



Análisis diagnóstico del impacto socio económico del cambio climático en México.

Autores: Leonardo Vázquez Vera y Fernando Aranceta Garza

Producto parcial 1C- correspondiente al documento: "Situación actual y proyecciones futuras del sector acuícola y pesquero en México frente al cambio climático".

Primer informe del proyecto Policy Paper: "Cambio Climático y Pesca en México".

Elaborado para: Environmental Defense Fund

Febrero 2021

El sector pesquero y acuícola mexicano

México ocupa el lugar número 17 entre los principales veinte países que en conjunto aportan el 74% del volumen mundial de pescados y mariscos (~80 millones de toneladas anuales) de acuerdo con el reporte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (CONAPESCA, 2018; FAO, 2020).

La pesca y acuicultura mexicana, provee empleo directo a 295,033 personas de las cuales 238,783 se dedican a la captura (75% ribereños, 5% industriales) y 56,250 a la acuicultura, esta es una estimación oficial de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA; PNPA, 2020). De acuerdo con los censos económicos del INEGI, en 2019 a nivel nacional había 213,246 personas que trabajaban directamente en la industria pesquera, de las cuales 25,590 (12%) se reconocían bajo el género femenino y 187,655 (88%) masculino (Pescando Datos, 2021).

Las actividades de captura y cultivo se realizan en todas las entidades federativas, no obstante, los 17 estados con litoral (con costa en el Pacífico, en el Golfo de México y en el Caribe) destacan por contar con la mayor población registrada oficialmente en el registro nacional de pesca y acuicultura (RNPA), la mayor diversidad de especies aprovechadas y/o cultivadas, así como por su contribución al volumen nacional (CONAPESCA, 2020; RNPA, 2020; Fig. 1). En 2018, el valor total de la producción nacional generada por los pescadores y acuicultores alcanzó los 41 mil millones de pesos y un volumen de 2.1 millones de toneladas. El 70% del volumen y el 60% del valor de la producción recién mencionada, proviene de los estados del noroeste del país (Baja California, Baja California Sur, Nayarit, Sinaloa y Sonora; CONAPESCA, 2018).

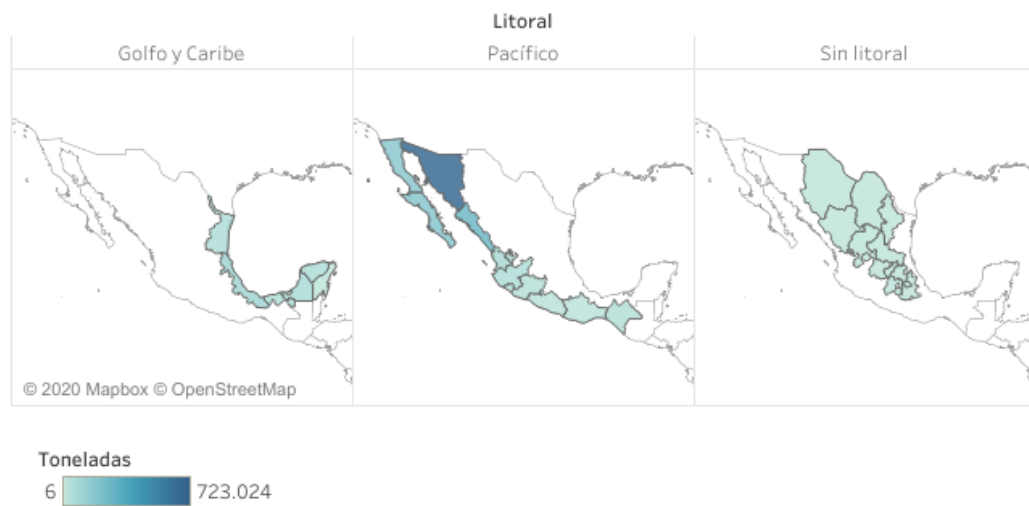


Figura 1. Producción acuícola y pesquera por regiones en las que se realiza la actividad. Datos de La Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA), 2018.

En promedio, la pesca y acuacultura nacional generó 1.89 ± 0.24 millones de toneladas entre 2014 y 2018, último año con registros oficiales publicados en el anuario (CONAPESCA, 2018). El sector pesquero tiene acceso a más de 600 especies de peces e invertebrados, sin embargo, son 25 especies las que contribuyen con el 70% del volumen de producción anual (Cisneros-Mata, et al., 2019; D.O.F. 2018)

En cuanto al sector acuícola, son más de 60 especies de peces, plantas, algas, anfibios y moluscos los que se cultivan en el país con fines comerciales¹, siendo el camarón y la tilapia las especies más importantes por su volumen y valor (Carta Nacional Acuícola, 2013, CONAPESCA, 2018). Cabe destacar que, en el padrón de acuicultores registrados, se encuentran sociedades agrícolas con actividades acuícolas

¹ En México se realiza investigación científica para el fomento de la acuacultura en más de 100 especies, principalmente de peces y moluscos. Algunas especies de peces que ya se producen comercialmente, no se registran oficialmente debido al retraso en la actualización de la Carta Nacional Acuícola (última actualización 2013).

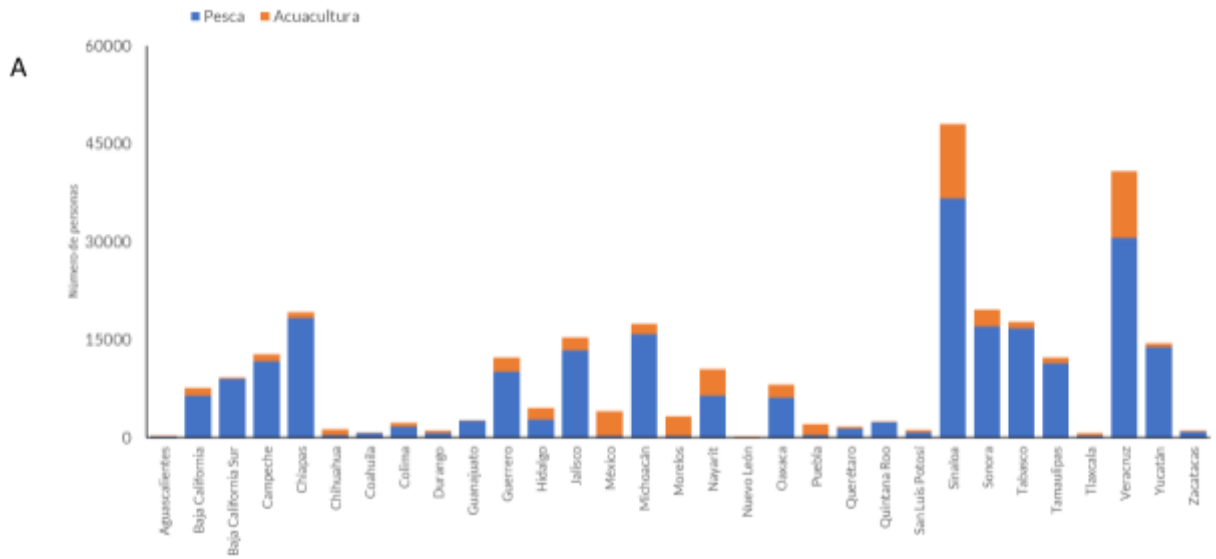
y cuyas unidades económicas (U.E) están consideradas entre las 25,477 U.E. del RNPA, por lo tanto, no queda claro si son incluidos o no en la cifra total estimada para el sector

(<https://www.gob.mx/conapesca/documentos/registro-nacional-de-pesca-y-acuacultura-rnpa?idiom=es>).

Es crítico contar con un registro fidedigno del sector acuícola y pesquero, reconociendo la participación de las mujeres y hombres, así como la identificación de otros posibles sectores (agrícolas principalmente) a fin de crear políticas públicas que se refleje en el beneficio de las personas y en el manejo de los recursos de los que dependen. Por ejemplo, se ha estimado que entre el 30% y 50% de la pesca en México es ilegal lo que representa un problema serio al momento de evaluar los escenarios para mejorar la gestión de los recursos y proponer soluciones con resultados medibles (IMCO, 2013; Cisneros-Montemayor, et al., 2013).

La mayor parte de la población que se dedica a la pesca y acuicultura se encuentra en el litoral del Pacífico (Sinaloa, Sonora, Baja California Sur y Baja California, Colima, Jalisco, Nayarit, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán), siendo Sinaloa y Sonora las entidades con mayor número personas registradas en el padrón (Fig. 2A). En conjunto, estos dos estados contribuyen anualmente con casi el 50% del volumen de producción pesquera y acuícola nacional (Fig. 2B). En la región del Golfo de México, el estado de Veracruz es la entidad federativa con mayor número de personas registradas con actividad acuícola, mientras que de los estados sin litoral destacan el Estado de México y Morelos (CONAPESCA, 2018) (Fig. 2A y 2C).

Es notable que la población dedicada a la actividad acuícola en las entidades sin litoral es similar entre los estados con litoral y sin litoral, lo cual indica la importancia del cultivo de especies de agua dulce (Fig. 2C).



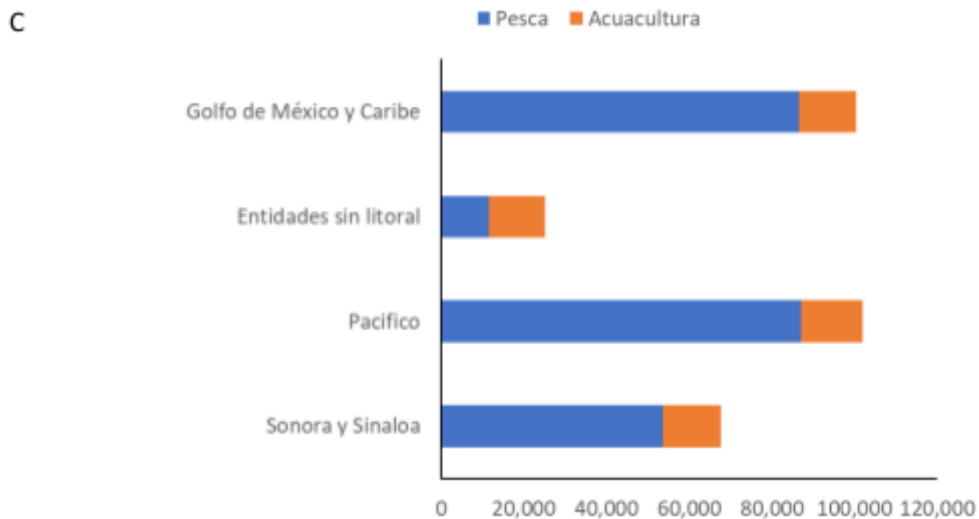


Figura 2. A. Número de personas registradas en el sector pesquero y acuícola por entidad federativa. B. Porcentaje de contribución anual promedio (2014-2018) al volumen nacional por entidad federativa. C. Número de pescadores y acuicultores agrupados por región, se agrupan Sonora y Sinaloa con fines comparativos. Elaborado con datos del Registro Nacional de Pesca y Acuicultura, CONAPESCA (2020).

Subsidios a la pesca y acuicultura

Los subsidios pesqueros se definen como una transferencia financiera, directa / indirecta, de entidades públicas al sector pesquero, haciendo generar más ganancia al sector de la que pudiera generar sin él. Los subsidios han generado gran atención mundial por sus complejas relaciones entre el comercio, sustentabilidad ecológica y desarrollo socioeconómico. Los subsidios se clasifican en tres grupos: beneficiosos (i.e. promueven la inversión y crecimiento del capital natural); promotores de capacidad pesquera (i.e. promueven la desinversión y sobrepesca del capital natural); y ambiguos (i.e. su efecto no está aún determinado) [Sumaila et al., 2010]: ejemplos de subsidios benéficos: programas de manejo y servicios; investigación y desarrollo pesquero; y áreas marinas protegidas; ejemplos de subsidios promotores de capacidad pesquera:

subsidio al combustible; programas de construcción de barcos, renovación y modernización; programas de construcción y renovación de puertos pesqueros; programas de apoyo al precio y mercadeo, y de infraestructura de procesamiento y almacenaje; proyectos de desarrollo de pesquerías y servicios de apoyo (e.g.. exención fiscal); y acuerdos de acceso internacionales: transferencias monetarias; transferencia en tecnología de pesca y acceso a mercados internacionales; y ejemplos de subsidios ambiguos: programas de asistencia a los pescadores (e.g. pagos a pescadores); programas de compra/retiro voluntario de embarcaciones; y programas de desarrollo comunitario rural (e.g. extensionismo).

En México, se anunció en las Reglas de Operación del Programa de Fomento a la Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural para el ejercicio 2020 (DOF: 25/03/2020 y 29/05/2020) el apoyo a dos componentes subsidios: 1) Apoyo para el Bienestar de Pescadores y Acuicultores y 2) Recursos Genéticos Acuícolas. El primero consta de un apoyo directo de \$7,200 MXN por beneficiario y el segundo apoya la adquisición de recursos genéticos acuícolas (semillas de ostión, alevines de trucha y tilapia; y post-larvas de camarón) para usuarios inscritos en el Padrón de Productores de Pesca y Acuicultura. De acuerdo con la clasificación de Sumaila et al. (2010) estos subsidios bien pudieran integrarse a subsidios de tipo ambiguo, es decir, se desconoce su efecto global sobre los recursos naturales.

Dentro de las posibles implicaciones en materia de cambio climático (CC), es necesario asentar el escenario base de la pesca en México, actualmente dominado por una baja capacidad de manejo pesquero, relacionado a un acceso abierto (usuarios artesanales) y alta competencia entre pescadores, resultando en el estado dominante de sobrepesca

(Arreguín-Sánchez, et al., 2011) y pérdida de la renta económica, con la disminución en la abundancia y las capturas (Cisneros-Montemayor et al. 2016). Con la pérdida de la gran mayoría de subsidios promotores de capacidad pesquera en 2019 (DOF: 01/03/2019), sobre todo el subsidio a combustibles y el impulso a la capitalización de flota mayor y menor, se esperaría un retiro del esfuerzo pesquero en la actividad por falta de rentabilidad, y por consiguiente, una recuperación gradual en la biomasa de las pesquerías con mayor demanda de capital y gasolina en sus operaciones (p.e. pesquerías industriales (atún, sardina) y secuenciales (camarón), lo que repercutiría en un aumento de la resiliencia de los stocks pesqueros, dependientes de sus características biológicas intrínsecas.

Por otro lado, las implicaciones de los subsidios 2020 en relación con el CC son ambiguas para el componente de Bienestar, si bien la cantidad es reducida, se podría emplear en alimentar a la familia, o en la compra de artes de pesca, y artificialmente apoyar la continuidad de la pesca artesanal. En cambio, el componente de la semilla para actividades de acuicultura presenta todo el potencial de verse vulnerado ante el efecto del CC. Esto debido a dos cuestiones, 1) el área geográfica de la granja; y 2) las especies, donde cada una presenta características fisiológicas específicas ante las variaciones térmicas que afectan la sobrevivencia y el rendimiento de los cultivos en ambientes específicos. Las especies impulsadas son las truchas, ostión (grupo de afinidad térmica fría), camarón (afinidad térmica intermedia-alta) y tilapia (afinidad térmica alta). Sin capacidades técnicas sobre los cultivos específicos el programa no resultará exitoso ante los efectos del CC.

Finalmente, existe el subsidio benéfico de tipo área marinas protegidas (siglas en inglés) MPA cuyo efecto bajo el impacto del CC no está de todo determinado en materia

de pesquerías mexicanas. Por ejemplo, el efecto del Parque Nacional Revillagigedo no está analizado para el caso de las pesquerías de atún o elasmobranchios. Así mismo, para la Reserva de la Biosfera Zona Marina Bahía de los Ángeles, Canales de Ballenas y de Salsipuedes para las pesquerías de los pelágicos menores y escama. Otra consecuencia del cambio climático, tampoco contabilizado a nivel nacional, es el cambio de distribución de las especies hacia sitios sin protección, quedando vulnerables a la pesca, reduciendo así el efecto de conservación de las MPA y aumentando la vulnerabilidad del recurso y la social.

Infraestructura pesquera y acuícola

La flota pesquera nacional consta de 76,306 embarcaciones de las cuales 2,020 son industriales y 74,286 son ribereñas o artesanales (PNAP, 2020). Además, se han otorgado 20,041 permisos de pesca deportiva (PNPA, 2020). La flota artesanal aprovecha aproximadamente 665 especies agrupadas en 52 categorías², mientras que la flota industrial aprovecha 48 especies, agrupadas en 9 categorías (Martínez-Estrada et al., 2017). Además, algunas pesquerías son aprovechadas por ambas flotas, por ejemplo, el camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*), el calamar gigante (*Dosidicus gigas*) y el mero rojo (*Epinephelus morio*) (Cisneros-Mata et al., 2019).

En cuanto a la infraestructura acuícola, se cuenta con 9,320 instalaciones acuícolas destinadas a la cría, pre-engorda y engorda de especies comerciales en estanques y tinajas. El área total cubre 115,910 hectáreas del territorio nacional, donde se generan en promedio más de 230 mil toneladas anuales (2014-2018) de 66 especies, agrupadas en 19 categorías generales que incluyen especies de camarón, tilapia,

² Para los administradores de las pesquerías, estas categorías representan un “stock” y hace referencia a un grupo de organismos de similar morfología y uso de hábitat, que se encuentran en una determinada localidad al mismo tiempo.

peces de ornato, moluscos y sus modalidades de cultivo (e.g. intensivo³, semi-intensivo⁴ y extensivo⁵) (CNA, 2013; CONAPESCA, 2018). El cultivo de camarón es la actividad que requiere del 74% de las más de 115 mil hectáreas y el cultivo de tilapia representa el 50% de las 9,320 instalaciones acuícolas, ambas especies son de prioridad nacional debido a su valor (camarón) y volumen (tilapia) de producción. Del total de instalaciones y área destinada para la actividad acuícola, el cultivo semi-intensivo es el que predomina con 90% del área y 83% de las instalaciones (CONAPESCA, 2018).

Aspectos socioeconómicos del sector pesquero-acuícola y el impacto del cambio climático

La actividad pesquera ha moldeado el desarrollo de las sociedades y comunidades costeras mexicanas. Considerando toda la cadena productiva de la pesca y la acuicultura, se estima que son más de dos millones de personas las que se benefician de la actividad mediante empleos directos e indirectos (EDF, 2019). Aun cuando no se tiene una estimación fina del autoconsumo de productos pesqueros y acuícolas, la actividad implica seguridad alimentaria.

En lo que corresponde a las condiciones sociales del sector pesquero y acuícola, se identifican varias carencias que caracterizan a la población como vulnerable debido a las condiciones precarias que se reflejan en un grado de marginación medio y hasta muy alto en algunas regiones como el Pacífico Sur y Golfo de México (Fig. 3) (CONEVAL, 2015; Fernandez et al., 2011).

³Sistema de producción que busca una elevada producción en el menor espacio y de la manera más rápida posible (e.g. camarón y ostión).

⁴Se caracteriza por: administración de alimento, adición paralela y controlada de alevines y renovación del agua (e.g. camarón, bagre y huachinango)

⁵Es el sistema de producción en el que la intervención del hombre es mínima, reduciéndose prácticamente a dos funciones: captura de post-larvas y/o alevines, y despesque de adultos una vez alcanzada la talla comercial (e.g. algas marinas, tilapia y trucha).

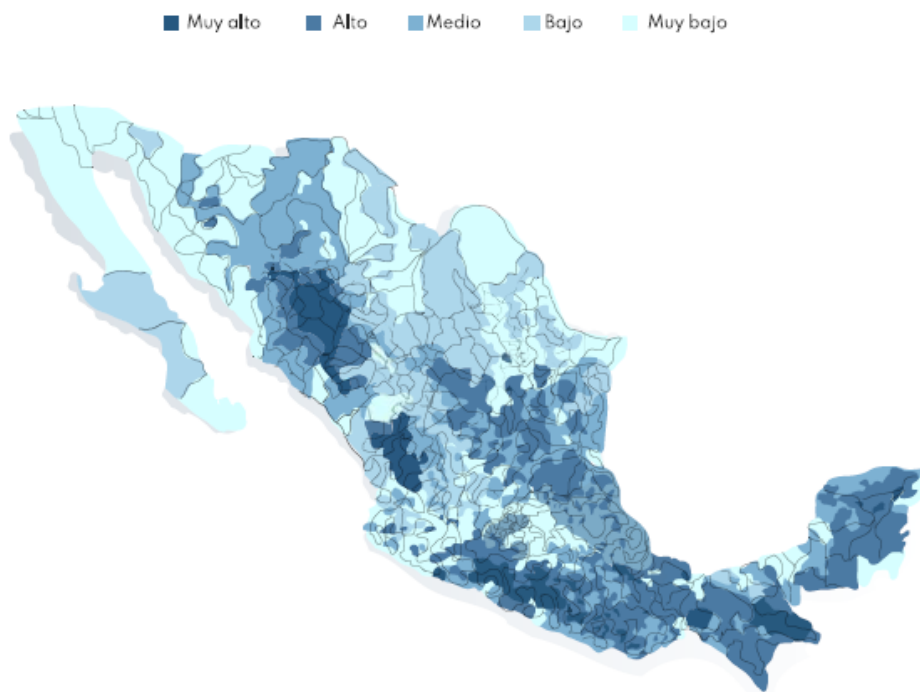


Figura 3. Nivel de marginación por municipio en México. Elaborado con datos de CONEVAL, 2015.

De acuerdo con los datos de la Encuesta Nacional del Sector Pesquero y Acuícola (2016) hay 2 trabajadores por unidad económica de acuicultura con un salario promedio semanal de \$1,000 pesos lo que representa un mayor salario en comparación con el promedio salarial mensual en las unidades económicas pesqueras, el cual es de \$750 pesos (SAGARPA-IICA, 2018). Por otro lado, en términos de bienestar se identifica que el 70% de los pescadores no cuentan con seguridad social, mientras que en contraste en el sector acuícola al menos la misma proporción reconocieron estar inscritos en alguna modalidad (e.g. Seguro Popular, ahora extinto) lo cual muestra una diferencia importante entre ambos sectores (SAGARPA-IICA, 2018; Fernandez et al., 2011).

La flota industrial ha recibido históricamente la principal atención e impulso por parte del gobierno, mediante subsidios y apoyos a un sector que emplea al 5% de los pescadores registrados (PNPAS, 2020; Pescando datos, 2021). Por otro lado, la flota ribereña que emplea al resto de la fuerza de trabajo no ha sido prioridad nacional y solo se reconoce su importancia en el discurso político (IMCO, 2013).

Nuestro país enfrenta necesidades sociales muy fuertes, y el estado de los ecosistemas y recursos pesqueros depende en buena medida del conjunto de decisiones que se toman para el aprovechamiento de los recursos y la información que se considera al momento de hacer recomendaciones y políticas públicas. La situación de la pesca y acuicultura se torna aún más compleja si consideramos que nos enfrentamos a variaciones ambientales relacionadas al cambio climático global que condicionan la supervivencia y dinámica poblacional de las especies pesqueras y resulta en cambios del funcionamiento de ecosistemas marinos y costeros que apenas vamos conociendo (Micheli et al., 2012). El costo de no actuar o de hacerlo inadecuadamente ha sido estimado en una pérdida económica de 51 millones de dólares anuales considerando las 28 pesquerías principales del país (Mangin, et al., 2019), si bien esta estimación contempla acciones con supuestos poco realistas como un control absoluto de la pesca ilegal y un manejo eficiente de la pesca que incluye derechos de acceso claros es útil para fijar un horizonte de los impactos económicos de un manejo deficiente y de ahí estimar los efectos potenciales del cambio climático que suponen escenarios aún más drásticos. Si consideramos los efectos documentados de pesquerías colapsadas (e.g. sardina, camarón y totoaba) hablamos de decenas de miles de empleos y miles de millones de pesos perdidos (Aguilar, et al., 2013). Por otro lado, si consideramos los impactos de la actividad acuícola mal planificada (e.g.

destrucción de manglares, enfermedades emergentes, descarga de nutrientes) (Páez-Osuna, 1999; Martínez-Arroyo et al., 2011), queda claro que no hay escenarios prometedores si continúa la degradación de ecosistemas y esto incrementará la disminución en la rentabilidad y la vulnerabilidad de comunidades costeras ante el cambio climático.

Los ecosistemas marinos-costeros de todo el mundo y la economía que depende de ellos ya sufren el impacto de un clima cada vez más variable y con efectos diferenciales alrededor del mundo (para mayor detalle consultar el documento *“Revisión y evaluación detallada sobre los orígenes, tendencias y perturbaciones potenciales originadas por el cambio climático que tengan impactos directos sobre la actividad acuícola y pesquera de México”*). Los componentes climáticos implican principalmente anomalías térmicas, olas de calor, mayor frecuencia e intensidad de tormentas, hipoxia y acidificación de los océanos (Doney et al., 2009; Knutson et al., 2010; Breitburg et al., 2018, para mayor detalle consultar el documento *“Análisis de los cambios oceanográficos clave que se espera acarree el cambio climático en los mares de México”*).

La alta variabilidad oceanográfica relacionada al **cambio climático**⁶, induce respuestas biológicas que en conjunto se traducen en impactos ecológicos y socioeconómicos diferenciales, que resultan negativos para el desarrollo de las sociedades costeras (FAO, 2019). Se sabe que los eventos extremos de temperatura, baja concentración de oxígeno, cambios en la productividad de los océanos y otros componentes mencionados, modifican la abundancia de especies formadoras de hábitat (“ingenieros ecosistémicos” como los corales arrecifales), la distribución de especies de relevancia

⁶ un cambio de los patrones climáticos atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (CMNUCC, 1992)

ecológica o comercial, propician una mayor incidencia de enfermedades, y en casos extremos pueden causar eventos de mortalidad masiva (Hoegh-Guldberg & Bruno, 2010; Laffoley y Baxter, 2019).

En México, el cambio climático ha afectado a las y los productores pesqueros y acuícolas de diferentes maneras. La capacidad de las comunidades pesqueras para adaptarse a las condiciones desfavorables es dependiente de la infraestructura y nivel de organización social, así como la intensidad y frecuencia de los eventos climáticos (Nenadovic et al.,2017; Finkbeiner, et al., 2015). En el caso del sector acuícola, puede decidirse con anticipación el nivel de riesgo al momento de planear el tipo de instalación, localización, especies de cultivo e infraestructura lo cual contribuye a disminuir los impactos y la vulnerabilidad (Monteforte, 2013). La acuicultura bien planificada se reconoce como estrategia de adaptación y como medio para la restauración y conservación de ecosistemas (Froehlich et al., 2017), sin embargo, para esto es necesario un nivel de profesionalización, inversión y asociación de la cual carece nuestro país. Es relevante mencionarlo, ya que el gobierno identifica el potencial acuícola como alternativa para garantizar el desarrollo social y la seguridad alimentaria, (PNPAS, 2020) pero carece de los elementos técnicos, las capacidades y un plan sólido para lograrlo. A nivel mundial, se reconoce la acuicultura como la alternativa para producir proteína acuática de alta calidad con un bajo impacto ambiental (FAO, 2020). Estudios recientes demuestran que el cultivo de bivalvos, algas marinas e incluso peces marinos ofrecen un panorama viable para cubrir la demanda de alimento para un población futura (2030) garantizando no solo un bajo impacto ambiental (Costello et al., 2020; Theuerkauf et al., 2019) sino la posibilidad de restaurar ecosistemas, recuperar poblaciones de especies pesqueras, a la vez que se fortalece la economía de las

comunidades costeras (Froehlich, et al., 2017; Gentry et al., 2019, Jossart et al., 2020; Carranza y Ermgassen, 2020). La acuicultura en México ha crecido a una tasa del 6.6% anual entre 2016 y 2018. El programa de acuicultura y pesca 2020-2024 identifica la actividad como componente clave para cumplir con los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo y Sectorial de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural que identifican la necesidad de impulsar la economía de la población más vulnerable, entre los que se incluye al sector pesquero ribereño y acuícola. Sin embargo, el plan de fomento a la acuicultura mexicana carece de información científica para impulsar un desarrollo que asegure un medio ambiente sano, un reglamento vigente para la operación de la Ley de Pesca y Acuicultura Sustentable, una definición adecuada de la actividad acuícola, además de considerar las diferentes modalidades y la capacidad institucional para dirigir este plan. Los avances científicos de la acuicultura en el mundo no figuran en el plan nacional y no hay, desde el marco normativo, una definición operativa del concepto sostenibilidad. Realizar la actividad de manera sostenible, requiere en un primer paso de actualizar el marco normativo pesquero-acuícola y vincularlo con las leyes en materia ambiental, así como de un análisis de escenarios (que incluya cambio climático) que ayuden a identificar cómo, cuánto y dónde puede desarrollarse el cultivo con el objetivo de alcanzar metas de sostenibilidad y desarrollo económico (Couture, et al., 2021, Theuerkauff, 2019;).

El impacto socioeconómico del cambio climático (CC) también será de forma diferencial entre flotas (Seijo *et al.*, 1998; Anderson y Seijo, 2010). Para el caso de la flota artesanal, donde en la mayoría de los casos no existe una inversión significativa por temporada (\approx costos), el aumento en la incertidumbre de los recursos traerá altas preferencias Inter-temporales o uso inmediato de los recursos, valorando más el monto

de ingresos actuales con respecto al futuro debido a las características del recurso. Lo que fomentará la sobreexplotación de los recursos, mayor vulnerabilidad y pobreza en comunidades costeras en acceso abierto al recurso (i.e. sin restricciones) ante el CC. Por otro lado, en pesquerías industriales, la inversión realizada en planificar y efectuar actividades de pesca no se paga de inmediato, sino que existe una vida útil de la unidad de pesca (buque, equipos y artes de pesca), que debe ser tomada en consideración para evaluar la magnitud de la inversión, costos presentes y futuros, así como los probables ingresos que se deriven de dichas actividades (Seijo *et al.*, 1998). En estos casos la preferencia Inter-temporal será baja, dirigida a marcos conservativos de manejo y administración pesquera (e.g. entrada limitada de buques), a efectos de favorecer inversiones y al mismo tiempo explotar el recurso durante un lapso prolongado en el tiempo. Para el caso de la flota industrial su vulnerabilidad ante el impacto del CC sobre los recursos (sardina, atún, camarón) será mayor por el simple hecho de presentar una mayor inversión y costos en la actividad, obligando a una mayor inversión en busca de los recursos o salir de la actividad y con la pérdida de empleos directo en indirectos.

En pesquerías secuenciales como el camarón (*Litopeneus vannamei*, *L. stylirostris* y *Farfantepenaeus californinesis*) y en algunos peces como el mero rojo (*Epinephelus morio*), donde dos flotas compiten por diferentes componentes poblacionales (i.e. adultos y juveniles), ocurre una interdependencia tecnológica donde se generan externalidades negativas/positivas entre las flotas si se captura más o menos de cada componente. Esta competencia por el recurso se exacerbaría bajo la influencia climática, disminuyendo la resiliencia poblacional a causa de fallos en el reclutamiento y/o disminución en el stock reproductor; en donde la flota con el menor costo

desplazaría en el tiempo a la de mayor costo. Esta pesquería es la más importante en valor de México, y se tiene conocimiento que la respuesta específica del camarón ante el CC tenderá a ser positiva (Castro-Ortiz y Lluch-Belda, 2008) con casos negativos (camarón rosado de Campeche, Arreguín-Sánchez, 2010), sin embargo, sus esquemas de manejo sobre todo del componente artesanal sin regulación, amenazan más que el efecto del CC a la sustentabilidad biológica y económica de la pesquería, así como la viabilidad de las operaciones de altamar y repercutiría más en las comunidades costeras del litoral del pacífico y golfo de México. Para el caso del mero rojo la relación entre las capturas y la temperatura es inversa (Albañez-Lucero, 2010), afectando los ingresos de entre 15-20 mil pescadores (Burgos-Rosas y Pérez-Pérez, 2006) todo el componente pesquero de Yucatán.

De acuerdo con Cisneros-Mata et al. (2019) el impacto del cambio climático afectará negativamente la captura máxima potencial⁷ a 21 de las 25 pesquerías que contribuyeron al 70% del volumen de producción en México en 2012 (Fig. 6). Algunos de los factores que potencian este impacto son la sobrepesca, y la pesca ilegal, no regulada y no reportada, por lo tanto, solucionar los retos actuales en la administración y manejo de las pesquerías puede contribuir a generar escenarios menos drásticos de cambio climático (Cisneros-Mata et al., 2019, Cisneros-Montemayor, et al., 2013). Por otro lado, de acuerdo con un estudio de Ponce-Díaz et al. (2020), los modelos pesqueros para especies de abulón azul y amarillo (*Halotis fulgens* y *H. corrugata*) en el Pacífico identifican disminuciones significativas derivadas del incremento en la temperatura del océano para 2030, y el colapso de la pesquería de camarón rojo y

⁷ es la captura máxima o esperada que el esfuerzo de pesca es capaz de producir dado el capital social observado, características tecnológicas para la pesca y el stock de recursos (Glosario Pesquero de la FAO).

rosado del Golfo de México en 2080, lo que implica pérdida de miles de empleos, dinero y valores culturales asociados.

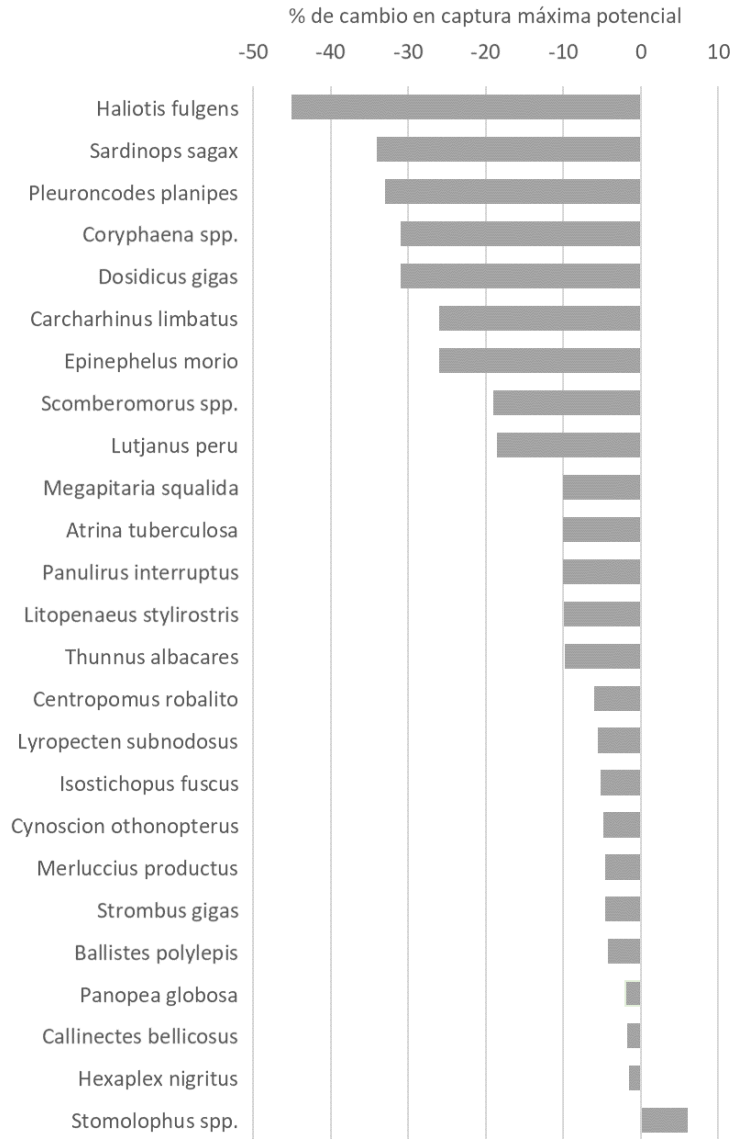


Figura 6. Impacto del cambio climático en las principales especies pesqueras de México. Adaptado de Cisneros-Mata et al., 2019.

En cuanto a la acuicultura, la principal actividad acuícola y de mayor valor en México es la producción de camarón, seguida de los cultivos de bivalvos, peces marinos y en aguas interiores (CONAPESCA, 2018). Los efectos del cambio climático en estas

especies varían principalmente en cuanto al tipo de cultivo y su ubicación (Fig. 7). Por ejemplo, en las regiones tropicales del país el incremento en la intensidad y frecuencia de los huracanes ya ha causado daños a la infraestructura acuícola para el cultivo de ostión y peces marinos (e.g. Veracruz, Tamaulipas, Nayarit, Baja California Sur; Flores Nava, 2010). Los modelos predictivos de inundación por la elevación del nivel medio del mar (enmm) en el territorio nacional, demuestran la vulnerabilidad de zonas acuícolas principalmente en el sur de Tabasco y Campeche, en el Golfo de Tehuantepec (Flores-Nava, 2010).

Fenómenos asociados al cambio climático	Zona Oceánica	Zona Estuarina	Planicie costera
Calentamiento	■	■	■
Incremento en la salinidad		■	■
Inundación		■	■
Mayor productividad primaria		■	■
Cambios en comunidades vegetales		■	■
Mayor incidencia de huracanes	■	■	■
Alteraciones hidrodinámicas	■	■	■
Incremento en la profundidad local	■	■	
FloreCIMIENTO de algas tóxicas	■	■	■
Sedimentación excesiva	■	■	■
Invasión de competidores/depredadores	■	■	
Intrusión de microbiota patogénica	■	■	■
Disminución de juveniles reclutables	■	■	
Reducción en volumen de agua disponible		■	■

Figura 7. Posibles efectos del cambio climático en ecosistemas empleados como ambientes de cultivo y su impacto sobre la infraestructura y/o los organismos cultivados. La escala se expresa en un intervalo donde 3: severo, 2: considerable, 1: moderado, 0: sin efecto. En color verde se identifica un efecto positivo y en rojo un efecto negativo. Modificado de Flores Nava, 2010.

Conclusión

Las condiciones sociales y económicas de la mayoría de las y los pescadores y acuicultores de menor escala están en situaciones precarias y ya enfrentan retos derivados de los efectos del cambio climático. Los modelos de cambio climático basados en el incremento de la temperatura y elevación del nivel medio del mar muestran escenarios desfavorables para el sector pesquero principalmente en un horizonte temporal fijado a 2030 y hasta 2080 en el que se estima la disminución de la captura máxima potencial de las principales especies del país y resultando en la pérdida de miles de millones de pesos y decenas de miles de empleos en prácticamente todas las costas del país.

La acuicultura ha sido reconocida a nivel federal como una alternativa para la producción de alimentos de alta calidad y garantizar la seguridad alimentaria, sin embargo, hay deficiencias estructurales en las instituciones y el mismo sector acuícola para lograr un desarrollo sostenible.

Es crítico integrar y aplicar una estrategia para garantizar la seguridad alimentaria del país, buscando un balance para impulsar el desarrollo de manera inteligente y considerando la interacción entre los diferentes actores para prevenir conflictos sociales. Considerar los impactos del cambio climático en el sector agroalimentario es clave. El futuro del sector pesquero y acuícola será influenciado por el cambio climático definiendo escenarios desafiantes. El crecimiento demográfico y económico, junto con la urbanización y el desarrollo tecnológico, se espera que creen una expansión en la demanda de alimentos, y en particular de productos animales, incluyendo pescados y mariscos (Costello, et al., 2020; FAO, 2009). Alimentar una población creciente es solo parte del reto, ya que esto ocurre en un contexto de pérdida de biodiversidad y

degradación ambiental ligados al desarrollo en el contexto de un clima altamente variable.

Referencias

Aguilar Ibarra, A., Sánchez Vargas, A., & Martínez López, B. (2013). Economic impacts of climate change on two mexican coastal fisheries: Implications for food security. *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, 7(2013-36), 1. <https://doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2013-36>

Albañez Lucero MO (2010). Distribución espacial del mero (*Epinephelus morio*) del Banco de Campeche, México. Tesis Doctor en Ciencias. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN. La Paz, Baja California Sur, México.

Anderson, L. G., & Seijo, J. C. (2010). *Bioeconomics of fisheries management*. John Wiley & Sons.

Arreguín-Sánchez, F. (2010). Cambio climático y el colapso de la pesquería de camarón rosado (*Farfantepenaeus duorarum*) de la sonda de Campeche. *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino*. Universidad Autónoma de Campeche, 399-410.

Arreguín-Sánchez, F., & Arcos-Huitrón, E. (2011). La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica*, 21(3), 431-462.

Breitburg, D., Levin, L. A., Oschlies, A., Grégoire, M., Chavez, F. P., Conley, D. J., Garçon, V., Gilbert, D., Gutiérrez, D., Isensee, K., Jacinto, G. S., Limburg, K. E., Montes, I., Naqvi, S. W. A., Pitcher, G. C., Rabalais, N. N., Roman, M. R., Rose, K. A., Seibel, B.

A., ... Zhang, J. (2018). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science*, 359(6371), eaam7240. <https://doi.org/10.1126/science.aam7240>

Burgos-Rosas R, Pérez-Pérez L (2006). Mero. En: Arreguín-Sánchez F, Meléndez-Moreno L, Méndez-Gómez-Humarán I, Solana-Sansores R, Rangel-Dávalos C (eds). *Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo*, pp. 503-522. Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México.

Carranza, A., & zu Ermgassen, P. S. E. (2020). A global overview of restorative shellfish mariculture. *Frontiers in Marine Science*, 7, 722. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00722>

Castro-Ortiz, J. L., & Lluch-Belda, D. (2008). Impacts of interannual environmental variation on the shrimp fishery off the Gulf of California. *CalCOFI Rep*, 49, 183-190.

Cisneros-Mata, M. A., Mangin, T., Bone, J., Rodriguez, L., Smith, S. L., & Gaines, S. D. (2019). Fisheries governance in the face of climate change: Assessment of policy reform implications for Mexican fisheries. *PLOS ONE*, 14(10), e0222317. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222317>

Cisneros-Montemayor, A. M., Sanjurjo, E., Munro, G. R., Hernández-Trejo, V., & Sumaila, U. R. (2016). Strategies and rationale for fishery subsidy reform. *Marine Policy*, 69, 229-236.

Cisneros-Montemayor, A. M., Cisneros-Mata, M. A., Harper, S., & Pauly, D. (2013). Extent and implications of IUU catch in Mexico's marine fisheries. *Marine Policy*, 39, 283-288. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.12.003>

CONAPESCA, (2018). *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2018*. México, D.F

CONAPO, 2018. Proyecciones de la población de México y de las entidades federativas 2016-2050. Consejo Nacional de Población. Dr. José María Vértiz 852, Col. Narvarte. C. P. 03020, Ciudad de México. <https://www.gob.mx/conapo>.

CONEVAL (2015). Datos de marginación por municipio en México. Consultado en noviembre de 2020.

Costello, C., Cao, L., Gelcich, S., Cisneros-Mata, M. Á., Free, C. M., Froehlich, H. E., Golden, C. D., Ishimura, G., Maier, J., Macadam-Somer, I., Mangin, T., Melnychuk, M. C., Miyahara, M., de Moor, C. L., Naylor, R., Nøstbakken, L., Ojea, E., O'Reilly, E., Parma, A. M., ... Lubchenco, J. (2020). The future of food from the sea. *Nature*, 588(7836), 95-100. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2616-y>

Couture, J. L., Froehlich, H. E., Buck, B. H., Jeffery, K. R., Krause, G., Morris Jr, J. A., Pérez, M., Stentiford, G. D., Vehviläinen, H., & Halpern, B. S. (2021). Scenario analysis can guide aquaculture planning to meet sustainable future production goals. *ICES Journal of Marine Science*, fsab012. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab012>

Diario Oficial de la Federación. 2013. Carta Nacional Acuícola. Diario Oficial de la Federación, 9 de septiembre de 2013.

Diario Oficial de la Federación. 2018. Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación, 11 de junio de 2018.

Doney, S. C., Fabry, V. J., Feely, R. A., & Kleypas, J. A. (2009). Ocean acidification: The other co₂ problem. *Annual Review of Marine Science*, 1(1), 169-192. <https://doi.org/10.1146/annurev.marine.010908.163834>

FAO, 2009. Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge. (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009).

FAO, 2020. The Status of World Fisheries and Aquaculture. Rome. Italy.

Fernández, J.I., Álvarez-Torres, P., Arreguín-Sánchez, F., López-Lemus, L.G., Ponce, G., Díaz de León, A., Arcos-Huitrón, E. & del Monte-Luna, P. (2010). Coastal Fisheries of Mexico. In: S. Salas, R. Chuenpagdee, A. Charles & J.C. Seijo (Eds.). Coastal Fisheries of Latin America and the Caribbean. FAO Fisheries Technical Paper. No. 544. Rome.pp. 229-282.

Flores Nava A., 2010. Una reflexión sobre el impacto del cambio climático en las actividades acuícolas costeras de México. p. 319-334. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, y L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche, CetyS-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. 944 p.

Froehlich, H. E., Gentry, R. R., & Halpern, B. S. (2017). Conservation aquaculture: Shifting the narrative and paradigm of aquaculture's role in resource management. *Biological Conservation*, 215, 162-168. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.09.012>

Gentry, R. R., Ruff, E. O., & Lester, S. E. (2019). Temporal patterns of adoption of mariculture innovation globally. *Nature Sustainability*, 2(10), 949-956. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0395-y>

Hoegh-Guldberg, O., & Bruno, J. F. (2010). The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, 328(5985), 1523-1528. <https://doi.org/10.1126/science.1189930>

IMCO. (2013). La pesca ilegal e irregular en México: una barrera a la competitividad. Instituto Mexicano para la Competitividad, AC. México. 71p

INAPESCA. 2016. Evaluación y Manejo de la Pesquería de camarón del Pacífico mexicano (Captura, Puntos de Referencia, Biomasa, Edad, Medio Ambiente, Fauna de Acompañamiento). INAPESCA. México, 42 p.

Jossart, J., Theuerkauf, S. J., Wickliffe, L. C., & Morris Jr., J. A. (2020). Applications of spatial autocorrelation analyses for marine aquaculture siting. *Frontiers in Marine Science*, 6, 806. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00806>

Knutson, T. R., McBride, J. L., Chan, J., Emanuel, K., Holland, G., Landsea, C., Held, I., Kossin, J. P., Srivastava, A. K., & Sugi, M. (2010). Tropical cyclones and climate change. *Nature Geoscience*, 3(3), 157-163. <https://doi.org/10.1038/ngeo779>

Laffoley, D., & Baxter, J. M. (2019). Ocean deoxygenation: Everyone's problem...summary for policy makers. <https://portals.iucn.org/library/node/48896>

Mangin, T., Cisneros-Mata, M. Á., Bone, J., Costello, C., Gaines, S. D., McDonald, G., Rodriguez, L., Strauss, C. K., & Zapata, P. (2018). The cost of management delay: The case for reforming Mexican fisheries sooner rather than later. *Marine Policy*, 88, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.10.042>

Martínez Arroyo, A., Manzanilla Naim, S., & Zavala Hidalgo, J. (2011). Vulnerability to climate change of marine and coastal fisheries in México. *Atmósfera*, 24(1), 103-123.

Martínez-Estrada A. Melgoza-Rocha A., Ismael Mascareñas-Osorio, Juan José Cota-Nieto (2017): ¿Cómo se pesca en México? dataMares. InteractiveResource. <https://doi.org/10.13022/M3B92B>

Martins, I. M., Gammage, L. C., Jarre, A., & Gasalla, M. A. (2019). Different but similar? Exploring vulnerability to climate change in brazilian and south african small-scale fishing communities. *Human Ecology*, 47(4), 515-526. <https://doi.org/10.1007/s10745-019-00098-4>

Micheli, F., Saenz-Arroyo, A., Greenley, A., Vazquez, L., Montes, J. A. E., Rossetto, M., & Leo, G. A. D. (2012). Evidence that marine reserves enhance resilience to climatic impacts. PLOS ONE, 7(7), e40832.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040832>

Monteforte, M. (2013). La acuacultura en Baja California Sur ante el cambio climático. En Ivanova, A y Gámez E. A. 2013 (eds.) Baja California Sur ante el cambio climático: vulnerabilidad, adaptación y mitigación. Estudios para la elaboración del plan estatal de acción ante el cambio climático (PEACC-BCS). ISBN: 978-607-7777-32-8.

Natale, F., Hofherr, J., Fiore, G., & Virtanen, J. (2013). Interactions between aquaculture and fisheries. Marine Policy, 38, 205-213.

<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.05.037>

Nenadovic Mateo et al., Diagnóstico Nacional de Organizaciones Pesqueras en México 2017.

Ponce-Díaz, G., Almendárez Hernández, L., y Hernández Trejo, V. en Lluch-Belda, S. et al., (2020). Estudio para evaluar el impacto y la vulnerabilidad del sector pesquero ante el cambio climático. Instituto Nacional de Ecología.

Ramírez-Rodríguez, M. 2013. Especies de interés pesquero en el pacífico mexicano: nombres y claves para su registro Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. ISBN: 978-607-414-379-9

SAGARPA-IICA (2018). El sector pesquero en México. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Seijo, J.C., O. Defeo & S. Salas. 1998. Fisheries bioeconomics: theory, modelling and management. FAO/Daya Publishing House, New Delhi, India, 108 p.

Sumaila, U. R., Khan, A. S., Dyck, A. J., Watson, R., Munro, G., Tydemers, P., & Pauly, D. (2010). A bottom-up re-estimation of global fisheries subsidies. *Journal of Bioeconomics*, 12(3), 201-225.

Theuerkauf, S. J., Morris, J. A., Waters, T. J., Wickliffe, L. C., Alleway, H. K., & Jones, R. C. (2019). A global spatial analysis reveals where marine aquaculture can benefit nature and people. *PLOS ONE*, 14(10), e0222282.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222282>

Vázquez-Vera, L. en edición. (2021). Diagnóstico del estado de la acuicultura y tendencias a futuro en México. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza y The Nature Conservancy México. E-book. ISBN: en proceso.