

Impacto de la actividad pesquera sobre la diversidad biológica

Revisión para el Pacífico sur de México

Genoveva Cerdenares-Ladrón de Guevara, Emmanuel Ramírez-Antonio, Samuel Ramos-Carrillo, Gabriela González-Medina, Vicente Anislado-Tolentino, Dora López-Herrera, Samantha Karam-Martínez

Laboratorio de Dinámica de Poblaciones y Laboratorio de Ictiología y Biología Pesquera

Universidad del Mar

San Pedro Pochutla, Oaxaca, México

gcerdenares@gmail.com

Abstract— Fisheries in Mexico, as a mega diverse country, is characterized by the exploitation of high species number, trapping methods and products obtained. The impacts on biodiversity come from the combined effects of overfishing, bycatch and degradation of habitat, which induce changes in food chains, by modifying the species composition of communities, as well as changes in the structure, function, productivity and resilience of marine ecosystems. A list of marine and coastal species of commercial importance captured in the South Pacific of Mexico was collected, from which the potential effects of fishing on biodiversity are analyzed for this region. In the study area at least 466 species are exploited, mainly fish (296), crustaceans (32) and molluscs (117). At present, scientific information about the status of the different fisheries and about the biology of exploited species is insufficient to assess the impact of the activity on the biological diversity in ecosystems, such which ensure the sustainable use of these resources.

Keyword— *Diversity, Oaxaca, Guerrero, Chiapas, commercial species, Fisheries impacts.*

Resumen— La actividad pesquera en México, como país megadiverso, se caracteriza por el alto número de especies que aprovecha, métodos de captura y productos obtenidos. Los impactos en la biodiversidad provienen del efecto combinado de la sobrepesca, la captura incidental y la degradación del hábitat, los cuales inducen cambios en las cadenas tróficas, al modificar la composición específica de las comunidades, así como cambios en la estructura, función, productividad y resiliencia de los ecosistemas marinos. Se recopiló un listado de las especies de importancia comercial costeras y marinas capturadas en el Pacífico Sur de México, a partir de lo cual se analizan los posibles efectos de la actividad pesquera sobre la biodiversidad en esta región. En la zona de estudio se aprovechan al menos 466 especies, principalmente peces (296), crustáceos (32) y moluscos (117). En la actualidad, la información científica acerca del estado de las diferentes pesquerías, así como de la biología de las especies explotadas es insuficiente para evaluar el impacto de la actividad sobre la diversidad biológica de los ecosistemas, tal que permita garantizar el uso sostenible de estos recursos. Los principales problemas son la falta de estadísticas confiables y de series de tiempo de estudio suficientemente largas.

Palabras claves— *Diversidad, Oaxaca, Guerrero, Chiapas, Especies de importancia comercial, Impacto de la Pesca*

I. INTRODUCCIÓN

México es considerado un país megadiverso, ya que junto con otras 11 naciones alberga entre el 60 y 70% de la biodiversidad del planeta, y de manera particular, se estima que éste país alberga el 10% de la biodiversidad del planeta [1]. Este hecho es reflejo de las características geográficas que posee el país, que proveen de las condiciones tanto ambientales como micro ambientales que dan lugar a una gran variedad de hábitats y formas de vida [2]. Asimismo, México se ubica en la zona de transición entre dos grandes regiones biogeográficas: la neotropical (Sudamérica y Centroamérica) y la neártica (Norteamérica) lo cual ha inducido una combinación de especies con historias biogeográficas distintas [3]. El sur de México es la región más diversa del país, donde habita el 70% de la diversidad biológica

nacional, destacando; en orden de importancia, los estados de Oaxaca (con el mayor número de especies endémicas), Chiapas, Veracruz y Guerrero [1].

La pesca como actividad productiva primaria, hace uso de la riqueza biológica del litoral costero y marino disponible, y en México, se caracteriza por la diversidad de especies que aprovecha, la variabilidad de las artes de captura y los productos que se obtienen, no solo para consumo humano, sino también como pigmentos, materiales para la construcción, sustancias de uso farmacológico o simplemente productos ornamentales [4],[5],[6],[7]. Sin embargo, el uso inadecuado de los recursos puede llevar a un deterioro de los mismos. Este deterioro es resultado del efecto combinado de la sobrepesca, la captura incidental y la degradación del hábitat, los cuales inducen cambios en las cadenas tróficas al modificar la composición específica de las comunidades y en la estructura, función, productividad y resiliencia de los ecosistemas marinos [8]. Se considera a la sobreexplotación de los recursos pesqueros uno de los impactos más importantes de la actividad humana sobre la biodiversidad [9]. En el presente trabajo, a partir de referencias primarias e información original, se hace una recopilación de las especies marinas que son aprovechadas en el Pacífico Sur de México y se presentan ejemplos de los posibles efectos de la actividad pesquera sobre la diversidad biológica en esta región del país.

II. MATERIAL Y MÉTODO

Para la obtención del número de especies que son aprovechadas, en primera instancia se consideraron las especies del catálogo elaborado por la FAO [10], cuya área de distribución incluye el Pacífico sur mexicano y de las cuales se hace referencia a su aprovechamiento actual o potencial, para fines de alimentación, industriales, deporte, usos ornamentales, así como aquellas que son fauna de acompañamiento en la captura de especies objetivo, pero que también son aprovechadas. En segundo término se incluyeron las especies referidas en la Carta Nacional Pesquera (CNP) como aprovechadas para el área. Finalmente se adicionaron las reportadas en otras publicaciones científicas y técnicas, así como las registradas directamente por los autores. Por otro lado se realizó un análisis con la información disponible para tratar de conocer el impacto de la actividad pesquera sobre la biodiversidad.

III. ESPECIES DE IMPORTANCIA COMERCIAL EN EL PACÍFICO SUR DE MÉXICO

Si bien el hombre se ha alimentado de peces desde épocas prehistóricas, en la actualidad, solo un pequeño número de ellas representa un interés comercial, no obstante la alta diversidad de las especies, debido a los criterios utilizados para clasificar a una especie como deseable para el consumo humano, que se basan principalmente en la apariencia del organismo (forma y color) y consistencia de su carne, pero que varían geográficamente debido a cuestiones culturales [11].

La producción pesquera en México ha fluctuado alrededor de 1.3 millones de toneladas durante las últimas tres décadas y en los últimos años ha ocupado el lugar 16 a nivel mundial [12]. En el año 2012 se registró una captura total de 1.4 millones de toneladas, manteniendo la tendencia. Sin embargo, las diferentes regiones pesqueras de México presentan un desarrollo diferenciado. Por ejemplo, el noroeste del país (Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa) aportó casi el 80 % de la producción pesquera nacional, mientras que el Pacífico Sur de México (Guerrero, Oaxaca y Chiapas) registró una captura marina de alrededor de 40.3 mil toneladas, que representó apenas el 2.8% de la producción total del país [13] (Fig. 1). Asimismo, durante la última década, en el Pacífico sur de México (PSM) las mayores capturas han sido registradas por el Estado de Chiapas con alrededor de 28 mil toneladas anuales que representan el 50% de la captura para la región (Tabla 1).

TABLA I. PRODUCCIÓN POR ESTADO DEL PACÍFICO SUR DE MEXICO EN LOS ÚLTIMOS 10 AÑOS

Estado	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Guerrero	4.194	4.183	6.153	5.59	7.644	7.45	6.675	7.486	9.132	7.515	8.954
Oaxaca	9.988	11.012	14.957	15.909	14.167	12.46	11.953	8.45	9.586	13.57	10.148
Chiapas	29.508	29.387	31.208	29.522	27.768	20.027	23.272	26.678	39.558	34.816	30.708

Por otra parte, la actividad pesquera está representada por dos sectores: la pesca de altamar o industrial y la pesca ribereña o pesca artesanal. La primera se distingue por ser tecnificada y operar en aguas oceánicas y por ello tiene como recurso objetivo, a aquellas especies que presentan una gran biomasa como el atún y la sardina, o alto valor económico como el camarón. El volumen de producción de estos tres recursos aporta el 50% del valor total de la pesca en México. La pesca ribereña, en cambio, es poco tecnificada y aprovecha la biodiversidad de la zona costera, es por ello que comúnmente esta actividad es multiespecífica, captura una gran variedad de especies y es estacional. La importancia de este sector, radica en que aporta el volumen más importante de productos marinos para consumo humano directo [13], [14].

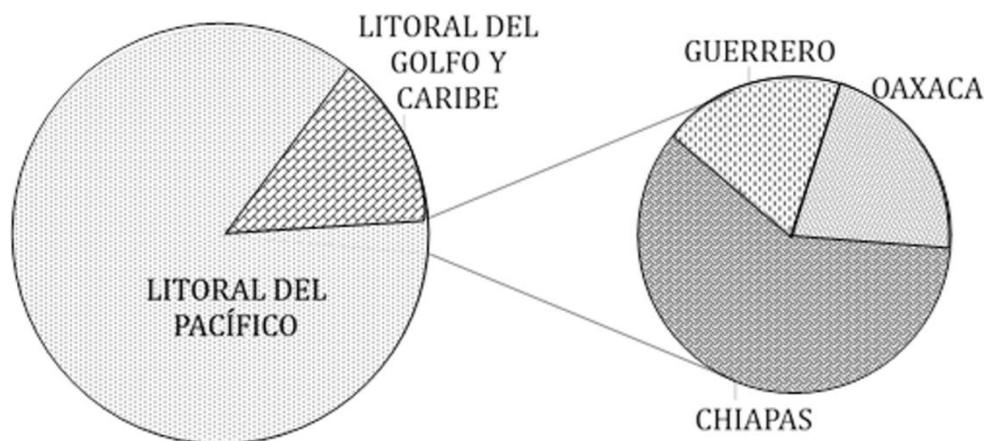


Fig. 1. Producción pesquera por litoral y para los Estados del Pacífico sur de México.

En la CNP se resumen los indicadores sobre el estado de disponibilidad y conservación de los recursos pesqueros y acuícolas de México [15]. A partir de este documento, en el PSM se reconoce que se explotan al menos 168 especies, de las cuales el 15% lo aprovecha la flota de altamar pero dada la accesibilidad de los recursos, el total de las especies son capturadas por la flota ribereña, ya sea como especie objetivo o incidental. Sin embargo, a partir de la recopilación de literatura primaria e información original, la actividad pesquera en el sureste de México es mucho más compleja, ya que aprovecha alrededor de 466 especies entre peces (295), crustáceos (32), moluscos (117), algas (16), equinodermos (4) y cnidarios (2). Esto refleja la gran biodiversidad con que cuenta la región, pero de la mayor parte de las cuales no se cuenta con un registro oficial de su aprovechamiento y mucho menos con información que permita evaluar el estado de salud de sus poblaciones (Tabla 2).

En el estado de Guerrero la actividad pesquera es realizada casi en su totalidad por la flota artesanal, ya que la flota de altamar consiste tan solo de ocho embarcaciones (seis para camarón y dos para

escama). Este hecho se ve reflejado en el elenco de especies más importantes por su volumen de captura que registra este Estado (Fig. 2). Se ha documentado la explotación formal de 114 especies de peces, del grupo denominado “escama marina”, ocho de crustáceos y 23 de moluscos [16]. Debido al valor comercial que representan, el huachinango *Lutjanus peru*, la sierra *Scomberomorus sierra*, el robalo *Centropomus robalito*, las langostas *Panulirus inflatus* y *P. gracilis*, el pulpo *Octopus hubbsorum* y el Ostión *Crassostrea spp.*, son los recursos de mayor importancia para el estado, todos capturados por las pesquerías artesanales.

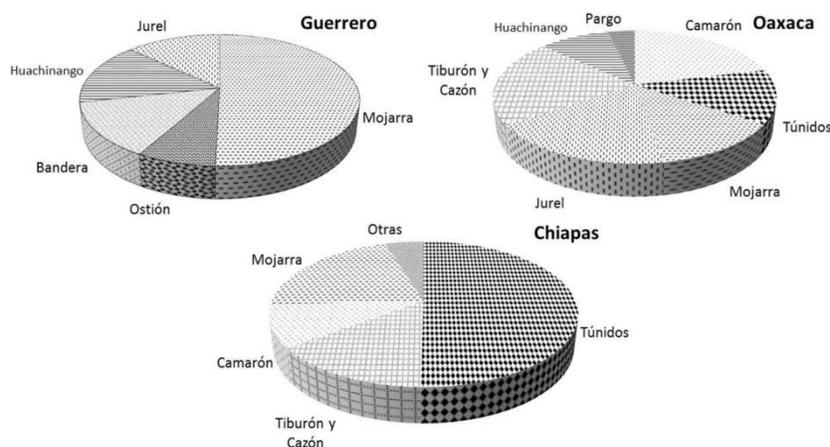


Fig. 2. Principales grupos de especies por estado del Pacífico sur mexicano.

TABLA II. NÚMERO DE ESPECIES DE IMPORTANCIA COMERCIAL EN EL PACÍFICO SUR DE MÉXICO.

Grupo de especies	Número de especies			
	Guerrero	Oaxaca	Chiapas	Total
Peces cartilaginosos	38	40	40	41
Peces óseos	252	253	251	254
Crustáceos	27	28	30	32
Cnidarios	1	2	0	2
Equinodermos	4	4	4	4
Moluscos	113	111	108	117
Algas	16	16	13	16
Total	451	454	446	466

Los estados de Oaxaca y Chiapas, comparten una de las áreas geográficas más importantes para la explotación del recurso camarón, el Golfo de Tehuantepec, donde opera una flota de altamar compuesta por 97 embarcaciones. No obstante que el recurso objetivo que explotan es el camarón (representado por siete especies), esta flota captura incidentalmente alrededor de 229 especies de peces y más de 231 especies de otros invertebrados que, en conjunto, aportan más del 80% de la captura [17], [18]. Las especies de camarón de mayor importancia son *Farfantepenaeus californiensis* (camarón café) y *Litopenaeus vannamei* (camarón blanco) por el alto valor económico que representan.

En el ámbito de la pesca artesanal, en la costa de Oaxaca se han identificado al menos 194 especies de peces, 34 de crustáceos y 83 de moluscos, de las cuales, *Lutjanus peru* (huachinango) *Caranx caninus* (jurel) *Lutjanus argentiventris*, *Lutjanus colorado* (pargo) *Octopus hubbsorum* (pulpo) y *Thunnus albacares* (atún) sobresalen por su valor económico.

El litoral de Chiapas es particularmente importante para la pesca de tiburón, que se realiza con embarcaciones menores, ya que el estado registra las mayores capturas de todo el Pacífico mexicano. En esta pesquería se tienen reportadas 21 especies, dos de las cuales *Carcharhinus falciformis* (tiburón sedoso) y *Sphyrna lewini* (tiburón martillo o cornuda) soportan la pesquería [19], [20]. Adicionalmente, para este estado se reporta el aprovechamiento de 291 especies de peces, 34 de crustáceos y 80 de moluscos.

La legislación mexicana reserva el aprovechamiento exclusivo de siete especies de peces para la pesca deportivo-recreativa, de las cuales en el PSM, este tipo de pesquería incide principalmente en *Istiophorus platypterus* (pez vela), *Kajiquia audax* (marlín rayado) y *Coryphaena huppurus* (dorado), aunque también se registran de manera incidental en las capturas de la flota artesanal [15], [21], [22]. La pesca deportivo-recreativa en el PSM se practica principalmente durante los torneos de pesca que se desarrollan en la región, solo en el Puerto de Acapulco, Guerrero, la actividad es un atractivo común para el turismo que tiene como destino esta localidad, en el resto del litoral de Oaxaca y Chiapas es incipiente este atractivo turístico. De manera paralela a esta actividad otras especies que no son de consumo humano frecuente, son muy apreciadas como carnada tanto para la pesca deportiva como para la pesca comercial (*Selar crumenophthalmus*, *Hemiramphus saltator*). La pesca deportiva representa una derrama económica importante en el Noroeste de México [23], [24], sin embargo, a la fecha no existen cuantificaciones económicas para el PSM.

En cuanto a su nivel de aprovechamiento, los recursos pueden clasificarse de acuerdo a la proporción de la biomasa que actualmente se explota, con respecto al valor máximo histórico, que los ubica en cuatro categorías: subdesarrollado (< 10% previos a la máxima captura), en desarrollo (> 10% y < 50% previos a la máxima captura), aprovechamiento máximo (> 50%), sobre explotado (> 50% y < 10% posteriores a la máxima captura) y colapsados (< 10% posteriores a la máxima captura) [25]. Bajo estos criterios y a partir de las estadísticas oficiales sobre capturas en el PSM, Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón [26] estiman que más del 50% de los recursos se encuentra colapsados o con sobre pesca. Las especies consideradas en colapso son: lisa (*Mugil spp.*), langosta (*Panulirus spp.*), caracol (Melongenidae, Murcidae, Strombidae, Thaididae, Turbinidae), almeja (Arcidae, Pectinidae, Spondylidae, Veneridae), bonito (*Sarda sp.*) y calamar (*Loligo sp.*). El barrilete (Scombridae), baqueta (*Epinephelus sp.*), bandera (Aridae), corvina (Scianidae), lebrancha (*Mugil sp.*), lenguado (Paralichthyidae), mero (*Epinephelus sp.*), pargo (Lutjanidae), pulpo (*Octopus spp.*) y ronco (Haemulidae) conforma el grupo de especies en estado de sobre pesca. Es de resaltar que el recurso camarón en su conjunto se ha considerado en estado de sobre pesca por toda una década [26]. En el caso del tiburón, representado por 21 especies [19], [20], que por sus características biológicas se considera particularmente vulnerable, se considera en un estado de máximo aprovechamiento pero con tendencia a la sobre pesca.

Debido a la necesidad de información, tanto de la disponibilidad de los recursos explotados o susceptibles, como información biológica en relación a la dinámica de sus poblaciones, en México se han generado documentos oficiales (Instituto Nacional de Pesca, Comisión Nacional de Pesca, Gobiernos de los Estados), así como producción científica heterogénea, extremadamente general en unos casos y muy específica en otros, por medio de los cuales se ha cubierto en parte dicha necesidad, aunque aún falta mucho por hacer. Uno de los principales problemas con que se encuentran los estudiosos del tema, es precisamente la gran biodiversidad de la zona, dado que existen especies muchas veces difíciles de diferenciar entre sí, aún por los especialistas. Esta situación se agrava debido a que en

las estadísticas de pesca es habitual el uso de los nombres comunes que el pescador utiliza para denominar a una especie o grupo de especies, lo que dificulta la identificación exacta de las especies aprovechadas ya que de un lugar a otro, e incluso dentro de la misma localidad, una especie es conocida bajo diferentes nombres, situación que dificulta el seguimiento adecuado de la explotación de los recursos pesqueros. Este problema de registro de las especies explotadas es común a todas las pesquerías multiespecíficas en México.

IV. EFECTOS DE LA PESCA SOBRE LA BIODIVERSIDAD

El uso y aprovechamiento de los recursos marinos, es una actividad que se practica desde el inicio de la historia de la humanidad, aunque solo a partir de la mitad del siglo XX se ha convertido en un problema global, provocando un deterioro de los océanos, convirtiendo a las pesquerías en la mayor fuente de impacto ecológico [27], [28], [29]. En 1995 un estudio realizado por un comité de investigación de los Estados Unidos (National Research Council), identificó a la actividad pesquera como el factor de afectación antropogénico más importante sobre la diversidad marina [9]. En el caso de México, Challenger y Dirzo [28] encuentran que la destrucción del hábitat y la sobreexplotación, son los impactos más importantes de la actividad humana sobre la biodiversidad, dejando posiblemente huellas permanentes de la actividad pesquera en los ecosistemas marinos de México.

Para entender los impactos que la actividad pesquera ejerce sobre la biodiversidad, es necesario definir el concepto de Biodiversidad. De acuerdo con el Convenio sobre la Diversidad Biológica de la Organización de las Naciones Unidas, se define la diversidad biológica, como “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas” [30]; es decir, se habla de tres niveles de diversidad biológica, diversidad Genética, diversidad de Especies y diversidad de Ecosistemas. En cada uno de estos tres niveles la pesca tiene un fuerte impacto. A nivel genético, las pesquerías cambian las características poblacionales (p. e. estructura de edades, talla de primera madurez), dando como resultado alteraciones en el genoma. A nivel de especies, la pesca impacta directamente sobre la composición específica y sus interacciones (p. e. sobre explotación y captura incidental). Finalmente a través de las capturas incidentales, la alteración del hábitat y cambios en los flujos de energía, las pesquerías impactan en la diversidad de los hábitats marinos y la función de los ecosistemas (p. e. disminución de niveles tróficos; degradación del hábitat).

A. Efecto a nivel genético

Está documentado que la actividad pesquera puede afectar genéticamente a las poblaciones, tanto de especies objetivo, como de acompañamiento [31], [32]. Estos cambios pueden ser de tipo selectivo, de pérdida de variación por deriva génica e incluso modificación de la estructura genética poblacional [33]. Ante esta evidencia, existe un interés científico genuino por conservar la diversidad genética, con la finalidad principal de mantener la capacidad de adaptación de las poblaciones naturales, pero también de evitar que surjan cambios en las características de historia de vida y el comportamiento de las especies, ya que ambos pueden influir en la dinámica de las poblaciones explotadas, en los flujos de energía de los ecosistemas, y en última instancia, en la pérdida de productividad [34].

Actualmente se cuenta con una serie de marcadores genéticos moleculares y herramientas estadísticas poderosas, que se usan para explorar la diversidad genética de las poblaciones, con diferentes propósitos [35]. Varias de estas técnicas se han utilizado para estudiar la variación genética y estructura poblacional de algunas especies que son de importancia económica en el Pacífico Sur mexicano. En la tabla 3 se muestra un resumen de la diversidad genética encontrada en estas investigaciones. Para *Coryphaena hippurus*, se encontraron bajos niveles de diversidad nucleotídica que sugieren la presencia, en el pasado, de fluctuaciones importantes en el tamaño poblacional o una expansión del área de distribución

[36]. En cuanto a *Thunnus albacares*, éste presenta niveles altos de variación genética, y en general, una baja diferenciación geográfica [37], [38], sin embargo, Díaz-Jaimes y Uribe-Alcocer [36] detectaron evidencia preliminar de la presencia de poblaciones discretas a ambos lados de la línea del ecuador en el Pacífico Oriental. Con respecto a *Centropomus robalito*, se encontraron niveles de polimorfismo y heterocigidad superiores a los reportados para otras especies del género y de otros teleósteos, además esta especie mostró homogeneidad poblacional y una elevada migración [39]. Por su lado, para los tiburones *Carcharinus falciformis* y *Sphyrna lewinii*, los valores de variación fueron relativamente altos, se encontró una ligera divergencia poblacional para la primera especie y una estructura más marcada para la segunda [40], [41].

TABLA III. ESTIMACIONES DE DIVERSIDAD GENÉTICA DE PECES CON IMPORTANCIA COMERCIAL EN EL PACÍFICO SUR DE MÉXICO. NÚMERO DE MUESTRAS (n), HETEROCIGIDAD OBSERVADA (Ho), DIVERSIDAD HAPLOTÍPICA (h), DIVERSIDAD NUCLEOTÍDICA (π).

Especie	Marcador molecular	n	Ho	h	π	Referencia
<i>Coryphaena hippurus</i>	ND1-ADNmt	177	-----	0.926	0.0052	Díaz-Jaimes <i>et al.</i> 2006
<i>Thunnus albacares</i>	RFLPs-ADNmt	—	—	0.86	0.009	Scoles y Graves 1993
	Microsatélites	327	0.43	—	—	Díaz-Jaimes y Uribe-Alcocer 2006
	Secuencias de ADNmt	115	—	0.999	0.033	Ely <i>et al.</i> 2005
	Microsatélites	73	0.59	—	—	Appleyard <i>et al.</i> 2001
<i>Centropomus robalito</i>	Aloenzimas	82	0.216	—	—	Sandoval-Castellanos <i>et al.</i> 2005
<i>Carcharhinus falciformis</i>	RAPDS	130	0.424	—	—	Castillo-Olguín(2005)
	SSCPs-Citb	145	—	0.331	0.017	
<i>Sphyrna lewinii</i>	RAPDS	88	0.386	—	—	Castillo-Olguín <i>et al.</i> 2012
	SSCPs-Citb	92	—	0.38	0.022	

Entre las afectaciones genéticas que pudiera provocar la pesca, se cuentan los cambios en las historias de vida de las poblaciones. En este sentido, se ha documentado el posible efecto en el crecimiento individual y la maduración en especies por estar sujetas a explotación por un prolongado periodo de tiempo [42], [43]. Un efecto inmediato de la pesca es la reducción de la talla promedio de captura, debido a la selección de organismos de las mayores tallas, y un significativo cambio en la estructura de tallas puede ser un indicador de pesca excesiva [44]. Se han propuesto tres hipótesis que explican estos cambios: (a) la pesca induce evolución que modifica la estructura de tallas de la población (impacto genético poblacional), (b) es solo una expresión fenotípica que no afecta la estructura de edades de la población y (c) es un efecto de alguna causa ambiental [42].

Un ejemplo se puede observar en la tendencia que ha presentado la talla promedio del pez vela, capturado en el Golfo de Tehuantepec, que ha disminuido en los últimos 10 años [21]. Esta disminución en la talla promedio podría hacer pensar en la posibilidad de un cambio en la longitud de primera madurez y a su vez en la edad de madurez. Particularmente la talla y edad de madurez son características

especialmente sensibles a cambios en los esquemas de mortalidad [45]. Además del incremento en la mortalidad, se considera que la pesca puede provocar cambios en las características de la historia de vida de los stocks explotados a través de dos mecanismos [43], [46]. El primero a través de altas tasas de captura, que provocan una disminución en el tamaño poblacional lo que a su vez relaja la competencia intraespecífica y por tanto pueden incrementarse las tasas de crecimiento individual y la sobrevivencia [47]. Como resultado de este incremento en la tasa de crecimiento, los peces de los stocks fuertemente explotados tienden a madurar más jóvenes y esto se liga con una reducción de la longitud de primera madurez [46]. El segundo mecanismo es a través de una fuerte selección de organismos con ciertas características (tallas mayores, organismos maduros) [46]. En este sentido la pesquería de pez vela en el Golfo de Tehuantepec, presenta una alta selección sobre organismos mayores a 174.5 cm de longitud ojo-furca (LOF) los cuales se consideran maduros [21], [48]. Por otro lado, Sharpe y Hendry [49] para evaluar los cambios que puede provocar la pesca sobre las características de la historia de vida de los stocks explotados, asignaron niveles respecto a la intensidad de pesca para los stocks que ellos revisaron. Estas categorías fueron: bajo para mortalidad por pesca ($F < 0.3$), medio para $0.3 > F < 0.6$, y alto para $F > 0.6$. Estos autores consideraron que F es un buen indicador de la fuerza de selección ya que este índice mide la proporción de organismos que es removida de la población. Ellos encontraron que la este parámetro tiene un fuerte efecto negativo sobre la longitud de primera madurez pero sin cambios significativos respecto a la edad de madurez. Sin embargo, también consideran que estas tendencias pueden ser provocadas por las series de tiempo analizadas que consideran cortas (1 a 16 generaciones) [50], [51], o por coincidir el periodo de estudio con etapas de selección intensa, y que con periodos de estudio más largos el efecto se vería disminuido [52]. Bajo este criterio la serie de tiempo utilizada para el pez vela en el Golfo de Tehuantepec es limitada ya que corresponde temporalmente a una generación.

Por otro lado, también se considera que hay factores independientes a la pesquería que pueden provocar cambios en la talla y edad de madurez [53]. Estos factores incluyen, la temperatura, consumo de alimento, calidad del alimento, fenotipo y genotipo. De estas, es la temperatura la que gobierna el crecimiento directamente a nivel celular [54]. Algunos estudios han concluido que el principal conductor de los cambios en las características de la historia de vida de un stock son las variables ambientales [55], [56]. Esta confluencia de factores dificulta establecer cuáles pueden ser las causas de los cambios en la talla y edad de primera madurez. La posibilidad de evaluar el efecto de la presión por pesca sobre los cambios en la talla-edad dependerá de la posibilidad de discernir entre los diferentes factores que contribuyen a las variaciones de talla-edad en un stock explotado [53].

B. Efecto a nivel específico

La estructura de un ecosistema, es el resultado de la combinación de especialización morfológica, depredación y competencia. El cambio en la abundancia relativa de las especies puede modificar la estructura del ensamblaje de especies y alterar los procesos que se llevan a cabo en el sistema. La pesca afecta directamente la diversidad a nivel específico, debido a la remoción de las especies objetivo, por la captura incidental de especies no objetivo, la alteración física del hábitat y por los descartes [57]. Estos efectos se han documentado para la pesca del camarón, la pesca de altura de túnidos y en algunos casos la pesca artesanal.

Dado el carácter multiespecífico de la flota de altura con redes de cerco [58], [59], [60], [61], [62], su impacto ecológico en el ambiente epipelágico en el cual operan, puede ser alto en el Golfo de Tehuantepec, dadas sus características tropicales que lo definen como de alta biodiversidad marina. A partir de literatura primaria y observaciones directas en esta pesquería, se sabe que se capturan incidentalmente 80 especies (Tabla 4). Además de túnidos, se presenta alta riqueza de especies de otros grupos, incluyendo elasmobranquios, otros teleósteos, reptiles y mamíferos marinos. Entre estas especies sobresalen, por su estatus de riesgo y/o protección, los elasmobranquios de la familia Mobulidae (rayas) y el tiburón ballena *Rhincodon typus* [63], así como 4 especies de tortugas marinas, 3

de ellas con sitio de desove en playas de la zona [61]. Se han reportado al menos 13 especies de mamíferos marinos en la costa de Oaxaca [64], [65], [66], cuya mayor diversidad se ha registrado en la zona marina alemana a Zipolite y Puerto Ángel [65], [66], donde también se ha observado alta incidencia de lances de la flota de altura en diferentes años, [62], (observaciones directas). Cinco de las especies de mamíferos marinos presentes en esta costa se encuentran en estatus de riesgo de preocupación menor (*Stenella attenuata*, *Tursiops truncatus*, *Megaptera novaeangliae*, *Zalophus californianus*, *Grampus griseus*, *Ziphius cavirostris*), cinco especies no han sido investigadas de manera suficiente para establecer su estatus (*Pseudorca crassidens*, *Stenella longirostris*, *Orcinus orca*, *Feresa attenuata*, *Globicephala macrorhynchus*), en tanto que una se cataloga como vulnerable (*Physeter macrocephalus*) y otra como amenazada (*Balaenoptera musculus*) [67], aunque solo las especies ya mencionadas de delfines se han reportado como captura incidental en la pesca de altura [59], [60], [61], [68], [69], [70].

No obstante la diversidad de especies capturadas incidentalmente por la flota de altura, los esfuerzos por cuantificar y disminuir el impacto de la captura incidental están enfocados principalmente en los delfines [71], [71]. La mejor estrategia de pesca es aquella cuando los lances se realizan asociados a mamíferos marinos, debido a que se minimiza la captura incidental y los descartes. En contraste, los lances asociados a objetos flotantes ponen en riesgo la sustentabilidad de la pesquería por sus altos índices de capturas incidentales y descartes [71]. No existen, sin embargo, datos sobre los volúmenes de aprovechamiento o descarte de la captura incidental en la flota cerquera. En la pesca ribereña se identificaron un total de 54 especies capturadas incidentalmente, de las que 37 son capturadas con redes, 22 con el uso de anzuelos, y 8 se capturan de manera simultánea por ambas pesquerías. Son dignas de mencionar la tortuga marina *Lepidochelys olivacea*, cuyos ejemplares casi siempre son liberados vivos, y las rayas de la familia *Mobulidae*, que son las únicas especies con estatus de riesgo [63] que inciden en esta pesquería y, al ser especies vedadas, no son aprovechadas, en tanto que la totalidad del resto de especies acompañantes que mueren son aprovechadas.

C. Efecto a nivel del ecosistema

Las actividades humanas en general, y la pesca en particular, producen un impacto en los ecosistemas donde se realizan, alterando su función y afectando los bienes y servicios que proveen, lo cual en ocasiones hace difícil separar los cambios que se producen como consecuencia de fenómenos naturales y los inducidos por las actividades humanas. La naturaleza y magnitud de estos cambios no son siempre predecibles, y algunos son irreversibles [73]. El impacto de las pesquerías en el ambiente ha sido descrito y revisado por diferentes autores [74], [75], [76], [77], [78], [79], comparándose su efecto en los ecosistemas acuáticos a los efectos de la agricultura en los ecosistemas terrestres, en cuanto a la proporción de la productividad primaria total extraída por los humanos [80].

La pesca puede afectar el ambiente de diferentes formas, ya sea mediante cambios en el medio físico al modificar la apariencia del entorno, cambios químicos al introducir sustancias que no están presentes o lo están en concentraciones menores, y cambios en la composición de las especies al extraer o matar a sus diversos componentes bióticos [81], [82].

Los cambios físicos provocados por la actividad pesquera pueden ser desde los provocados directamente por los equipos y métodos de pesca, como dragas, redes de arrastre, redes de enmalle, explosivos, hasta la introducción de estructuras como arrecifes artificiales o instalaciones para acuicultura o maricultura, lo cual puede alterar el hábitat de una manera notable. Con mucho, los equipos de pesca más polémicos son las redes de arrastre, ya que se cree que pueden causar un gran impacto en el medio, particularmente cuando se utilizan en fondos duros bien estructurados [76], [81] pero no existe evidencia concluyente de que su impacto sea tan grande ni duradero en fondos dinámicos blandos (lodos o arena) [74], [79], [83], [85]. La magnitud del daño está relacionada a la frecuencia de pesca, velocidad de arrastre, peso de los equipos de pesca y su aparejamiento, pues el agregar cadenas más pesadas a la relinga de arrastre incrementa las capturas de la especie objetivo, pero también de las

no objetivo, además de que también aumenta la abrasión sobre el fondo y la turbidez [74], [75], [84], [85].

TABLA IV. ESPECIES CAPTURADAS INCIDENTALMENTE EN LAS PESQUERÍAS DE ATÚN ALETA AMARILLA. PESCA DE ALTURA (A); PESCA RIBEREÑA CON REDES (RR); PESCA RIBEREÑA CON ANZUELOS (AR); IMPORTANTE COMERCIALMENTE (IC); AMENAZADA (A); PROHIBIDA LA PESCA COMERCIAL (PP); SIN IMPORTANCIA APARENTE (SIA); PESCA DEPORTIVA (PD); PROTEGIDAS (PR), EN PELIGRO DE EXTINCIÓN (PE).

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	A	RR	AR	Nombre común	Leyes y NOM ¹	Estatus ²
Cephalopoda	Teuthida	Ommastrephidae	<i>Dosidicus</i>	<i>D. gigas</i>	X			Calamar gigante		IC
Chondrichthyes	Orectolebiformes	Rhincodontidae	<i>Rhincodon</i>	<i>R. typus</i>	X			Tiburón ballena	NOM-059-ECOL-2001 NOM-029-PESC-2006	A, PP
	Lamniformes	Alopiidae	<i>Alopias</i>	<i>A. pelagicus</i>	X		X	Tiburón zorro	SN	IC
		Lamnidae	<i>Isurus</i>	<i>I. oxyrinchus</i>	X			Tiburón mako		IC
	Carcharhiniformes	Carcharhinidae	<i>Carcharhinus</i>	<i>C. falciformis</i>	X		X	Tiburón sedoso		IC
				<i>C. limbatus</i>	X		X	Tiburón volador		IC
				<i>C. longimanus</i>	X			Tiburón punta blanca		IC
				<i>C. obscurus</i>	X			Tiburón prieto		IC
			<i>Galeocerdo</i>	<i>G. cuvier</i>	X		X	Tintorera, Tiburón tigre		IC
			<i>Prionace</i>	<i>P. glauca</i>	X			Tiburón azul		IC
		Sphyrnidae	<i>Sphyrna</i>	<i>S. lewini</i>	X	X	X	Cornuda negra		IC
				<i>S. mokarran</i>	X		X	Cornuda blanca		IC
				<i>S. zygaena</i>	X		X	Tiburón martillo		IC
	Myliobatiformes	Dasyatidae	<i>Pteroplatytrygon</i>	<i>P. violacea</i>	X			Raya morada		IC
		Myliobatoidae	<i>Rhinoptera</i>	<i>R. steindachneri</i>	X	X		Teclota		IC
				<i>M. birostris</i>	X			Manta gigante	NOM-029-PESC-2006	PP
				<i>M. japonica</i>	X	X		Mantarayas	NOM-029-PESC-2006	PP
				<i>M. munkiana</i>	X	X		Mantarayas	NOM-029-PESC-2006	PP
				<i>M. thurstoni</i>	X	X		Mantarayas	NOM-029-PESC-2006	PP
Actinopterygii	Gonorynchiformes	Chanidae	<i>Chanos</i>	<i>C. chanos</i>	X	X		Sábalo	LGPAS	PD
	Syngnathiformes	Fistulariidae	<i>Fistularia</i>	<i>F. commersonii</i>	X			Trompeta		SIA
				<i>F. corneta</i>	X			Trompeta		SIA
	Perciformes	Coryphaenidae	<i>Coryphaena</i>	<i>C. equiselis</i>	X	X	X	Dorado	LGPAS	PD
				<i>C. hippurus</i>	X	X	X	Dorado	LGPAS	PD
		Carangidae	<i>Caranx</i>	<i>C. caballus</i>	X	X		Cocinero		IC
				<i>C. caninus</i>	X	X		Jurel		IC
				<i>C. sexfasciatus</i>	X	X		Ojo de perra		IC
			<i>Decapterus</i>	<i>D. macarellus</i>	X			Ojotón caballa		IC
			<i>Gnathanodon</i>	<i>G. speciosus</i>	X			Doradita		IC
			<i>Elagatis</i>	<i>E. bipinnulata</i>	X	X		Salema de altura		IC
			<i>Seriola</i>	<i>S. peruana</i>	X	X		Dorada		IC
				<i>S. rivoliana</i>	X	X		Medregal		IC
			<i>Trachinotus</i>	<i>T. rodophus</i>	X	X		Palometa rayada		IC
				<i>T. kennedyi</i>	X	X		Palometa		IC
		Lobotidae	<i>Lobotes</i>	<i>L. pacificus</i>	X			Cherna		IC
		Lutjanidae	<i>Lutjanus</i>	<i>L. colorado</i>		X		Pargo listoncillo		IC
				<i>L. peru</i>		X		Huachinago		IC
				<i>L. novemfasciatus</i>		X		Pargo colmillón		IC
		Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>H. flaviguttatum</i>		X		Blanquito		IC
				<i>H. sexfasciatum</i>		X		Burro, bacoco		IC
				<i>H. maculicauda</i>		X		Blanquito		IC
		Kyphosidae	<i>Sectator</i>	<i>S. oscyurus</i>	X	X		Salema		IC
			<i>Kyphosus</i>	<i>K. analogus</i>	X	X		Chopa		IC
				<i>K. elegans</i>	X	X		Chopa		IC
				<i>C. zonatus</i>	X	X		Zapatera		IC
		Ephippidae	<i>Chaetodipterus</i>	<i>C. zonatus</i>	X	X		Zapatera		IC
		Scombridae	<i>Auxis</i>	<i>A. thazard</i>	X	X	X	Salmonete		IC
				<i>A. rochei</i>	X			Bala		IC
			<i>Acanthocybium</i>	<i>A. solandri</i>	X			Wahoo		IC
			<i>Euthynnus</i>	<i>E. lineatus</i>	X	X	X	Barrilete negro		IC
			<i>Katsuwonus</i>	<i>K. pelamis</i>	X	X	X	Tuna		IC
			<i>Sarda</i>	<i>S. orientalis</i>	X	X	X	Barrilete de diente		IC
			<i>Scomber</i>	<i>S. japonicus</i>	X	X		Barrilete de diente		IC
			<i>Scomberomorus</i>	<i>S. sierra</i>	X	X		Sierra		IC
				<i>T. albacares</i>	X	X	X	Atún aleta amarilla		IC
				<i>T. obesus</i>	X			Atún ojo		IC
		Xiphiidae	<i>Xiphias</i>	<i>X. gladius</i>	X		X	Pez espada	LGPAS	PD, IC*
		Istiophoridae	<i>Istiopax</i>	<i>I. indica</i>	X		X	Marlin negro	LGPAS	PD
			<i>Istiophorus</i>	<i>I. platypterus</i>	X		X	Pez vela	LGPAS	PD
			<i>Makaira</i>	<i>M. nigricans</i>	X		X	Marlin azul	LGPAS	PD
			<i>Kajikia</i>	<i>K. audax</i>	X		X	Marlin rayado	LGPAS	PD
			<i>Tetrapturus</i>	<i>T. angustirostris</i>	X			Aguja corta	LGPAS	PD
		Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Balistes</i>	X	X		Cuche		IC
				<i>Canthidermis</i>	X	X		Bolsa		SIA
			<i>Pseudobalistes</i>	<i>P. naufragium</i>	X	X		Bolsa		SIA
			<i>Sufflamen</i>	<i>S. verres</i>	X	X		Bolsa		IC
		Monacanthidae	<i>Aluterus</i>	<i>A. monoceros</i>	X	X		Bolsa de altura		IC
				<i>A. scriptus</i>	X	X		Bolsa de altura		IC
		Tetraodontidae	<i>Lagocephalus</i>	<i>L. lagocephalus</i>	X			Conejo		SIA
		Molidae	<i>Masturus</i>	<i>M. lanceolatus</i>	X		X	Pez luna		SI
Reptilia	Testudinides	Chelonidae	<i>Eretmochelys</i>	<i>E. imbricata</i>	X		X	Tortuga de carey	NOM-059-ECOL-2001	PE
			<i>Caretta</i>	<i>C. caretta</i>	X		X	Caguama	NOM-059-ECOL-2001	PE
			<i>Chelonia</i>	<i>C. agassizii</i>	X		X	Tortuga negra	NOM-059-ECOL-2001	PE
				<i>C. mydas</i>	X			Caguama	NOM-059-ECOL-2001	PE
			<i>Lepidochelys</i>	<i>L. olivacea</i>	X		X	Tortuga verde	NOM-059-ECOL-2001	PE
Aves	Caradriformes	Laridae	<i>Sterna</i>	<i>S. fuscata</i>	X			Golondrina negra		SIA
Mammalia	Cetacea	Delphinidae	<i>Delphinus</i>	<i>D. delphis</i>	X			Delfín	NOM-059-ECOL-2001	PR
				<i>S. attenuata</i>	X			Delfín manchado	NOM-059-ECOL-2001	PR
				<i>S. bredanensis</i>	X			Delfín de dientes rugosos	NOM-059-ECOL-2001	PR
				<i>S. coeruleoalba</i>	X			Delfín listado	NOM-059-ECOL-2001	PR
				<i>S. longirostris</i>	1			Delfín tornillo	NOM-059-ECOL-2001	PR

Fuentes: [19], [58], [59], [60], [61], [68],[69], [70].

Esta característica de las redes de arrastre de perturbar el fondo marino podría tener un efecto importante en la biodiversidad de especies bentónicas en el Pacífico Sur de México, ya que frente a los estados de Oaxaca y Chiapas se encuentra una importante zona de pesca de camarón, donde opera una importante flota pesquera con redes de arrastre [86], [87]. Sin embargo, aunque se han efectuado algunos estudios en la zona para describir la composición y capturas de la fauna de acompañamiento en esta pesquería [18], [87], no se han efectuado estudios tendientes a evaluar el posible impacto de las redes de arrastre, ni en las comunidades bentónicas ni en el fondo marino.

Se ha comprobado que agregando aditamentos o modificando el diseño de las redes de arrastre es posible reducir el impacto generado sobre el fondo, así como la captura y mortalidad de especies no objetivo [88], [89], [90]. Algunos de los aditamentos utilizados de manera obligatoria en el Pacífico Sur de México incluyen excluidores de tortugas marinas de diferentes diseños y excluidores de peces [91]. La autoridad pesquera ha promovido el uso de diseños alternativos de redes de arrastre con la finalidad de reducir la captura de fauna de acompañamiento y hacer más eficiente la operación de los equipos de pesca, aunque de manera incipiente y dando preponderancia al punto de vista técnico y económico [88], no tomando en cuenta el punto de vista del impacto sobre el fondo marino.

Dado que la zona de pesca de camarón frente a los estados de Oaxaca y Chiapas está conformada por fondos lodosos y arenosos [92] podría sospecharse que, al igual que en otras regiones similares, el impacto sobre el fondo es inmediato pero de corto efecto [74], [77], [79], [83], [93], [94], aunque se desconoce el impacto a mediano y largo plazo sobre el ensamble de especies.

Parte de los problemas ocasionados por los equipos de pesca está asociado a la baja selectividad, problema que ha sido revisado por diversos autores y que tal vez nunca será resuelto. Esto implica la captura incidental de especies no objetivo, parte de las cuales podrían no tener valor comercial o ser muy escaso localmente, por lo que se descartan en cantidades nada despreciables [76], [95], lo que ocasiona un incremento de la disponibilidad de alimento para las especies carroñeras. Se ha estimado que los descartes realizados por la pesca de arrastre en la región del Pacífico Sur de México en el periodo de 1978 a 1995, fueron en promedio, de 118,624 ton/año [87] aunque no existen evaluaciones publicadas en periodos recientes, una vez introducidos los excluidores de tortugas marinas y peces.

En cuanto a los cambios en la composición de las especies, se ha documentado que la pesca afecta tanto a las especies objetivo, como a especies relacionadas, al extraer o matar a sus diversos componentes bióticos [76], [78], reduciendo su abundancia y potencial reproductivo, lo que posiblemente incide en sus parámetros poblacionales (crecimiento, maduración, etc.), modificando la estructura de tallas y edades, proporción de sexos, relaciones tróficas y en general, la estructura de la comunidad, lo que puede afectar incluso procesos ecológicos a gran escala. La pesca transforma un ecosistema originalmente estable, maduro y eficiente en uno inmaduro y sujeto a diferentes tipos de presiones, ya que modifica las cadenas tróficas y el flujo de biomasa y energía a través de él [96]. La pesca puede producir cambios en la productividad de las especies afectadas, sean el objetivo de la pesca o no. Algunos de estos cambios pueden ser positivos, pero la mayoría son negativos [82], [97].

El impacto de la pesca sobre las especies asociadas y dependientes se ha documentado en algunas áreas [76], [78] aunque frecuentemente es un tema desconocido o solo entendido parcialmente. La remoción de forrajeros en la base de la cadena alimenticia reduce la disponibilidad de alimento en niveles superiores y, recíprocamente, la remoción de depredadores tope como mamíferos, túnidos o tiburones, puede resultar en un aumento inusual de presas en bajos niveles tróficos, ambos con efecto de cascada y retroalimentación sobre la cadena alimenticia y la composición de las especies [76],[89], [98], [99].

Para el caso de la pesca de camarón con redes de arrastre llevada a cabo en el Golfo de Tehuantepec, existen varios antecedentes que proporcionan información respecto a la captura incidental de especies de

peces, tal es el caso de Ramírez Hernández et al. [100], que reportan una riqueza de 66 especies, Secretaría de Marina [101] que reporta 76 especies, Acal y Arias [102] hablan de 292 especies, Bianchi [103] reporta 230, Tapia-García y García-Abad [87] encuentra 178 especies y Martínez-Muñoz [18], quien registra 229 especies para la misma zona. Aunque pudiera percibirse un incremento gradual en el número de especies identificadas desde 1964 a 1990, puede atribuirse a una baja efectividad del trabajo taxonómico realizado para los primeros documentos, debida a la carencia de bibliografía adecuada, caso común en las regiones tropicales altamente diversas [104]. La heterogeneidad en los métodos de muestreo, artes de pesca, esfuerzo aplicado y análisis taxonómico y/o numérico por los diferentes autores dificulta la comparación entre los trabajos citados, de los cuales solo los dos últimos proveen información compatible, ya que Acal y Arias [102] y Bianchi [103], también abarcan parte o toda la costa de Centroamérica, en tanto que Tapia-García y García-Abad [87] y Martínez-Muñoz [18] se restringen a la zona mexicana dentro de los límites del Golfo de Tehuantepec.

Tapia-García y García-Abad [87] basaron su análisis en muestreos realizados de 1989 a 1990, las cuales cubrieron las diferentes épocas climáticas, aunque no de ambos años. Martínez-Muñoz [18] obtuvo sus resultados a partir de muestreos mensuales únicamente durante los meses de veda del camarón (de marzo a agosto) de 2003 a 2005. Pese a la diferencia en el tamaño de muestra, los métodos de análisis taxonómico y numérico fueron considerados compatibles para llevar a cabo una comparación. La diversidad, estimada con el índice de Shannon-Wiener (H'), es reportada por ambos autores por campaña de muestreo. El intervalo de valores reportado por Tapia-García y García-Abad [87] para el periodo de 1989-1990 va de 0.7 a 1.17, en tanto que para el periodo de 2003-2005, Martínez-Muñoz [18] registra valores de 0.2 a 1.9, mismos que amplían el espectro registrado en el primer caso, lo cual puede ser efecto de la diferencia en el esfuerzo de muestreo o efecto simplemente de la variabilidad y puede aún considerarse menos significativa tal diferencia dado que el primer rango se encuentra dentro de los límites del segundo, con simetría notablemente central. Sin embargo, ninguno de los autores ofrece valores de equidad o dominancia, que por otra parte no reflejan directamente cambios en el ensamblaje de especies.

En ambos trabajos el criterio utilizado para definir a las especies dominantes fue similar: aquellas que en al menos una campaña de muestreo representaron como mínimo el 1% del total de la captura y que en conjunto sumaron alrededor del 80% de la captura total (Tabla 5). En este sentido, se observan diferencias en cuanto al número de especies que en uno u otro periodo resultaron dominantes, pero mostrando una coincidencia con respecto a las especies que consideraron como dominantes, aunque para el periodo más reciente el número de especies es mayor y el porcentaje que representaron de la captura total fue menor, a excepción de *Haemulopsis axillaris* y *Syacium ovale* que duplicaron su abundancia relativa. Para 1989-1990 existe una dominancia marcada por la especie *Orthopristis chalceus*, a quien Tapia-García y García-Abad [87] mencionan como muy abundante en 4 de las 5 campañas de muestreo realizadas, y que sin embargo para el periodo de 2003-2005 Martínez-Muñoz [18] la encuentra con abundancias menores al 1% en todos sus muestreos, por lo que no figura entre las especies dominantes de dicho periodo. La magnitud de esta diferencia indica un cambio en la estructura de la comunidad de peces demersales del Golfo de Tehuantepec, si bien esto no se refleja de manera clara en los valores de H' .

Para el periodo 1989-1990, el autor cita a las especies de *Orthopristis* como *O. chalceus*, *O. reddingi* y *O. chalceus/reddingi*. Dado que no hay reportes de *O. reddingi* para la zona por otros autores, se asumió que se trata de una sola especie y los valores de abundancia, en el caso de que se presentaran como diferentes, fueron sumados. Las especies *Haemulopsis axillaris* y *H. nitidus* reportadas por Martínez-Muñoz [18], de acuerdo a la nomenclatura aceptada actualmente, son reportadas por Tapia García y García-Abad [87] como *Pomadasyx axillaris* y *P. nitidus*, respectivamente. Martínez-Muñoz [18] reporta la especie *Haemulopsis scudderii*, sinónimo de *Haemulon scudderii* Gill, 1862, aunque Tapia García [87] no reporta dicha especie como presente en la fauna de acompañamiento de 1989 a

1990. Por otra parte para el lapso más reciente de 2003-2005, el autor incluye en su listado de especies abundantes a *Porichthys analis*, especie de distribución más norteña y no ha sido reportada para el Golfo de Tehuantepec, probablemente se trata de una confusión en la identificación con *P. margaritatus* [87] [101], [102], [103], especie del género presente en la zona, pero no reportada anteriormente como abundante.

TABLA V. ABUNDANCIA RELATIVA PROMEDIO DE LAS ESPECIES DE PECES DOMINANTES EN LA FAUNA DE ACOMPAÑAMIENTO DE LA PESCA ARRASTRERA DE CAMARÓN EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC, PARA LOS PERIODOS DE 1989-1990 (TAPIA-GARCÍA, 1998) Y 2003-2005 (MARTÍNEZ-MUÑOZ, 2012). (-) NO FUE ABUNDANTE.

ESPECIE	Porcentaje, en número de organismos, de la captura total	
	1989-1990	2003-2005
<i>Orthopristis chalceus</i>	33.9	-
<i>Selene peruviana</i>	9.9	5.2
<i>Scorpaena russula</i>	9.4	1.1
<i>Haemulopsis axillaris</i>	9.1	15.9
<i>Syacium latifrons</i>	8.0	4.2
<i>Bothus constellatus</i>	7.0	5.4
<i>Eucinostomus gracilis</i>	6.1	1.7
<i>Choloroscomus orqueta</i>	5.7	0.6
<i>Haemulopsis nitidus</i>	5.7	-
<i>Polydactylus approximans</i>	4.7	0.2
<i>Syacium ovale</i>	4.1	9.8
<i>Diapterus peruvianus</i>	4.0	4.9
<i>Haemulon scudderii</i>	-	1.4
<i>Larimus acclivis</i>	-	1.2
<i>Prionotus stephanophrys</i>	-	1.2
<i>Eucinostomus currani</i>	-	1.1
<i>Larimus argenteus</i>	-	0.9
<i>Urotrygon chilensis</i>	-	0.9
<i>Stellifer erycimba</i>	-	0.7
<i>Porichthys analis</i>	-	0.6
<i>Pseudupeneus grandisquamis</i>	-	0.3

La ictiofauna de acompañamiento capturada con redes camaroneras también ha sido evaluada en otras regiones del Pacífico de México, si bien los trabajos realizados tienen fechas y alcances diversos: Amezcua-Linares [105] encontró 141 especies en arrastres realizados en la plataforma continental de Guerrero; Nieto-Navarro et al. [106], limitados a la zona sur de Sinaloa y norte de Nayarit, reportan 103 especies; Rodríguez-Romero et al. [107], en un trabajo exhaustivo realizado en la porción oriental del Golfo de California, abarcando la costa de los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit, registraron 240 especies. De manera comparativa, para la sonda de Campeche, en el Golfo de México, Yáñez- Arancibia y Sánchez-Gil [108] reportan 120 especies. A partir de estos reportes es notable la diferencia en cuanto a la riqueza específica que se observa en el Golfo de Tehuantepec, reiterando la gran diversidad biológica que existe en el Pacífico Sur de México.

Bianchi et al. [104], en un trabajo comparativo de evaluación de la pesca en comunidades de peces demersales de Escocia, sometidas a pesca arrastrera de 1965 a 1995, encontraron un leve incremento del índice H' y de la riqueza de especies con el tiempo, aun cuando el índice de explotación no mostró un decremento significativo. Sin embargo los mismos autores discuten la dificultad en atribuir este

incremento a la adición de especies raras a la comunidad o bien a que los protocolos de investigación han sido cada vez más eficientes en la identificación de especies, aspecto ya comentado en este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] R. A. Mittermeier, y M. C. Goettsch, “La importancia de la diversidad biológica de México,” en México ante los retos de la biodiversidad, J. Sarukhán y R. Dirzo (comp.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. 1992, pp. 63-73.
- [2] J. Sarukhán, J. Soberón, and J. Larson-Guerra, “Biological Conservations in a High Beta-diversity Country,” in Biodiversity Science and Development: Towards a New Partnership, Di Castri, F. and T. Younès (eds.). CAB International. 1996, pp: 246-263.
- [3] O. Flores, y P. Gerez, “Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo,” UNAM/CONABIO, México, 1994.
- [4] Z. G. Castillo-Rodríguez, y F. Amezcua-Linares, “Biología y aprovechamiento del caracol morado *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853) (Gastropoda: Neogastropoda) en la costa de Oaxaca, México”. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, vol. 19, pp. 223-234, 1992.
- [5] E. Loa-Loza, L. Cervantes-Ábrego, y A. Durand-Smith, “Uso de la Biodiversidad,” en La diversidad biológica de México: Estudio de País. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, 1998, pp. 103-154.
- [6] K. E. Lunn, M. J. Villanueva-Noriega, and A. C. J. Vincent, “Souvenirs from the Sea: An Investigation into the Curio Trade in Echinoderms from Mexico,” Traffic Bulletin, vol. 22,1 pp. 19-32, 2008.
- [7] E. Romeu, “El arrecife como recurso,” Biodiversitas, vol 3, pp. 8-13, 1995.
- [8] P. K. Dayton, S. Thrush, T. Agardy, and J. Hofman, “Viewpoint: Environmental effects of marine fishing,” Aquatic conservation. Marine and Freshwater Ecosystems, vol 5, pp. 205-232, 1995.
- [9] National Research Council, “Understanding Marine Biodiversity: A Research Agenda for the Nation,” Committee on Biological Diversity in Marine Systems. National Academy Press, Washington, DC, 1995.
- [10] W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter, y V. Niem (ed.). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Roma: FAO, 1995.
- [11] E. Espino-Barr, E. G. Cabral-Solís, A. García-Boa y M. Puente-Gómez, “Especies marinas con valor comercial de la costa de Jalisco, México,” Primera Edición. SAGARPA. IPN. CRIP Manzanillo. México, 2004.
- [12] J. I. Fernández, P. Álvarez-Torres, F. Arreguín-Sánchez, L. G. López-Lemus, G. Ponce, A. Díaz-de-León, E. Arcos-Huitrón, and P. del Monte-Luna, “Coastal fisheries of Mexico,” en Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean, S. Salas, R. Chuenpagdee, A. Charles y J. C. Seijo Eds. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 544, 2011, pp. 231–284.
- [13] Comisión Nacional de Pesca, “Anuario Estadístico de Pesca,” CONAPESCA, 2012, Consultado en: <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx>
- [14] S. Salas, R. Chuenpagdee, A. Charles, and J. C. Seijo, “Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean: issues and trends,” en Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean, S. Salas, R. Chuenpagdee, A. Charles y J.C. Seijo Eds. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 544, 2011, pp. 1-12.
- [15] Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, “Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera,” Diario Oficial de la Federación, 2013. Consultado en: <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx>
- [16] R. M. Gutiérrez-Zavala, y E. Cabrera-Mancilla, “La pesca ribereña de Guerrero,” Instituto Nacional de la Pesca, 2012.

- [17] J. Gamboa-Contreras, y M. Tapia-García, “Invertebrados bentónicos de la plataforma continental interna,” en *El Golfo de Tehuantepec El Ecosistema y sus recursos*, M. Tapia, Ed. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, 1998, pp. 103-128.
- [18] Martínez-Muñoz, M.A. 2012. Estructura y distribución de la comunidad ictica acompañante de la pesca del camarón (Golfo de Tehuantepec. Pacífico Oriental, México). Tesis de Doctorado. Universidad de Barcelona, España. 635 p
- [19] M. C. Alejo-Plata, S. Ramos-Carrillo, y J. L. Cruz-Ruiz, “La pesca artesanal de tiburón en Salina Cruz, Oaxaca, México,” *Ciencia y Mar* 30, pp. 37-51, 2006.
- [20] S. R. Soriano-Velázquez, D. Acal-Sánchez, L. Castillo-Génis, N. Vázquez-Gómez, y C. E. Ramírez-Santiago, “Tiburón del Golfo de Tehuantepec,” en *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo*, Instituto Nacional de la Pesca, México, 2006, pp. 323-364.
- [21] G. Cerdaneres-Ladrón de Guevara, E. Morales-Bojórquez, S. Ramos-Carrillo, and G. González-Medina, “Variation in relative abundance and mean size of the sailfish *Istiophorus platypterus* caught by the artisanal fleet in the Gulf of Tehuantepec, Mexico,” *Ciencias Marinas* 38. pp. 551-62, 2012.
- [22] S. B. Hernández-Aguilar, L. A. Abitia-Cardenas, X. G. Moreno-Sánchez, M. Arellano-Martínez, and E. González-Rodríguez, “Trophic spectrum of the sailfish *Istiophorus platypterus* caught off Acapulco in the southern Mexican Pacific,” *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* vol. 93,4 pp. 1097-1104, 2013.
- [23] R. B. Ditton, and J. R. Stoll, “Social and Economic perspective on Recreational Billfish Fishery,” *Marine and Freshwater Research*, vol. 54, pp. 545-554, 2003.
- [24] J. C. Chavez-Comparan, and D.W. Fischer, “Economic valuation of the benefits of recreational fisheries in Manzanillo, Colima, Mexico,” *Tourism Economics*, vol. 7,4 pp. 331–345, 2001.
- [25] R. Froese, and K. Kesner-Reyes, “Impact of fishing on the abundance of marine species,” *International Council for Exploitation of the Sea ICES-CM/L 12*, Copenhagen, Denmark, 2002.
- [26] F. Arreguín-Sánchez, y E. Arcos Huitrón, “La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas,” *Hidrobiológica*, vol. 21,3 pp. 431-462, 2011.
- [27] G. W. Boehlert, “Biodiversity and the sustainability of marine fisheries,” *Oceanography*, vol. 9,1 28-35, 1996.
- [28] A. Challenger, R. Dirzo, J. C. López-Acosta, E. Mendoza, A. Lira-Noriega, e I. Cruz, “Factores de cambio y estado de la biodiversidad,” en *Capital natural de México vol II: Estado de conservación y tendencias de cambio*, CONABIO, México, pp. 37-73, 2009.
- [29] P. K. Dayton, S. Thrsh, and F. C. Coleman, “Ecological Effects of Fishing in Marine Ecosystems of the United States,” *Pew Oceans Commission*, Arlington, Virginia, 2002.
- [30] Naciones Unidas, “Convenio sobre la diversidad biológica,” Naciones Unidas, 1992 Consultado en: <http://www.cbd.int/>
- [31] P. J. Smith, “Genetic diversity of marine fisheries resources: possible impacts of fishing,” *FAO Fisheries Technical Paper 344*, FAO, Roma, 1994.
- [32] C. Barbraud, G. N. Tuck, R. Thomson, K. Delord, and H. Weimerskirch, “Fisheries Bycatch as an Inadvertent Human-Induced Evolutionary Mechanism,” *PLoS ONE*, vol. 8, num 4 doi:10.1371/journal.pone.0060353, 2013.
- [33] E. Kenchington, “The effects of fishing on species and genetic diversity,” en *Responsible Fisheries and in the Marine Ecosystem*, M. Sinclair y G. Valdimarsson Eds. Food and Agriculture Organization of the United Nations/CABI Publishing, Rome, 2003, pp. 235-253.
- [34] E. Kenchington, M. Heino, and E. E. Nielsen, “Managing marine genetic diversity: time for action?,” *ICES Journal of Marine Science*, vol. 60,6 pp.1172-1176, 2003.
- [35] T. Chauhan, and K. Rajiv, “Molecular markers and their applications in fisheries and aquaculture,” *Advances in Bioscience and Biotechnology*, vol. 1, pp. 281-291, 2010.

- [36] P. Díaz-Jaimes, and M. Uribe-Alcocer. 2006. Spatial differentiation in the eastern Pacific yellowfin tuna revealed by micro-satellite variation. *Fisheries Science* 72: 590-596
- [37] S. A. Appleyard, P. M. Grewe, B. H. Innes, and R. D. Ward, "Population structure of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western Pacific Ocean, inferred from microsatellite loci," *Marine Biology*, vol. 139, pp. 383-393, 2001.
- [38] B. Ely, J. Viñas, J. R. Alvarado-Bremer, D. Black, L. Lucas, K. Covello, A. V. Labrie, and E. Thelen, "Consequences of the historical demography on the global population structure of two highly migratory cosmopolitan marine fishes: The yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*)," *BMC Evolutionary Biology*, vol. 5, pp. 1-19, 2005.
- [39] E. Sandoval-Castellanos, M. Uribe-Alcocer, y P. Díaz-Jaimes, "Diferenciación genética poblacional en robalos (Pisces: Centropomidae) del Pacífico mexicano," *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 21, pp. 35-41, 2005.
- [40] E. Castillo-Olguín, "Estructura genética poblacional de dos especies de tiburones (*Carcharhinus falciformis* y *Sphyrna lewini*) del Pacífico mexicano, Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología experimental), Facultad de Ciencias, UNAM, 2005.
- [41] E. Castillo-Olguín, M. Uribe-Alcocer, and P. Díaz-Jaimes, "Assessment of the population genetic structure of *Sphyrna lewini* to identify conservation units in the Mexican Pacific," *Ciencias Marinas*, vol. 38,4 pp. 635-652, 2012.
- [42] K. Enberg, C. Jørgensen, E. S. Dunlop, Ø. Varpe, D. S. Boukal, L. Baulier, S. Eliassen, and M. Heino, "Fishing-induced evolution of growth: concepts, mechanisms and the empirical evidence," *Marine Ecology*, vol. 33, pp. 1-25, 2012.
- [43] R. Law, "Fishing, selection, and phenotypic evolution," *ICES Journal of Marine Sciences*, 57, pp. 659-668, 2000.
- [44] Y. J. Shin, M. J. Rochet, S. Jennings, J. G. Field and H. Gislason, "Using size-based indicators to evaluate the ecosystem effects of fishing," *ICES Journal of Marine Science*, vol. 62, pp. 384-396, 2005.
- [45] S.C. Stearns, "The Evolution of Life Histories," Oxford University Press, Oxford, 1992.
- [46] M. Heino, and O. R. Godo, "Fisheries-induced selection pressures in the context of sustainable fisheries," *Bulletin of Marine Science*, vol. 70, pp. 639-656, 2002.
- [47] D. Policansky, "Fishing as a cause of evolution in fishes," en *The Exploitation of Evolving Resources*, T. K. Stokes, J.M. McGlade and R. Law Eds. Springer-Verlag, Berlin, 1993, pp. 8-18.
- [48] G. Cerdaneres-Ladrón de Guevara, E. Morales-Bojórquez, C. Rodríguez-Jaramillo, A. Hernández-Herrera and A. Abitia- Cárdenas, "Seasonal reproduction of sailfish *Istiophorus platypterus* from the southeast Mexican Pacific," *Marine Biology Research*, vol. 9, pp. 407-20, 2013.
- [49] D. M. T. Sharpe, and A. P. Hendry, "Life history change in commercially exploited fish stocks: an analysis of trends across studies," *Evolutionary Applications*, vol. 2, pp. 260-275, 2009.
- [50] P. D. Gingerich, "Rates of evolution on the time scale of the evolutionary process," *Genetica*, vol. 112,113 pp. 127-144, 2001.
- [51] M. T. Kinnison, and A.P. Hendry, "The pace of modern life II: from rates of contemporary microevolution to pattern and process," *Genetica*, vol. 112,113 pp. 145-164, 2001.
- [52] P. R. Grant, and R. B. Grant, "Unpredictable evolution in a 30-year study of Darwin's finches," *Science*, vol. 296, pp. 707-711, 2002.
- [53] A. B. Neuheimer, and C. T. Taggart, "Can changes in length-at-age and maturation timing in Scotian Shelf haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) be explained by fishing?," *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, vol. 67, pp. 854-865, 2010.
- [54] F. E. J. Fry, "The effect of environmental factors on the physiology of fish," en *Fish physiology*, Vol. 6, Environmental relations and behavior, W. S. Hoar and D. J. Randall Eds. Academic Press, New York, pp. 1-98, 1971.

- [55] S. P. Cox, and S. G. Hinch, "Changes in size at maturity of Fraser River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) (1952–1993) and associations with temperature," Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, vol. 54, pp. 1159-1165, 1997.
- [56] M. Cardinale, and J. Modin, "Changes in size-at-maturity of Baltic cod (*Gadus morhua*) during a period of large variations in stock size and environmental conditions," Fisheries Research, vol. 41, pp. 285-295, 1999.
- [57] A. N. Harris, and I. R. Poiner, "Changes in species composition of demersal fish fauna of Southeast Gulf of Carpentaria, Australia, after 20 years of fishing," Marine Biology, 111, pp. 503-519, 1991.
- [58] D. W. K. Au, and R. L. Pitman, "Seabird Interactions with Dolphins and Tuna in the Eastern Tropical Pacific," The Condor, vol. 88,3 pp. 304-317, 1986.
- [59] Inter-American Tropical Tuna Commission, "Segunda reunión del grupo de trabajo sobre captura incidental," La Jolla, California, EE.UU, 2000.
- [60] Inter-American Tropical Tuna Commission, "Tunas and billfishes in the Eastern Pacific ocean in 2004," Fishery Status Report, No. 3. 2005.
- [61] World Wildlife Fund, "Interacciones de la tortuga laúd y las flotas artesanales de Michoacán, Guerrero y Oaxaca (México)," Reporte técnico final de WWF para la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA), 2009. Consultado en: <http://www.wwf.org.mx>
- [62] J. P. Arias, y S. Ortega-García, "La alimentación del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental," El Vigía PNAAPD, vol. 12,31 pp. 8-9, 2007.
- [63] Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, "NOMF059FECOL-2001, Protección ambiental - especies nativas de México de Flora y Fauna Silvestres - Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio - Lista de Especies en Riesgo, Diario Oficial de la Federación, 2002 6 de marzo.
- [64] T. I. Lira, "Nuevo registro de *Balaenoptera musculus* Linnaeus 1758 (Mysticeti: Balaenopteridae) para la costa de Oaxaca, México," Revista Mexicana de Mastozoología, vol. 11, pp. 69-72, 2007.
- [65] V. M. Sánchez-Díaz, "Diversidad y abundancia de mamíferos marinos en la porción central de la costa de Oaxaca," Mastología Neotropical, vol. 13,2 pp. 278-280, 2006.
- [66] J. Meraz, y V.M. Sánchez-Díaz, "Los mamíferos marinos en la costa central de Oaxaca," Revista Mexicana de Biodiversidad, 79, pp. 143-151, 2008.
- [67] IUCN Red List of threatened species, "Red List Overview," 2014. Consultado en: <http://www.icnredlist.org>
- [68] M. E. Hernández-González, "Objetos flotantes en el pacífico oriental," El Vigía. PNAAPD, vol. 12,31 pp. 15-16. 2007.
- [69] C. E. Lennert-Cody, J. J. Roberts, and R. J. Stephenson, "Effects of gear characteristics on the presence of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the catches of the purse-seine fishery of the eastern Pacific Ocean," ICES Journal of Marine Science, num. 65, pp. 970–978, 2008.
- [70] J. G. Soto-Valencia, A. Rodríguez G., J.C. Román R., R.E. Morán A. y C. Eriso E., "Resultados preliminares de los hábitos alimenticios de delfines (*Stenella attenuata*, *Delphinus delphis*) capturados incidentalmente con red de cerco en el Océano Pacífico Oriental," El Vigía, Publicación especial, vol. 6,12 pp. 1-16, 2001
- [71] J. G. Vaca-Rodríguez, and M.J. Dreyfus-León, "A first approach to the management of the incidental catch of the eastern Pacific Mexican tuna fleet," Hidrobiológica, vol. 12, num 1, pp. 47-60, 2002.
- [72] J. G. Vaca-Rodríguez, and R. R. Enríquez-Andrade, "Analysis of the eastern Pacific yellowfin tuna fishery based on multiple management objectives," Ecological Modelling, num. 191, pp. 275–290, 2006.
- [73] N. L. Christensen, M. Batuska A., H. Brown J., S. Carpenter, C. Dantonio, R. Francis, F. Franklin J., A. Macmahon J., F. Noss R., G. Parsons D., H. Peterson C., G. Turner M., and G. Woodmansee N., "The

- report of the Ecological Society of America Committee on the Scientific Basis for Ecosystem Management,” *Ecological Applications*, vol. 6 num. 6, pp. 665-691, 1996.
- [74] J. B. Jones, “Environmental impact of trawling on the seabed: A review,” *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, vol. 26, pp. 59-67, 1992.
- [75] P. K. Dayton, F. Thrush S., T. Agardy and J. Hofman R., “Viewpoint: Environmental effects of marine fishing. Aquatic conservation,” *Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 5, pp. 205-232, 1995.
- [76] R. Goñi, “Ecosystem effects of marine fisheries: an overview,” *Ocean and Coastal Management*, vol. 40, pp. 37-64, 1998.
- [77] M. J. Kaiser, J. S. Collie, S. J. Hall, S. Jennings and I. R. Poiner, “Impacts of fishing gear on marine benthic habitats,” en *Responsible fisheries in the marine ecosystem*, M. Sinclair, and G. Valdimarsson Eds. Rome, Italy, and Wallingford, UK. FAO and CABI Publishing, 2003, pp. 197-216.
- [78] H. Gislason, “The effect of fishing on non-target species and ecosystem structure and function,” en *Responsible fisheries in the marine ecosystem*, M. Sinclair, and G. Valdimarsson Eds. Rome, Italy, and Wallingford, UK. FAO and CAB International, 2003, pp. 255-274.
- [79] M. J. López, S. Hernández V., C. Rábago Q., E. Herrera V. and R. Morales A., “Efectos Ecológicos de la Pesca de Arrastre de Camarón en el Golfo de California. Estado del Arte del desarrollo Tecnológico de las Artes de Pesca,” en *Situación del Sector Pesquero en México*, Jazmin B. Santinelli Coord. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Cámara de Diputados. LX Legislatura, 2007.
- [80] D. Pauly and V. Christensen, “Primary production required to sustain global fisheries,” *Nature*, vol. 374, pp. 255-257, 1995.
- [81] S. M., Garcia, A. Zerbi, C. Aliaume, T. Do Chi, and G. Lasserre, “The ecosystem approach to fisheries. Issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook,” FAO Fisheries Technical Paper. No. 443. Rome, FAO, 2003.
- [82] L. Watling, “The global destruction of bottom habitats by mobile fishing gear,” en *Marine Conservation Biology*, A. Norse and L.B. Crowder Eds. Island Press, Washington, 2005, pp. 198-210.
- [83] G. Padilla-Arredondo, M. S. Burrola-Sánchez, D. Urías-Laborín, S. Pedrín-Avilés, y M. del R. López-Tapia, “Dispersión de sedimento por efecto de redes de arrastre en la zona marina frente a “El Choyudo”, Municipio de Hermosillo, Sonora, México,” en *Efectos de la Pesca de Arrastre en el Golfo de California*, López Martínez J. y E. Morales Bojorquez Eds. CIBNOR y Fundación Produce Sonora, 2012, pp. 241-260.
- [84] M. J. Kaiser, and E. B. Spencer, “The effects of beam trawl on infaunal communities in different habitats,” *Journal of Animal Ecology*, vol. 65, pp. 348-358, 1996.
- [85] M. J. Kaiser, D. B. Edwards, P. J. Armstrong, K. Radford, N. E. Lough and H. D. Jones, “Changes in megafaunal benthic communities in different habitats after trawling disturbance,” *ICES Journal of Marine Science*, vol 55, pp. 353-361, 1998.
- [86] C. I. E. Reyna, y S. Ramos-Cruz, “La pesquería de Camarón de alta mar,” en *El Golfo de Tehuantepec El Ecosistema y sus Recursos*, M. Tapia-García, Ed. UAM Iztapalapa, 1998, pp. 163-178.
- [87] M. Tapia-García, y M. C. García-Abad, “Los peces acompañantes del camarón y su potencial como recurso en las costas de Oaxaca y Chiapas,” en *El Golfo de Tehuantepec El Ecosistema y sus Recursos*, M. Tapia-García, Ed. UAM Iztapalapa, 1998, pp. 163-178.
- [88] Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, “Selectividad de Sistemas de Pesca de Arrastre para Camarón, Implicaciones para el Ordenamiento Pesquero,” Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2003.
- [89] M. J. Moran, and P. C. Stephenson, “Effects of otter trawling on macrobenthos and management of demersal scalefish fisheries on the continental shelf of north-western Australia,” *ICES Journal of Marine Science*, vol. 57, num. 3, pp. 510-516, 2000.

- [90] R. Villaseñor-Talavera, "Pesca de Camarón con sistema de arrastre y cambios tecnológicos implementados para mitigar sus efectos en el ecosistema," en *Efectos de la Pesca de Arrastre en el Golfo de California*. López Martínez J. y E. Morales Bojorquez, Eds. CIBNOR y Fundación Produce Sonora. 2012, pp. 281-314.
- [91] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, "Norma Oficial Mexicana NOM-002-SAG/PESC-2013, Para ordenar el aprovechamiento de las especies de camarón en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos," *Diario Oficial de la Federación*, 11 de julio, 2013.
- [92] E. A. Carranza, E. Morales de la G., y L. Rosales H., "Tectónica, sedimentología y geoquímica," . en *El Golfo de Tehuantepec El Ecosistema y sus Recursos*, M. Tapia-García, Ed. UAM Iztapalapa, 1998, pp. 1-11.
- [93] J. F. Caddy, and J. C. Seijo, "Destructive Fishing Practices by Bottom Gears: a Broad Review of Research and Practice," *Ciencia Pesquera*, número especial vol. 19, pp. 5-58, 2011.
- [94] A. Sánchez, S. Aguñiga, D. Lluch-Belda, J. Camalich-Carpizo, P. Del Monte-Luna, G. Ponce-Díaz y F. Arreguín-Sánchez, "Geoquímica sedimentaria en áreas de pesca de arrastre y no arrastre de fondo en la costa de Sinaloa-Sonora, Golfo de California," *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 61,1 pp. 25-30, 2009.
- [95] D. L. Alverson, H. Freeberg M., G. Pope J., and A. Murawski S., "A Global Assessment of Fisheries By-catch and Discards," *FAO Fisheries Technical Papers T339*, Rome, 1994.
- [96] D. Pauly, "Theory and management of tropical multispecies stocks. A review, with emphasis on the Southeast demersal fisheries," *ICLARM Studies and Reviews*, vol. 1, pp. 35, 1979.
- [97] L. Bourillón, y J. Torre, "Áreas marinas protegidas del Golfo de California para mitigar los efectos de la pesca de arrastre en la biodiversidad: Limitaciones y propuesta de nuevo enfoque," en *Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California*, J. López-Martínez y E. Morales-Bojórquez, Eds. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Fundación Produce Sonora, México, 2012, Pp. 399-411.
- [98] A.W. Trites, "Food webs in the oceans: who eats whom and how much?," en: *Responsible fisheries in the marine ecosystem*, M. Sinclair, and G. Valdimarsson, Eds. Rome, Italy, and Wallingford, UK. FAO and CAB International, 2003, pp. 125-141.
- [99] J.D. Stevens, R. Bonfil, N.K. Dulvy and P.A. Walker, "The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems," *ICES Journal of Marine Science*, vol. 57, pp. 476-494, 2000.
- [100] E. Ramírez-Hernández, G. Carrillo and D. Lluch, "Investigaciones ictiológicas de las costas de Chiapas. Lista de peces colectados en las capturas camaroneras (agosto-septiembre 1959, abril-mayo-junio 1969)," *Secretaría de Industria y Comercio, Dir. Gral. Pes. Ind. Conn. México, Publ. Inst. Nal. Inv. Biol. Pesq.*, vol. 5, pp. 1-17, 1964.
- [101] Secretaría de Marina, "Estudio Oceanográfico del Golfo de Tehuantepec," Tomos I-III (Biología, Física y Química; Geología), Dirección General de Oceanografía, Talleres Gráficos de la Nación, México, 1978.
- [102] D. E. Acal, y A. Arias, "Evaluación de los recursos demerso-pelágicos vulnerables a redes de arrastre de fondo en el sur del Pacífico de México," *Ciencias Marinas*, vol. 16,3 pp. 93-129, 1990.
- [103] G. Bianchi, "Demersal assemblages of the continental shelf and slope edge between the Gulf of Tehuantepec (Mexico) and the Gulf of Papagayo (Costa Rica)," *Marine Ecology Progress Series*, vol. 73, pp. 121-140, 1991.
- [104] G. Bianchi, H. Gislason, K. Graham, L. Hill, X. Jin, K. Sainsbury, F. Sanchez, and K. Zwanenburg, "Impact of fishing on size composition and diversity of demersal fish communities," *ICES Journal of Marine Science*, vol. 57, pp. 558-571, 2000.
- [105] F. Amezcua-Linares, "Recursos potenciales de peces capturados con redes camaroneras en la costa del Pacífico de México," en *Recursos Pesqueros Potenciales de México: La Pesca Acompañante del Camarón*, Yáñez-Arancibia, A. Ed. Prog. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Inst. Nac. de Pesca, UNAM, México, D. F., 1985, Cap. 2 pp. 39-94.

- [106] J. T. Nieto-Navarro, M. Zetina-Rejón, F. Arreguín-Sánchez, D. S. Palacios-Salgado and F. Jordán, Changes in fish bycatch during the shrimp fishing season along the eastern coast of the mouth of the Gulf of California, *Journal of Applied Ichthyology*, vol. 29, pp. 610–616, 2013.
- [107] J. Rodríguez-Romero, J. López-Martínez, E. Herrera-Valdivia, S. Hernández-Vázquez, y A. Acevedo, “Elenco taxonómico de los peces acompañantes de la captura de camarón en la porción oriental del Golfo de California,” en *Efectos de la Pesca de Arrastre en el Golfo de California*, López Martínez J. y E. Morales Bojorquez Eds. CIBNOR y Fundación Produce Sonora, 2012, pp. 71-92.
- [108] A. Yáñez- Arancibia, y P. Sánchez-Gil, “Los peces demersales de la plataforma continental del sur del Golfo de México. 1. Caracterización ambiental, ecología y evaluación de las especies, poblaciones y comunidades,” *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Publicación Especial*, vol. 9, pp. 1-230, 1985.