

ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD Y SUSCEPTIBILIDAD DE LAS ESPECIES DE FAUNA DE ACOMPAÑAMIENTO DE LA PESQUERÍA DE MERLUZA EN EL GOLFO DE CALOIFORNIA, MÉXICO

INFORME

Juan Carlos Hernández Padilla

DICIEMBRE DE 2022

Introducción

La merluza del Pacífico Norte, merluza del Pacífico (*Merluccius productus*), se encuentra en el noreste del océano Pacífico, desde el norte de la isla de Vancouver hasta el norte del golfo de California. En México, la merluza del Pacífico Norte es una especie de importancia comercial en el norte del Golfo de California. La Merluza se concentra principalmente en la plataforma y talud continental a profundidades entre 40-1400 metros. Sin embargo, en el norte del Golfo de California se captura entre los 110 y 320 metros. La pesquería se desarrolla sobre agregaciones reproductivas de la especie, y se cuenta con 80 permisos para barcos de doble aparejo por popa. La tripulación está compuesta por 7-10 personas y la temporada de pesca tiene una duración de entre 4-5 meses cada año (Stavrinaky-Suárez, 2022). La pesquería cuenta con un esquema de manejo bien definido que especifica las zonas de pesca, el esfuerzo pesquero, tipo de acceso, talla mínima de captura, cuota de captura, unidad de pesca, duración de los viajes de pesca, artes de pesca y temporada de veda (DOF, 2018). Actualmente, la pesquería de merluza se encuentra en un Proyecto de Mejora Pesquera (FIP, por sus siglas en inglés) para tratar de hacer disponible toda la información sobre el recurso y encontrar potenciales mercados, bajo los estándares del MSC: 1) Sustentabilidad del stock, 2) Manejo efectivo y 3) impactos sobre el ecosistema.

En ese sentido, la merluza del norte del Golfo de California es capturada por buques industriales que utilizan redes de arrastre de media agua y de fondo que capturan principalmente merluza y tienen interacciones limitadas con otras especies. En la temporada de pesca 2022, la FAM representó cerca del 5% de la captura total registrada. La captura de FAM estuvo compuesta por 37 especies (61% peces, 31% tiburones y rayas, 8% crustáceos y <1% equinodermos). Sin embargo, 8 especies representaron el 90% de la captura de FAM: *Lepophidium negropinna*, *Mustelus henlei*, *Beringraja rhina*, *Stenocionops ovatum*, *Coelorinchus scaphopsis*, *Sebastes gilli*, *Porychthis analis* y *Mustelus californicus*. Dentro de las especies capturadas incidentalmente como FAM, más del 50% se retiene con fines comerciales y el <50% se descarta al mar (Zamora-García y Stavrinaky-Suárez, 2022). El estado de las poblaciones de la especie objetivo es saludable, y la presión pesquera (en términos de número de licencias) está limitada en función del total admisible de capturas. Los buques industriales están bien controlados en México mediante el uso de sistemas VMS. Aunque la información disponible sugiere que los impactos en el ecosistema son mínimos, es necesario generar más información e investigación sobre las especies que componen la fauna de acompañamiento.

Los métodos cuantitativos tradicionales para la evaluación de poblaciones son difíciles de utilizar para las especies que componen la fauna de acompañamiento de Merluza debido a que la información biológica es aún insuficiente. La investigación que complete esta información es indiscutible. Sin embargo, es necesario aplicar métodos de evaluación rápida para identificar las prioridades de investigación, así como para poner de relieve las especies más sensibles a la explotación pesquera que requieren medidas de protección adecuadas (Walker, 2007). El análisis de productividad y susceptibilidad (PSA), es un método relativamente nuevo y sencillo, especialmente útil en casos de escasa información (Milton, 2001;) como las especies de FAM. Este enfoque semicuantitativo puede utilizarse para definir las prioridades de investigación y, de este modo, sugerir posibles medidas de gestión, identificando especies vulnerables o grupos de especies puestas en peligro por determinadas perturbaciones, como la pesca (Hobday et al., 2011 Cortés et al., 2010). El objetivo de este trabajo fue identificar el nivel de vulnerabilidad de las especies que componen la fauna de acompañamiento de la pesquería de Merluza, para definir especies en las cuales se requiere prioridades de investigación futura.

Metodología

Zona de estudio

La zona de estudio para el Análisis de Productividad y Susceptibilidad de especies de las especies de Fauna de Acompañamiento de Merluza (FAM), comprende el área de pesca de la pesquería de Merluza dentro del Golfo de California, principalmente desde la plataforma y el talud continental a profundidades entre los 200 y 300 metros. En general, en verano el Golfo de California se calienta homogéneamente, distinto a lo que ocurre en el Pacífico. En esta época, los vientos son débiles lo que genera que el agua se evapore y ésta se calienta. En la zona centro-norte del Golfo de California se ha identificado un remolino justo en la zona de pesca de merluza, el cual podría estar incidiendo sobre su alimentación (Durazo com. pers.). Es probable que este remolino asegure el reclutamiento de Merluza y de algunas especies de FAM, lo que genera que la población de merluza, particularmente, sea altamente resiliente a distintas perturbaciones como sobrepesca y cambios en el ambiente (Hernández-Padilla et al., 2022). A los 200 metros, existe una termoclina muy marcada que es donde habita y se distribuye esencialmente la Merluza, por arriba de la termoclina no afecta a la Merluza, pero si a las especies de las cuales se alimenta ésta (Durazo com. pers.). Las condiciones de marea entre las grandes islas (Isla Tiburón e Isla Ángel de la Guarda) condicionan en gran medida el comportamiento de la Merluza en la zona de estudio y de las especies asociadas a ésta (Durazo com. pers.).

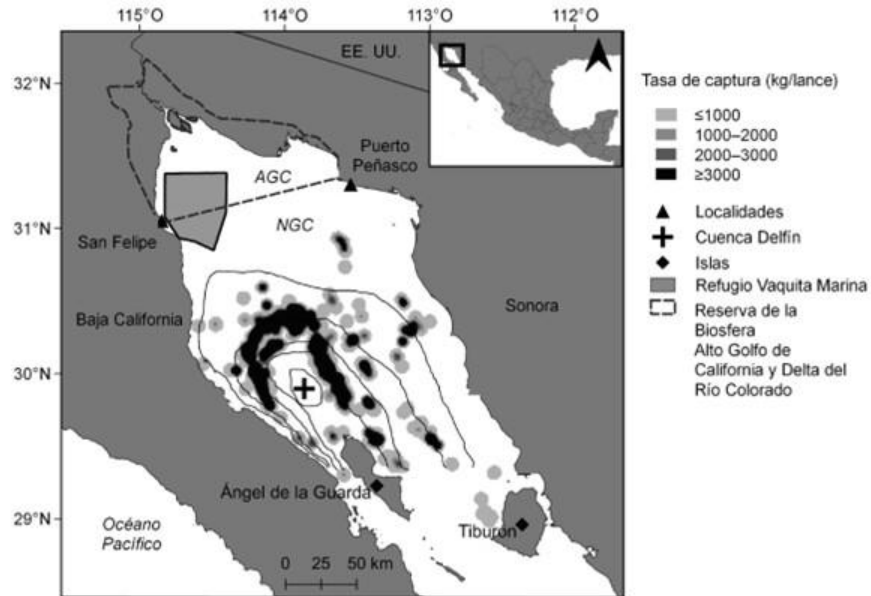


Figura 1. Mapa del área de estudio mostrando los caladeros principales y la tasa de captura de merluza norteña (*Merluccius productus*) registrada en el norte del golfo de California (NGC) en México durante las temporadas de pesca de enero–marzo durante 2015–2019. Tomado de Zamora-García (2021).

Análisis de Productividad y Susceptibilidad especies FAM

La vulnerabilidad relativa de las especies de componen la fauna de Acompañamiento de la pesquería de Merluza en el Golfo de California, México (37 especies de peces, 28 especies de tiburones y una de invertebrados) se evaluó utilizando una versión de EDF del PSA para pesquerías o recursos con pocos datos (Patrick et al., 2009; Dee et al., 2019; <http://nft.nefsc.noaa.gov/>). La productividad biológica se evaluó mediante un conjunto de atributos relacionados con los rasgos del ciclo vital de las especies evaluadas, (Material suplementario I, II y III). Los datos del ciclo vital de las especies de vida de las especies se obtuvieron de la literatura científica y gris (artículos científicos, tesis, reportes e informes técnicos) y de bases de datos en línea (FishBase, www.fishbase.org; SeaLifeBase, www.sealifebase.org, MolluscaBase, www.molluscabase.org). En conjunto, se utilizaron un total de siete atributos relacionados con la productividad de las especies tanto de peces, tiburones e invertebrados: edad máxima, talla máxima, coeficiente de crecimiento, mortalidad natural, fecundidad media, estrategia reproductiva y nivel trófico medio; en el caso de tiburones e invertebrados, además de estos atributos se considero la edad de madurez para considerar los efectos depensatorios con relación a la mortalidad natural.

La susceptibilidad de las especies se determinó con 10 atributos relacionados con aspectos como estrategias de manejo, superposición de áreas, concentración geográfica de las especies, migraciones estacionales, cardúmenes/agregaciones, morfología que afecta la selectividad entre otro (Material suplementario I, II y III). La información sobre cada uno de estos atributos se obtuvo de la literatura científica de las especies en la zona de estudio, informes de EDF, bases de datos de literatura en línea (FishBase, www.fishbase.org) y de fuentes oficiales mexicanas como la Carta Nacional Pesquera, que contiene datos de todas las pesquerías en México, incluyendo los instrumentos, acciones y estrategias de manejo actuales (DOF, 2018).

Los atributos de productividad y susceptibilidad para cada una de las especies de FAM se les asignó una puntuación independientemente en una escala de tres puntos, de alta (1) a baja (3) productividad y de baja (1) a alta (3) susceptibilidad (Saldaña-Ruiz et al., 2022; Pérez-Jiménez et al., 2022). Cada uno de los atributos en su escala tienen distintos valores que permiten definir el nivel de productividad y susceptibilidad de la especie a evaluar. Por ejemplo, para el caso del atributo de mortalidad natural, un valor <0.20 se considera como un nivel bajo de productividad, un valor entre 0.20-0.40 se considera una productividad moderada, mientras que un valor >0.40 se considera un nivel alto de productividad. Estos rangos de valores están asignados en función de la productividad de especies con ciclo contrastante, desde especies de ciclo de vida corto como camarones peneidos hasta especies de ciclo de vida largo como algunos tiburones. Cuando no se disponía de información para una especie, se utilizaron datos de otros géneros, familias o especies relacionadas o se asignó una puntuación intermedia siguiendo el principio de precaución del MSC (Hobday et al., 2011; MSC, 2014). Las puntuaciones de productividad (P) y susceptibilidad (S) se calcularon como el promedio de todos los atributos puntuados que fueron usados; estos atributos fueron mostrados en una tabla con valores y en un gráfico de dispersión x-y (PSA-Plot). La vulnerabilidad relativa se estimó calculando la distancia euclidiana desde el origen (X0-Y0) del PSA-Plot a las puntuaciones totales P y S mediante la siguiente ecuación empírica (MSC, 2020):

$$VR = \sqrt{(P - X_0)^2 + (S - Y_0)^2}$$

El gráfico de PSA se dividió en tres tercios iguales, que representaban cuatro categorías de vulnerabilidad relativa: baja ($VR < 1.8$), moderada ($2.0 < VR < 1.8$), alta ($2.2 \leq VR < 2.0$) y muy alta ($V \geq 2.2$) para ayudar a la interpretación general de la vulnerabilidad (Tabla 1;

Hobday et al., 2011). Las especies con mayor VR fueron las que obtuvieron mayores puntuaciones de productividad y susceptibilidad (Hobday et al., 2011).

Calidad de los datos de entrada

La información utilizada para evaluar los atributos de productividad y susceptibilidad se calificó sobre la base de la puntuación de la calidad de los datos de entrada y los criterios desarrollados por Patrick et al. (2010) para proporcionar detalles sobre la incertidumbre de los resultados de la vulnerabilidad, identificar las lagunas de datos y ayudar a la interpretación de los resultados generales de la vulnerabilidad global (Tabla 1).

La información se calificó sobre la base de cinco criterios que van desde los mejores hasta la ausencia de datos disponibles. La calidad de los datos (CD) se dividieron en tres categorías de calidad de datos: mala (>3,5), moderada (2,0-3,5) y buena (<2,0) para su visualización.

Tabla 1. Descripción de las puntuaciones utilizadas en la evaluación de la calidad de los datos (modificado de Patrick et al., 2010).

Puntuación	Calidad de datos	Descripción
1		Los mejores datos. La información se basa en datos recogidos para la especie en aguas mexicanas (por ejemplo, evaluación de la población rica en datos literatura científica)
2		Datos adecuados. La información se basa en una cobertura y corroboración limitadas, o por alguna otra razón, no es tan fiable como la puntuación 1
3		Datos limitados. Estimaciones con alta variación y confianza limitada o basadas en estudios de taxones o estrategias de vida similares (por ejemplo, género o familia similar)
4		Datos muy limitados. Información basada en la opinión de expertos o en revisiones generales de la literatura de una amplia gama de especies, o fuera de las aguas mexicanas
5		No hay datos. Cuando no hay datos disponibles

Resultados

Análisis de productividad y Susceptibilidad

Se evaluaron un total de 66 especies que forman parte de la Fauna de Acompañamiento de la pesquería de Merluza en el Golfo de California, México, 37 de peces óseos, 28 de tiburones y rayas y una de invertebrados. Las puntuaciones de productividad más altas fueron para los peces óseos seguido de algunos tiburones y rayas. En el caso de los peces, 8 especies (22%) tuvieron una productividad alta (> 2.5), las cuales incluyen a curvina blanca (*Cynoscion othonopterus*), Chano (*Micropogonias ectenes*, *Micropogonias megalops*), lenguado huarache (*Paralichthys californicus*), palometa plateada (*Peprilus simillimus*), carbonero (*Physiculus rastrelliger*), lenguado lenteja (*Pleuronichthys verticalis*) y chupalodo (*Porichthys analis*). Entre los peces con menor productividad biológica (< 1.8) fueron el conejo (*Caulolatilus affinis*), ratón (*Coelorinchus scaphosis*), baqueta (*Hyporthodus acanthistius*), baqueta plomuda (*Hyporthodus niplobles*), extranjero (*Paralabrax auguratus*) y jurel de castilla (*Seriola lalandi*). Entre los tiburones y rayas, las especies con la mayor productividad biológica fueron tripa grande (*Mustelus californicus*), raya redonda (*Urobatis halleri*) y tiburón inflado (*Cephaloscyllium ventriosum*) (10% de especies). Las especies con las menores puntuaciones de productividad fueron Trescher (*Alopias superciliosus*), Tripa (*Mustelus lunulatus*), raya bruja de Cortés (*Raja cortezensis*), raya bruja (*Raja inornata*), perro/angelito (*Squantina californica*), tiburón aguado prieto (*Echinorhinus cookei*), tiburón cañabota (*Hexanchus griseus*) y Gata (*Heterodontus mexicanus*) (29% de las especies). Estas tres últimas especies de tiburones y rayas resultaron con la menor productividad biológica entre todas las especies analizadas, incluyendo invertebrados y peces óseos (véase [Tabla 2 y 3](#)).

La susceptibilidad entre todas las especies evaluadas de peces óseos e invertebrados fue de baja a intermedia (1.4 – 2.2), mientras que en el caso de tiburones y rayas la susceptibilidad fue de media a alta (1.6 – 2.6). En el caso de los peces, las especies que presentaron valores más altos (2.0 – 2.1) fueron jurel de castilla (*Seriola lalandi*), rocote (*Sebastes gilli*), macarela (*Scomber japonicus*), sierra (*Scomberomorus sierra*), vaquita grabde (*Prionotus ruscarius*), colorado (*Pontinus sierra*), carbonero (*Physiculus rastrelliger*), lenguado huarache (*Paralichthys californicus*), sardinera (*Mycteroperca rosacea*), lenguado de profundidad (*Monoleme maculipina*), chano (*Micropogonias megalops*, *Micropogonias ectenes*), rape (*Lophiodes caulinaris*) y cabrilla doncella (*Hemanthias signifer*). En el caso de los tiburones y rayas las especies que mostraron los valores más altos de susceptibilidad (> 2.2) fueron Trescher (*Alopias superciliosus*), tiburón mamón (*Mustelus albipinnis*), tripa chica (*Mustelus henlei*), raya látigo morada (*Pteroplatytrygon violacea*) y raya velezi (*Raja velezi*) ([Tabla 2 y 3](#)).

La vulnerabilidad entre las 66 especies evaluadas fue alta para 16 (25%), moderada para 36 (54%) y baja para 14 (21%; [Figura 2](#)). En el caso de los peces óseos, 23 especies (62%) obtuvieron valores de vulnerabilidad moderado, mientras que solo 14 especies (38%) presentaron valores bajos de vulnerabilidad ([Figura 3](#)). Entre las especies con valores más altos de vulnerabilidad (> 1.5) fueron baqueta (*Hyporthodus acanthistius*), jurel de castilla (*Seriola lalandi*), ratón (*Coelorinchus scaphopsis*), sardinera (*Mycteroperca rosacea*), extranjero (*Paralabrax auroguttatus*) y baqueta plomuda (*Hyporthodus niphobles*). Particularmente, los tiburones y rayas fueron los que presentaron los valores más altos de vulnerabilidad entre todas las especies analizadas; 16 de ellas (57%) mostraron valores de vulnerabilidad altos y 12 (43%) valores moderados ([Figura 4](#)). Las especies con los valores más altos (> 2.1) fueron tiburón cañabota (*Hexanchus griseus*), tiburón aguado prieto (*Echinorhinus cookei*), trescher (*Alopias superciliosus*), tiburón gata (*Heterodontus mexicanus*) y tiburón mamón (*Mustelus albipinnis*).

Tabla 2. Puntuaciones globales y resultados del análisis de productividad y susceptibilidad (PSA) sólo para las especies de tiburones, rayas e invertebrados de FAM (n = 29). P=productividad, S=susceptibilidad, V=vulnerabilidad relativa, R=nivel de riesgo, CD=calidad de los datos de entrada.

Código spp	Grupo	Nombre científico	P	S	V	R	CD
1	Tiburones y rayas	<i>Alopias superciliosus</i>	1.3	2.2	2.1	Alto	Bueno
2	Tiburones y rayas	<i>Cephaloscyllium ventriosum</i>	1.9	2.0	1.5	Bajo	Bueno
3	Tiburones y rayas	<i>Dasyatis brevis</i>	1.3	1.9	1.9	Medio	Bueno
4	Tiburones y rayas	<i>Echinorhinus cookei</i>	1.0	2.1	2.3	Muy alto	Bueno
5	Tiburones y rayas	<i>Galeus piperatus</i>	1.5	1.6	1.6	Bajo	Bueno
6	Tiburones y rayas	<i>Gymnura marmorata</i>	1.6	2.1	1.8	Bajo	Bueno
7	Tiburones y rayas	<i>Hexanchus griseus</i>	1.0	2.1	2.3	Muy alto	Bueno
8	Tiburones y rayas	<i>Heterodontus mexicanus</i>	1.1	2.0	2.1	Alto	Bueno
9	Tiburones y rayas	<i>Hydrolagus collieri</i>	1.7	2.1	1.7	Bajo	Bueno
10	Tiburones y rayas	<i>Hydrolagus melanophasma</i>	1.6	1.8	1.6	Bajo	Bueno
11	Tiburones y rayas	<i>Mustelus albipinnis</i>	1.6	2.5	2.1	Alto	Bueno
12	Tiburones y rayas	<i>Mustelus californicus</i>	2.0	2.1	1.5	Bajo	Bueno
13	Tiburones y rayas	<i>Mustelus henlei</i>	1.8	2.5	2.0	Medio	Bueno
14	Tiburones y rayas	<i>Mustelus lunulatus</i>	1.3	2.1	2.0	Alto	Bueno

15	Tiburones y rayas	<i>Myliobatis californica</i>	1.6	2.0	1.7	Bajo	Bueno
16	Tiburones y rayas	<i>Paramaturus xaniurus</i>	1.5	1.6	1.6	Bajo	Bueno
17	Tiburones y rayas	<i>Pseudobatus productus</i>	1.5	2.0	1.8	Medio	Bueno
18	Tiburones y rayas	<i>Pteroplatytrygon violacea</i>	1.6	2.3	1.9	Medio	Bueno
19	Tiburones y rayas	<i>Raja cortezensis</i>	1.3	1.9	2.0	Medio	Bueno
20	Tiburones y rayas	<i>Raja inornata</i>	1.3	1.9	2.0	Medio	Bueno
21	Tiburones y rayas	<i>Raja rhina</i>	1.7	1.8	1.5	Bajo	Bueno
22	Tiburones y rayas	<i>Raja velezi</i>	1.7	2.3	1.8	Medio	Bueno
23	Tiburones y rayas	<i>Rhizoprionodon longurio</i>	1.6	2.1	1.8	Bajo	Bueno
24	Tiburones y rayas	<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1.9	2.0	1.5	Bajo	Bueno
25	Tiburones y rayas	<i>Squantina californica</i>	1.3	1.7	1.9	Medio	Bueno
26	Tiburones y rayas	<i>Torpedo californica</i>	1.4	1.8	1.8	Medio	Bueno
27	Tiburones y rayas	<i>Urobatis halleri</i>	2.2	2.0	1.3	Bajo	Bueno
28	Tiburones y rayas	<i>Zapteryx exasperata</i>	1.7	2.0	1.6	Bajo	Bueno
66	Invertebrados	<i>Dosidicus gigas</i>	2.3	1.9	1.2	Bajo	Bueno

Tabla 3. Puntuaciones globales y resultados del análisis de productividad y susceptibilidad (PSA) sólo para las especies de peces de FAM (n = 37). P=productividad, S=susceptibilidad, V=vulnerabilidad relativa, R=nivel de riesgo, CD=calidad de los datos de entrada.

Código spp	Grupo	Nombre científico	P	S	V	R	CD
29	Peces	<i>Brotola clarkae</i>	2.3	1.7	1.0	Bajo	Bueno
30	Peces	<i>Caulolatilus affinis</i>	1.8	1.7	1.4	Bajo	Bueno
31	Peces	<i>Coelorinchus scaphopsis</i>	1.8	1.9	1.5	Bajo	Bueno
32	Peces	<i>Cynoscion othonopterus</i>	2.6	1.5	0.7	Bajo	Bueno
33	Peces	<i>Epinephelus cifuentesi</i>	2.2	1.7	1.1	Bajo	Moderado
34	Peces	<i>Fowlerichthys avalonis</i>	2.0	1.7	1.2	Bajo	Bueno
35	Peces	<i>Haemulon flaviguttatum</i>	2.2	1.4	0.9	Bajo	Bueno
36	Peces	<i>Hemanthias peruanus</i>	2.2	1.9	1.2	Bajo	Bueno
37	Peces	<i>Hemanthias signifer</i>	2.2	2.0	1.3	Bajo	Bueno
38	Peces	<i>Hippoglossina tetraphthalma</i>	2.0	1.9	1.3	Bajo	Bueno
39	Peces	<i>Hyporthodus acanthistius</i>	1.6	2.0	1.7	Bajo	Bueno

40	Peces	<i>Hyporthodus niphobles</i>	1.8	1.8	1.5	Bajo	Bueno
41	Peces	<i>Lepophidium negropinna</i>	2.3	1.9	1.1	Bajo	Bueno
42	Peces	<i>Lophiodes caularis</i>	2.3	2.0	1.2	Bajo	Bueno
43	Peces	<i>Micropogonias ectenes</i>	2.8	2.0	1.0	Bajo	Moderado
44	Peces	<i>Micropogonias megalops</i>	2.8	2.0	1.0	Bajo	Moderado
45	Peces	<i>Monoleme maculipina</i>	2.0	2.0	1.4	Bajo	Bueno
46	Peces	<i>Mycteroperca rosacea</i>	1.9	2.0	1.5	Bajo	Bueno
47	Peces	<i>Mycteroperca xenarcha</i>	1.9	1.8	1.4	Bajo	Bueno
48	Peces	<i>Paralabrax auroguttatus</i>	1.8	1.8	1.5	Bajo	Bueno
49	Peces	<i>Paralichthys californicus</i>	2.6	2.0	1.1	Bajo	Bueno
50	Peces	<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	2.2	1.9	1.2	Bajo	Bueno
51	Peces	<i>Peprilus simillimus</i>	2.6	1.8	0.9	Bajo	Bueno
52	Peces	<i>Physiculus rastrelliger</i>	2.7	2.0	1.1	Bajo	Bueno
53	Peces	<i>Pleuronichthys verticalis</i>	2.7	1.8	0.8	Bajo	Bueno
54	Peces	<i>Porichthys analis</i>	2.5	1.6	0.8	Bajo	Bueno
55	Peces	<i>Pontinus sierra</i>	2.3	2.0	1.2	Bajo	Bueno
56	Peces	<i>Prionotus ruscarius</i>	2.4	2.0	1.0	Bajo	Bueno
57	Peces	<i>Prionotus stephanophrys</i>	2.4	1.6	0.9	Bajo	Bueno
58	Peces	<i>Scomberomorus concolor</i>	2.2	2.0	1.3	Bajo	Bueno
59	Peces	<i>Scorpaena guttata</i>	2.2	1.8	1.1	Bajo	Bueno
60	Peces	<i>Scomber japonicus</i>	2.4	2.1	1.3	Bajo	Bueno
61	Peces	<i>Sebastes gilli</i>	2.2	2.1	1.4	Bajo	Bueno
62	Peces	<i>Seriola lalandi</i>	1.8	2.1	1.6	Bajo	Bueno
63	Peces	<i>Trichiurus lepturus</i>	2.0	1.7	1.2	Bajo	Bueno
64	Peces	<i>Trachinus paitensis</i>	2.3	1.8	1.0	Bajo	Bueno
65	Peces	<i>Zalieutes elater</i>	2.3	1.7	0.9	Bajo	Bueno

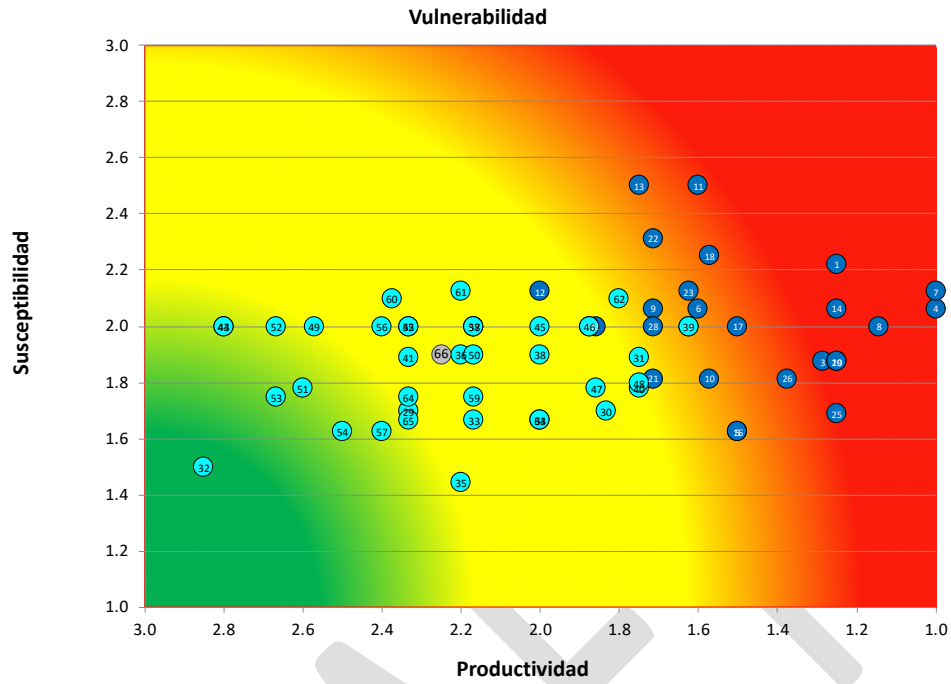


Figura 2. Valores de vulnerabilidad para todas las especies de peces, invertebrados, tiburones y rayas que forman parte de fauna de acompañamiento de la pesquería de Merluza en el Golfo de California, México. Azul marino: tiburones y rayas, Magenta: peces óseos y gris: invertebrados.

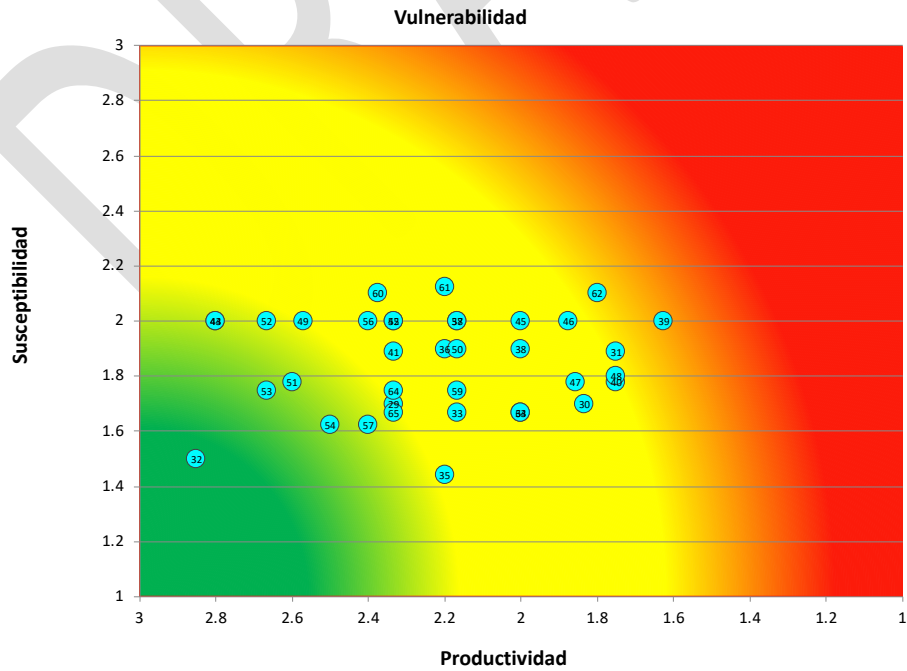


Figura 3. Valores de vulnerabilidad para las especies de peces óseos que forman parte de fauna de acompañamiento de la pesquería de Merluza en el Golfo de California, México.

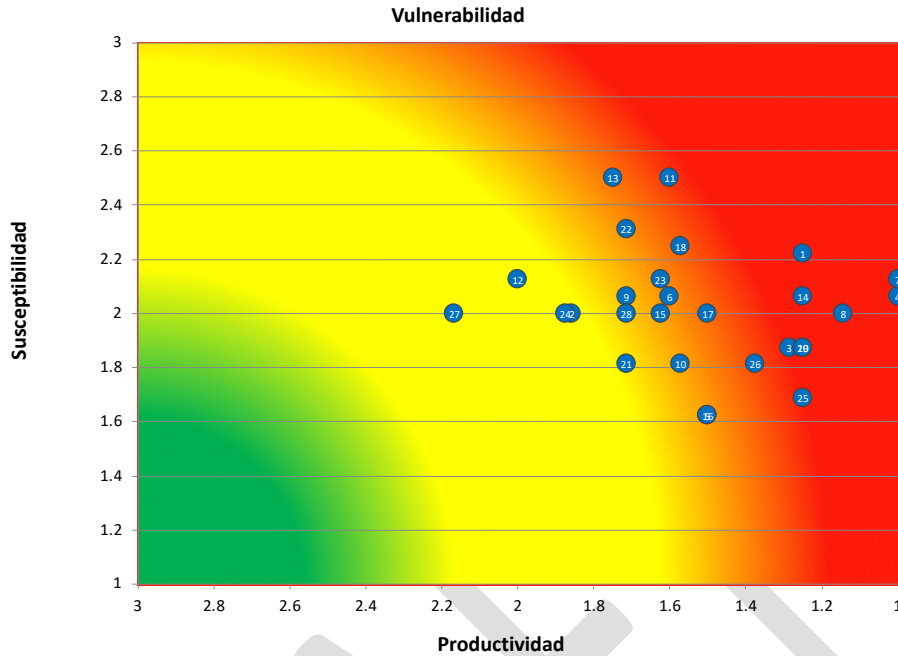


Figura 4. Valores de vulnerabilidad para las especies de tiburones y rayas que forman parte de fauna de acompañamiento de la pesquería de Merluza en el Golfo de California, México.

Contribución de las principales especies de FAM capturadas

De 2015 a 2022 entre 5-7 especies son las que contribuyen con más 80% de la captura de FAM. A lo largo del periodo de 2015-2022 las especies que más contribuyen a la captura de FAM son las del grupo de lenguas (*Brotola clarkae*, *Lepophidium negropinna*), las cuales ocupan el lugar 1 durante este periodo, con excepción del año 2016 donde se posicionaron en el lugar 2. Se identificó que la composición de las principales especies de FAM capturadas cambió entre los años analizados; para los años 2021 y 2022 algunas especies como cangrejo araña, tripas empiezan a cobrar una mayor importancia en las capturas (Tabla 4).

Con base en la estandarización de las capturas, con el índice de importancia relativa acumulado de 2015-2022 se identificó que las principales especies que contribuyen a la captura de FAM son Lenguas (34.42%), ratones (10.06%), cangrejo araña (7.27%), chupalodo (7.03%), rayas (5.39%) y tripas (5.06%) (Figura 5). El resto de las especies contribuyen con menos del 5% de la captura de FAM durante el periodo analizado.

Calidad de los datos de entrada

En el caso de las especies de peces óseos el 35% de estas obtuvieron una calidad de datos moderada, mientras que el 65% tuvieron una calidad de datos buena. Para los tiburones y rayas, el 100% de las especies obtuvieron una calidad de datos buena. Dentro de los tres grupos de especies analizadas, se observó que los mejores datos disponibles para las especies de fauna de acompañamiento de merluza corresponden a especies de tiburones y rayas, las cuales son especies emblemáticas dentro del Golfo de California, además de que varias de estas especies tienen una importancia económica importante (Tabla 2 y 3). Las especies de tiburones y rayas con los mejores datos (<1.2) fueron *Echinorhinus cookei*, *Heterodontus mexicanus*, *Hydrolagus colliei*, *Hydrolagus melanophasma*, *Mustelus lunulatus*, *Paramaturus xaniurus*, *Pteroplatytrygon violácea*, *Raja cortezensis*, *Raja inornata* y *Squatina californica*. En el caso de los peces óseos, las especies que los mejores datos de entrada (<1.2) fueron *Lophiodes caulinaris* y *Scomber japonicus*. Un total de 41 especies presentan datos de buena calidad, de las cuales 28 son de tiburones y rayas.

Tabla 4. Contribución en peso de las principales especies capturadas de Fauna de Acompañamiento de la pesquería de Merluza durante el periodo de 2015 a 2022.

		2015		2016		2017		2018	
No. Especies		37		39		41		20	
Volume (kg)		20,142		23,547		14,394		10,432	
Contribución peso (%)	Lenguas	27.6	Chano	40.5	Lenguas	40.9	Lenguas	48.7	
	Cangrejos	20.8	Lenguas	20.1	Centollas	14.9	Chupalodos	12.1	
	Granadero	15.9	Cangrejo araña	16.0	Chupalodos	7.7	Ratones	8.8	
	Rayas	10.1	Mantas	5.4	Rape	7.5	Rayas	5.2	
	Pez sapo	4.0	Lenguados	2.7	Cangrejos	6.7	Centollas	5.3	
	Estrella de mar	3.0			Rayas	4.9			
	Lenguados	2.4			Baqueta	3.8			
Contribución		83.9 (7)		84.7(7)		86.3 (3)		80.1 (5)	
		2019		2020		2021		2022	
No. Especies		36		34		18		30	
Volume (kg)		43,752		46,058		11,697		22,632	
Contribución peso (%)	Lenguas	40.7	Lenguas	30.1	Lenguas	39.2	Lenguas	40.7	
	Ratones	19.0	Ratones	17.7	Cangrejo araña	18.6	Tripa	18.7	
	Chupalodo	11.6	Cangrejo araña	13.6	Rayas	10.1	Rayas	9.1	
	Tripas	6.0	Chupalodo	9.4	Chupalodo	8.0	Cangrejos	8.0	
	Carbonero	4.9	Rayas	5.9	Tripa chica	7.7	Ratones	5.8	
			Tripas	4.1	Lupón	5.9	Rocote	4.8	
		Lenguados	2.8	Ratón	3.2	Chupalodo	4.0		
Contribución		82.2 (7)		83.7 (7)		92.6 (7)		91 (7)	

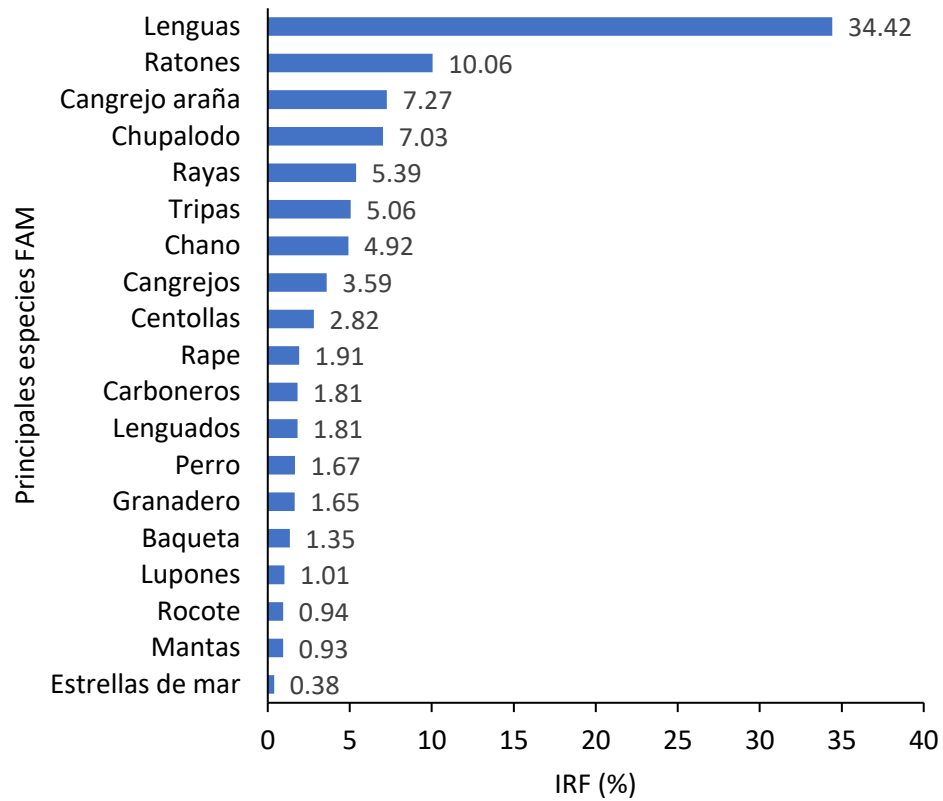


Figura 5. Importancia relativa acumulada de las capturas de Fauna de acompañamiento de merluza durante el periodo de 2015-2022.

Conclusiones y recomendaciones

- En este trabajo, los niveles de vulnerabilidad no representan un impacto negativo de la flota de Merluza sobre las especies que componen la fauna de acompañamiento, si no el nivel de importancia de las especies que requerirán un mayor esfuerzo de muestreo para la colecta de información. Con base en ello, en el mediano y largo plazo se podrán implementar distintos métodos para evaluar a las poblaciones de peces, invertebrados, tiburones y rayas con los valores más altos de vulnerabilidad.
- Las especies del grupo peces son las que presentaron los valores de productividad más altos, en las que se destacan la curvina (*Cynoscion othonopterus*), Chano (*Micropogonias ectenes*, *Micropogonias megalops*), lenguado huarache (*Paralichthys californicus*). Estas son especies que llegan a vivir hasta 9 años, presentan una tasa de crecimiento de alta a moderada, mortalidad natural alta, fecundidad media relativamente alta y no presentan un cuidado parental.
- El tiburón aguado prieto (*Echinorhinus cookei*), tiburón cañabota (*Hexanchus griseus*) y Gata (*Heterodontus mexicanus*) fueron las que presentaron las menores valores de productividad en relación a todas las especies analizadas. Son especies que presentan una talla máxima más grande comparada con las especies de peces y este parámetro influye en la productividad de las especies; además, presentan una fecundidad muy baja (<100 individuos) con fertilización interna.
- Las especies de tiburones y rayas como Trescher (*Alopias superciliosus*), tiburón mamón (*Mustelus albipinnis*), tripa chica (*Mustelus henlei*), raya látigo morada (*Pteroplatytrygon violacea*) y raya velezi (*Raja velezi*) son las que presentaron los mayores valores de susceptibilidad con base en todas las especies analizadas. Lo anterior, debido a que son recursos de importancia comercial dentro del Golfo de California, la probabilidad de supervivencia post-captura es relativamente baja, su morfología es un atributo que influye en la selectividad de las redes de arrastre usadas en la pesca de Merluza; todo ello a pesar de que son especies altamente migratorias.
- Las especies del grupo de tiburones y rayas, particularmente el tiburón cañabota (*Hexanchus griseus*), tiburón aguado prieto (*Echinorhinus cookei*), trescher (*Alopias superciliosus*), tiburón gata (*Heterodontus mexicanus*) y tiburón mamón (*Mustelus albipinnis*) son las que presentaron los valores de vulnerabilidad más altos entre todas las especies analizadas. Sin embargo, estas especies contribuyen con valores de captura acumulada de FAM durante el periodo de 2015-2022 relativamente bajos. En ese sentido, la flota de Merluza no genera un impacto negativo sobre las especies con los mayores valores de vulnerabilidad.

- De 2015 a 2022 entre 5-7 especies son las que contribuyen con más 80% de la captura de FAM. En el año 2015, lenguas, cangrejos, granadero, rayas, pez sapo, estrellas de mar y lenguados contribuyeron con el 83.9% de la captura de FAM, mientras que en 2022 lenguas, tripa, yaras, cangrejos, ratones, rocote y chupalado contribuyeron con el 91% de la captura de FAM.
- Se identificaron variaciones anuales en la composición de la captura de fauna de acompañamiento de merluza.
- Las principales especies que contribuyen a la captura de FAM son Lenguas, ratones, cangrejo araña, chupalodo, rayas y tripas.
- Se requiere continuar con el monitoreo de las especies de fauna de acompañamiento de la pesquería de Merluza, con especial énfasis en recursos que contribuyen mayormente a la captura de FAM.
- Para conocer los impactos de la pesquería de Merluza sobre las especies de FAM es necesario la evaluación de éstas a través de un enfoque de ecosistema tipo Ecopath.
- Resulta necesario evaluar las fuentes de incertidumbre asociadas a los cambios en el ambiente derivado de la variabilidad climática y del cambio climático con potenciales impactos sobre las especies de FAM (escenarios de riesgo).

Literatura citada

- Cortés, E., Arocha, F., Beerkircher, L., Carvalho, F., Domingo, A., Heupel, M., Holtzhausen, H., Santos, M.N., Ribera, M., Simpfendorfer, C., 2010. Ecological risk assessment of pelagic sharks caught in Atlantic pelagic longline fisheries. *Aquat. Living Resour.* 23, 25–34.
- Dee, L. E., Karr, K. A., Landesberg, C. J., & Thornhill, D. J. (2019). Assessing vulnerability of fish in the US marine aquarium trade. *Frontiers in Marine Science*, 5, 527.
- DOF. 2018. Carta Nacional Pesquera. *Diario Oficial de la Federación*. Acuerdo por el que se da a conocer la actualización de la Carta nacional Pesquera. México. 11 de junio de 2018.
- Hernández-Padilla, J.C., Arreguín-Sánchez, F., Zetina-Rejón, M.J., Seijo, J.C., Cisneros-Montemayor, A., Capetillo-Piñar, N., Salas, S. 2022. Is it possible to use fisheries management reference points based on changes in ecosystem structure and function? *Ciencia Pesquera*. *En Prensa*.
- Hobday, A. J., Smith, A. D. M., Stobutzki, I. C., Bulman, C., Daley, R., Dambacher, J. M. 2011. Ecological Risk Assessment for the Effects of Fishing. *Fish. Res.* 108, 372–384. doi: 10.1016/j.fishres.2011.01.013.
- Milton, D.A., 2001. Assessing the susceptibility to fishing of populations of rare trawl bycatch: sea snakes caught by Australia's Northern Prawn Fishery. *Biol. Conserv.* 101, 281–290.
- MSC. 2014. *MSC Fisheries Certification Requirements and Guidance* (London: Marine Stewardship Council). Version 2.0.
- Patrick, W. S., Spencer, P., Ormseth, O., Cope, J., Field, J., Kobayashi, D., et al. (2009). Use of Productivity and Susceptibility Indices to Determine Stock Vulnerability, with Example Applications to six U.S. fisheries. Washington, DC: U.S. Department of Commerce.
- Patrick, W. S., Spencer, P., Link, J., Cope, J., Field, J., Kobayashi, D. 2010. Using Productivity and Susceptibility Indices to Assess the Vulnerability of United States Fish Stocks to Overfishing. *Fish. Bull.* 108, 305–322.

Pérez-Jiménez, J. C., Núñez, A., González-Jaramillo, M., Mendoza-Carranza, M., Acosta-Cetina, J., Flores-Guzmán, A., & Rocha-Tejeda, L. 2022. Inferring ecosystem impacts of a small-scale snapper fishery through citizen science data, productivity and susceptibility analysis, and ecosystem modelling. *Fisheries Research*, 250, 106269.

Saldaña-Ruiz, L. E., Flores-Guzmán, A., Cisneros-Soberanis, F., Cuevas-Gómez, G. A., Gastélum-Nava, E., Rocha-Tejeda, L., Fernández-Rivera Melo, F. J. 2022. A Risk-Based Assessment to Advise the Responsible Consumption of Invertebrates, Elasmobranch, and Fishes of Commercial Interest in Mexico. *Frontiers in Marine Science*, 9, 866135.

Stavrinsky-Suárez, A. 2022. Pesquería de Merluza del Golfo de California. Environmental Defense Fund de México.

Walker, T.I., 2007. The state of research on chondrichthyan fishes. *Mar. Freshwater Res.* 58, 1–3.

Zamora-García, O., A. Stavrinsky-Suárez. 2022. Informe final del programa de técnicos a bordo de la pesquería de Merluza en el Golfo de California en 2022. Environmental Defense Fund de México.