretta caretta*) diet from North Africa. Revista. Académica. Canar. Cienc. 17 (4):103-116.

- Odum, P. E., G. W. Barrett. 2006. Fundamentos de Ecología. Thomson Learning. México. 598pp.
- Olson P.A, R.L. Pitman, L.T. Ballance, K.R. Hough, P.H. Dutton, S.B. Reilly. 2001. Summary of seabird, marine turtle, and surface fauna data collected during a survey in the eastern tropical Pacific Ocean, July 28-9 December 2000. U.S. Department of Commerce. NOAA Technical Memorandum. NOAA-NMFS-SWFSC-304.
- Orrego, H. J, Mendo. 2015. Hábitos alimenticio del jurel *Trachurus murphyi* (Nichols) en la zona nor-central del mar peruano. Ecol Apli. 14(2):103-113.
- Pacheco- Rovira. L. R. 2013. La pesca con palangre pelágico en el pacifico panameño. Aspectos operativos de la selectividad de los anzuelos y repercusiones en la captura incidental de tortugas marinas. Tesis (Maestría en Gestión Pesquera Sostenible). Alicante, España. Universidad de Alicante. 127 p.
- Palomares-García. R., R. de Silva-Dávila., A. Martínez-López., A. Hinojosa-Medina., R. Avendaño-Ibarra., R. Funes-Rodríguez. 2001. El evento El Niño 1997-1998 y su impacto sobre el zooplancton en Bahía Magdalena, B.C.S. En."Los efectos del fenómeno El Niño en México 1997-1998". Compiladores. Escobar-Briones. E., M. Bonilla., A. Badán., M. Caballero., A. Winckell. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México. 192-198.
- Parada. G. M., R. Riosmena-Rodríguez., E. A. Martínez., G. Hernández-Carmona. 2009. Dinámica poblacional de *Eisenia arborea* Areschoug (Laminariales: Orchrophyta) en el intermareal de Punta Eugenia, Baja California Sur, México. Cien y Mar. XIII (39):3-13.
- Pauly, D., M. L. Soriano-Bartz, M. L.D. Palomares. 1993. Improved Construction, Parametrization and Interpretation of Steady-State Ecosystem Models. En Trophic Models of Aquatic Ecosystems. Christensen. V., Pauly. D. Editores. International Center for Living Aquatic Resources Management, International Council for the Exploration of the Sea, Danish International Development Agency. Filipinas. 390 pp.
- Peckham. S. H., D. Diaz-Maldonado., A. Walli., G. Ruiz., L. B. Crowder., W. J. Nichols. 2007. Small-scale fisheries bycatch jeopardizes endangered Pacific loggerhead turtles. PLoS ONE. 2(10).
- Peckham. S. H. 2008. Demographic and conservation implications of alternative foraging strategies in juvenile loggerhead turtle (*Caretta caretta*) of the North Pacific Ocean. Tesis (Doctorado). University of Santa Cruz. 85 p.
- Peckham. S. H., D. Díaz-Maldonado., Y. Tremblay., R. Ochoa., J. Polovina., G. Balazs., P. H. Dutton., W. J. Nichols. 2011. Demographic Implications of Alternative Foraging Strategies in Juvenile Loggerhead Turtles *Caretta caretta* of The North Pacific Ocean. Mar Ecol Prog Ser. 425:269-280.

- Piovano, S., Y. Swimmer., C. Giacoma. 2009. Are circle hooks effective in reducing incidental captures of loggerhead sea turtles in a Mediterranean longline fishery?. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst.* (10) 13p.
- Polovina, J. J. 1984. Model of a Coral Reef Ecosystem. I. The ECOPATH Model and Its Application to French Frigate Shoals. *Coral Reefs.* 3:1-11.
- Ramírez-Rodríguez. M., G. De la Cruz-Agüero., E. A. Marín-Monroy., M. A. Ojeda de la Peña., G. Ponce-Díaz. 2010. Estudio Sobre la Caracterización Socioeconómica y Pesquera del Área del Golfo de Ulloa, Baja California Sur. Informe Técnico. CICIMAR. Comisión Nacional de Áreas Naturales protegidas de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 112p.
- Raymundo, H, A, R. 2000. Análisis de la dieta de los peces demersales de fondos blandos en la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. Tesis (Maestría). Universidad de Colima. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 89p.
- Raymundo-Huizar. A. R., M. Saucedo-Lozano. 2008. Hábitos alimentarios del pez triglido *Prionotus ruscarius* (Gilbert y Starks, 1904) durante 1994, en las costas de Jalisco y Colima, México. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 43(1):7-17.
- Reyes-Coca. S., R. Troncoso Gaytán. 2001. El niño oscilación del sur y los fenómenos hidrometeorológicos en Baja California: el evento de 1997/1998. INP. SAGARPA. México. *Cienc. Pesq.* 15:89-96.
- Riosmena-Rodríguez. R., Ma. M. Lara-Uc. 2015. *Caretta caretta* (Loggerhead Sea Turtle) Diet. *Herpetol. Rev.* 46 (4):626-617.
- Rosales. C. A., M. Vera., J. Llanos. 2011. Varamientos y captura incidental de tortugas marinas en el litoral de Tumbes, Peru. *Rev. peru biol.* 17(3):293-301.
- Rosas, L, R. 2007. Descripción de la alimentación del calamar gigante *Dosidiscus gigas* D´Orbigny, 1835 en la costa occidental de la península de Baja California. Tesis (Maestría). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 84p.
- Rosas. L. R., C. A. Salinas Zavala., V. Koch., P. del Monte-Luna. 2008. Importance of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) in the pelagic ecosystem of the central Gulf of California. *Ecol Model.* (218):148-161.
- Rodriguez-García. O. U.2010. Biología reproductiva del pulpo *Octopus Bimaculatus* (Verril, 1883) en Bahía Sebastián Vizcaíno, Baja California Sur, México. Tesis (Maestría). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 74p.
- Rodríguez-Romero. J., E. Álvarez-Bauman., M. R. Ochoa-Díaz., J. López-Martínez., M. Maldonado-Garcia. 2013. Hábitos alimentarios de *Mustelus henlei* en la costa occidental de Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 48(2):261-271.

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo, Pesca y Alimentación. 2014. Programa Integral de Ordenamiento Pesquero en el Golfo de Ulloa, Baja California Sur. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 61p.
- Segura-Zarzosa. J. C., L. A. Abitia-Cardenas., F. Galván-Magaña. 1997. Observaciones sobre la alimentación del tiburón *Heterodontus francisci* Girard 1854 (Chondrichthyes: Heterodontidae), en la Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. Cienc Mar. 23(1):111-128.
- Seminoff. J. A., A. Resendiz., B. Resendiz., J. Nichols. 2004. Occurrence of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the Gulf of California, México; evidence of life-history variation in the Pacific Ocean. Herpetol Rev. 35(1):24-27.
- Seminoff. J. A., T. Eguchi., J. Caretta., C. D. Allen., D. Prosperi., R. Rangel, J. W. Gilpatrick Jr., K. Forney., S. H. Peckham. 2014. Loggerhead sea turtle abundance at a foraging hotspot in the eastern Pacific Ocean: implications for at-sea conservation. Endangered Species Res. 24:207-220.
- Senko. J. M., C. López-Castro., Volker-Koch., W. J. Nichols. 2010. Immature east pacific green turtles (*Chelonia mydas*) use multiple foraging areas off the pacific coast of Baja California Sur, México: first evidence from mark-recapture data. Pac. Sci. 64(1):125-130.
- Silman. R., I. Vargas., S. Troëng. 2002. Tortugas Marina; Guía Educativa. Corporación Caribeña para la Conservación. 38 pp.
- Sweeney. J. M., J. T. Harvey. 2011. Diet estimation in California sea lions, *Zalophus californianus*. Mar Mammal Sci. 27(4):279-301.
- Turrubiates-Morales. J. R. 2009. Registro geográfico del pepino de mar *Isostichopus fuscus* en Baja California Sur, México. Cienc Pesq. 17(1):81-82.
- Turner-Tomaszewicz. C. N., J. A. Seminoff., L. Avens., L. R. Goshe., S. H. Peckham., J. M. Rodríguez-Baron., K. Bickerman, C. M. Kurle. 2015. Age and residency duration of loggerhead turtles at a North Pacific bycatch hotspot using skeletochronology. Biol. Conser. 186:134-142.
- Trujillo-Hernández. S., R. Palomares-García., G. A. López-Ibarra., G. Esqueda-Escárcega., R. Pacheco-Chávez. 2004. Riqueza Especifica de Copépodos en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología. 75(2): 253-270.
- Valdez-Leyva. G. L. 2012. Producción pesquera ribereña por zonas de pesca en la región del Golfo de Ulloa, Baja California Sur, México. Tesis (Maestría) Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar. 74p.

Valero-Pacheco. E., F. Álvarez., M. Escobar., L. G. Abarca-Arenas., V. Arenas. 2004. Population, density, distribution, and activity pattern of the Ghost Crab (*Ocypode quadrata*) in Montepío, Veracruz, México. *G.C. F. I.* (5):467-475.

Vega. A.J., Y.A Robles. P., F. Quezada., O. Quintero., L. Montes. 2015. Evaluación preliminar de la captura incidental de tortugas marinas por la pesquería artesanal en el golfo de Chiriquí. *Tecnociencia.* (17)1:31-45.

Wooster, W.S. 2000. Prologo. En “BAC. Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano”. Editores. Lluch B. D., Elourdy. G. J., Lluch. C. S. E. D, G, Ponce. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 367 pp.