



# UNIVERSIDAD DEL MAR

## DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

VULNERABILIDAD SOCIAL DE LA PESCA DE BARRILETE EN PUERTO  
ÁNGEL, OAXACA

### TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS: ECOLOGÍA MARINA**

### PRESENTA

Biol. Mar. Kevin Daniel Gómez Escudero

### DIRECTOR

Dr. Edgar Robles Zavala

### CO-DIRECTOR

Dr. Pedro Hernández Cervantes

Puerto Ángel, Oaxaca, México.

octubre, 2019

# Índice

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| Introducción.....                   | 1  |
| Marco teórico.....                  | 4  |
| Medios de Vida Sostenibles.....     | 4  |
| Vulnerabilidad .....                | 6  |
| Evaluación pesquera .....           | 8  |
| Antecedentes .....                  | 11 |
| Medios de Vida Sostenibles.....     | 11 |
| Vulnerabilidad .....                | 12 |
| Análisis del recurso barrilete..... | 14 |
| Justificación.....                  | 16 |
| Preguntas de investigación .....    | 16 |
| Objetivos .....                     | 17 |
| Objetivo general.....               | 17 |
| Objetivos particulares .....        | 17 |
| Materiales y métodos .....          | 17 |
| Área de estudio.....                | 17 |
| Recolección de datos.....           | 18 |
| Información poblacional.....        | 19 |
| Métodos.....                        | 19 |
| Medios de Vida Sostenibles .....    | 19 |
| Evaluación pesquera.....            | 20 |
| Información oceanográfica.....      | 21 |
| Regionalización.....                | 22 |

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| Región marina de pesca .....                | 22 |
| Correlación múltiple.....                   | 22 |
| Vulnerabilidad .....                        | 23 |
| Resultados .....                            | 30 |
| Medios de Vida Sostenibles.....             | 30 |
| Pobreza y bienestar: El discurso local..... | 30 |
| Contexto de vulnerabilidad .....            | 32 |
| Choques.....                                | 33 |
| Estacionalidad .....                        | 34 |
| Análisis de capitales .....                 | 34 |
| Capital humano .....                        | 34 |
| Capital natural .....                       | 35 |
| Capital social .....                        | 46 |
| Capital financiero.....                     | 48 |
| Capital físico.....                         | 48 |
| Ponderación final.....                      | 49 |
| Vulnerabilidad .....                        | 50 |
| Discusión .....                             | 58 |
| Medios de Vida .....                        | 58 |
| Pobreza y bienestar .....                   | 58 |
| El contexto institucional.....              | 58 |
| Estrategias de política pública.....        | 61 |
| Vulnerabilidad .....                        | 62 |
| Conclusión.....                             | 67 |
| Referencias .....                           | 70 |

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| Anexos .....                                       | 79 |
| Anexo I. Entrevista tipo a pescadores.....         | 79 |
| Anexo II. Modelos de producción excedentaria ..... | 85 |

## Introducción

Desde la antigüedad, la pesca ha sido una fuente importante de alimento para la humanidad y una fuente de empleo y beneficios económicos (Béné *et al.* 2007). Cerca de mil millones de personas en todo el mundo en zonas rurales o urbanas dependen del pescado como fuente primaria de proteína animal, especialmente cuando otras fuentes de proteína animal son escasas o caras, siendo las pesquerías de pequeña escala la fuente principal de proteínas y micronutrientes además de proporcionar los medios de vida a millones de habitantes en las zonas costeras y contribuyen a las economías nacionales (Béné *et al.* 2007; FAO 2012; FAO 2014; Teh y Sumaila 2011).

En los últimos 50 años, los cambios en el sector pesquero se han dirigido hacia el crecimiento de la producción, concentrándose en la industrialización y la modernización de las flotas pesqueras, sin embargo, se han desatendido las políticas de apoyo a las pesquerías de pequeña escala, las cuales mantienen una expansión continua y juegan un rol importante en el aumento de los niveles de producción (Allison y Ellis 2001; Béné *et al.* 2007; Béné y Friend 2011; Basurto *et al.* 2017).

La mayoría de los estudios sobre la pesca artesanal en los países en desarrollo han enfatizado la dependencia de recursos de los pescadores de pequeña escala y la naturaleza de acceso abierto de las pesquerías han conducido a la sobreexplotación, degradación de los recursos, la pobreza y la marginalización; algunos autores señalan que frecuentemente las pesquerías en pequeña escala se caracterizan por ser "la ocupación del último recurso" y los pescadores como "los más pobres entre los pobres" (Pauly 1997; Allison y Ellis 2001; Kosamu 2015).

La sobreexplotación de los recursos marinos, la incertidumbre en los volúmenes de captura, y las cambiantes condiciones biológicas y ecológicas de los recursos en estos sistemas, ponen en riesgo la seguridad alimentaria y en general, el bienestar de dichas comunidades. Aunado a lo anterior, presiones externas como la falta de acceso a los mercados locales, la falta de infraestructura de almacenamiento, el transporte y el cambio climático tienden a exacerbar las presiones no climáticas de

la pesca, como la sobrepesca, la contaminación y la pérdida de hábitat (Brander 2006; Sumaila *et al.* 2011) incrementando la vulnerabilidad de las comunidades costeras que tienen que adaptarse y hacer frente a estas tensiones y choques (Cahn 2002).

El concepto de vulnerabilidad ha evolucionado. Adger (2006) define a la vulnerabilidad como el grado en que un sistema es susceptible y no puede hacer frente a los efectos adversos. En su sentido ambiental, se ha definido como los factores y/o procesos que incrementan la susceptibilidad de una comunidad o sistema al impacto de riesgos ambientales (O'Brien *et al.* 2009). Más recientemente, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) define a la vulnerabilidad como la propensión o disposición a ser afectado de manera adversa (IPCC 2014). En todas las formulaciones, los parámetros clave de la vulnerabilidad son: el estrés al que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación. En este sentido, el análisis de la vulnerabilidad ha sido un poderoso instrumento para describir los estados de susceptibilidad en algunas pesquerías de pequeña escala al daño, la impotencia y la marginalidad de los sistemas físicos y sociales, y para guiar el análisis normativo de las acciones para mejorar el bienestar mediante la reducción del riesgo (Adger 2006; Allison *et al.* 2009). Estos enfoques pueden ser utilizados como una herramienta para la planificación de las intervenciones, revisión y evaluación de proyectos, investigación, análisis de políticas y de desarrollo, aunque en México, su aplicación es limitada (Cahn 2002; Robles-Zavala 2014).

De acuerdo con la Carta Nacional Pesquera, en Oaxaca se encuentra la principal pesquería ribereña de barrilete de la costa del Pacífico (INAPESCA 2012). Sin embargo, esta pesquería presenta vacíos importantes relacionados con su manejo apropiado, desde aspectos relacionados con la variabilidad del recurso a lo largo del año, hasta el desconocimiento de las condiciones de los usuarios que hacen uso de este importante recurso local.

Debido a lo anterior, el propósito de este trabajo es el de analizar las características de bienestar y vulnerabilidad social por la pesca del barrilete en la localidad de

Puerto Ángel, Oaxaca, utilizando los enfoques de Medios de Vida Sostenibles (MVS) y de Vulnerabilidad; a su vez, se realiza una propuesta de análisis dentro de los MVS que contemple la evaluación pesquera del barrilete en Puerto Ángel, así como la detección de una sub-región marina de pesca y el análisis temporal (mensual), de la relación entre la abundancia del barrilete y variables oceanográficas obtenidas de sensores remotos de CI a y TSM.

## **Marco teórico**

### *Medios de Vida Sostenibles*

Recientemente se ha desarrollado el enfoque de Sistemas Socioecológicos (Berkes *et al.*, 2003) como una forma de abordar las interacciones entre los sistemas sociales y ecológicos de forma conjunta, debido a la dinámica de retroalimentación entre ambos. Estas aproximaciones tienen sus raíces en las contribuciones de Odum (1971) al señalar la pertinencia del análisis de la “ecología política”, la cual proveniente de la confluencia de la ecología cultural vinculada con las estrategias humanas del éxito ecológico, la comunidad ecológica, la cibernética y la teoría de sistemas. Esta tendencia en el desarrollo de la ecología ha generado una discutida desaparición de la ecología en la ecología política, aunque la literatura y la evidencia ha dejado clara que dicha afirmación es muy exagerada o cuando menos, prematura. Walker (2005) señala que la ecología como los sistemas sociales se desarrollan de manera conjunta y cualquier distinción entre ambos, es arbitrario.

Uno de los enfoques que permite el análisis de las causas que producen y reproducen las condiciones de pobreza y marginación de comunidades pesqueras en distintas regiones del mundo es el de Medios de Vida Sostenibles (MVS) (Allison y Ellis 2001). Este enfoque surgido a principios de los 90's, identifica un MVS como las capacidades, activos (incluyendo recursos tanto materiales como sociales) y actividades necesarias para ganarse la vida. La característica de sostenibilidad es añadida cuando se puede afrontar y recuperarse de tensiones y choques, y mantener o mejorar sus capacidades y activos tanto ahora como en el futuro, sin socavar la base de recursos naturales (Chambers y Conway 1991; DFID 1999).

El modelo de MVS se asoció con la llamada “Nueva Agenda de Pobreza” que surgió en la década de los 90's como respuesta al limitado y reduccionista enfoque sobre la pobreza, reconociendo las múltiples dimensiones de dicho fenómeno (World Bank 2000). Este enfoque tuvo sus raíces en tres ideas seminales desarrolladas en la década de 1980: el trabajo de Amartya Sen sobre titularidades y capacidades (Sen 1982), la inclusión de los conceptos de empoderamiento y participación en la definición de pobreza (Chambers 1983); y finalmente el aporte del informe de la

Comisión Brundtland sobre "Desarrollo Sostenible", y un renovado interés en conceptos tales como vulnerabilidad y estrategias adaptivas por parte de los hogares y comunidades (WCED 1987). Este enfoque ha sido adoptado por diversos organismos internacionales, agencias de desarrollo y ONGs, tales como la FAO, el PNUD, CARE, OXFAM, entre otras. Este enfoque puede ser utilizado como una herramienta para la planificación de las intervenciones, revisión y evaluación de proyectos, investigación, análisis de políticas y de desarrollo, aunque en México su aplicación es limitada (Cahn 2002; Robles-Zavala 2014).

El marco analítico de MVS identifica cinco tipos de activos o capitales en base a los cuales los hogares construyen sus medios de vida: capitales humano, natural, social, económico y físico.

El capital humano se refiere a la capacidad para el trabajo, nivel educativo y condiciones de salud. El capital natural incluye los recursos terrestres, hídricos y biológicos que se utilizan para generar una forma de sobrevivencia. El capital natural es importante no sólo por sus beneficios ambientales, sino porque también es la base esencial de los medios de vida de la mayoría de los hogares en las zonas rurales. Los activos físicos comprenden el capital que es creado por los procesos de producción económicos; esto es, edificios, carreteras, transporte, agua potable, electricidad, sistemas de comunicación, así como equipo y maquinaria para el desarrollo de nuevo capital de producción. Los activos físicos, tales como el tipo de vivienda, agua potable, drenaje, o bienes electrodomésticos, se utilizan habitualmente como un indicador indirecto del bienestar. El capital financiero representa los recursos económicos que utilizan los hogares para alcanzar sus objetivos de sustento. Esta definición incluye la dinámica de ingreso, gasto y ahorro de los hogares. Finalmente, el capital social está formado por las redes sociales que establecen los hogares a través de normas de confianza, reciprocidad y solidaridad.

Cualquier esfuerzo de desarrollo que conlleve a la participación de las personas está condicionado a un sólido capital social dentro de la comunidad (DFID 1999).

## Vulnerabilidad

De acuerdo con el Departamento para el Desarrollo Internacional Británico (DFID) el contexto de vulnerabilidad enmarca el entorno externo en el que existen las personas (Fig.1). Así mismo, los factores que lo conforman son importantes porque tienen un impacto directo sobre el estatus de los activos de las personas y las opciones que están abiertas a ellos en busca de resultados beneficiosos para su sustento (Tabla I) (DFID 1999).

Los medios de vida, compuestos por los cinco capitales, se encuentran influenciados por los marcos normativos de las políticas e instituciones que regulan el acceso de estos. Debido a ello, las personas pueden desarrollar estrategias que les permitan asegurar sus medios de vida. El contexto de vulnerabilidad se puede encontrar inmerso en un marco normativo débil y puede deberse a las rupturas, cambios o tendencias no previstas, afectando los MVS.



Figura 1. El contexto de vulnerabilidad y su relación con los Medios de Vida Sostenibles (tomado de DFID, 1999).

En esta primera visión del contexto de vulnerabilidad, el DFID menciona que los MVS de las personas y la mayor disponibilidad de activos se ven afectados fundamentalmente por las tendencias críticas, así como por los choques y la estacionalidad, sobre los cuales tienen un control limitado o nulo (DFID 1999).

Tabla I. Agentes que afectan los medios de vida y la disponibilidad de activos en el marco de vulnerabilidad (tomado de DFID, 1999).

|                   |                  |                         |
|-------------------|------------------|-------------------------|
| <b>Tendencias</b> | <b>  Choques</b> | <b>  Estacionalidad</b> |
|-------------------|------------------|-------------------------|

|                                                        |                                                    |                                |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|
| Tendencias de la población                             | Choques en la salud humana                         | De los precios                 |
| Tendencias de los recursos (Incluido el conflicto)     | Choques naturales                                  | De producción                  |
| Tendencias económicas Nacionales/Internacionales       | Choques económicos                                 | De salud                       |
| Tendencias en la gobernabilidad (Incluida la política) | Conflictos                                         | De las oportunidades de empleo |
| Tendencias tecnológicas                                | Choques en la salud de los cultivos y la ganadería |                                |

Así mismo, los choques pueden destruir activos directamente (en caso de inundaciones, tormentas, conflictos civiles, etc.). También pueden obligar a la gente a abandonar sus áreas de origen y disponer de bienes (como tierra) prematuramente como parte de las estrategias de afrontamiento.

El impacto que los choques económicos internacionales, incluidas las fluctuaciones en los tipos de cambio y los términos de intercambio, pueden tener serias consecuencias sobre las personas más pobres. Las tendencias pueden (o no) ser más benignas, aunque son más predecibles. Tienen una influencia particularmente importante en las tasas de rendimiento (económicas o no) de las estrategias de vida elegidas. Los cambios estacionales en los precios, las oportunidades de empleo y la disponibilidad de alimentos son una de las mayores y más duraderas fuentes de dificultades para los pobres de los países en desarrollo (DFID 1999).

El acceso a estos activos está determinado por un marco institucional que comprende relaciones sociales, instituciones y organizaciones. Esta particularidad del enfoque rescata los conceptos de Sen (1982) en el sentido de que la pobreza no es la carencia de bienes y servicios, sino la incapacidad de los individuos o grupos sociales de tener acceso a los mismos debido a limitantes de carácter institucional, cultural o de índole política. Dentro de estas limitantes institucionales podemos mencionar las leyes, las políticas, las normas sociales y de usos y costumbres, y los incentivos de tipo económico o social. El entender las estructuras

y los procesos institucionales que rigen el acceso a los capitales permite establecer un vínculo analítico de lo micro (individual, familiar y comunitario) a lo macro (regional, el gobierno y la empresa privada) (Scoones 1998, Ellis 2000, Carney 2002).

A la par de la implementación del enfoque, se han desarrollado y recreando nuevos marcos analíticos que permiten abordar cuestiones de sensibilidad y capacidad adaptativa al cambio climático por parte de los hogares de las comunidades de manera cuantitativa mediante la construcción del Índice de Vulnerabilidad de los Medios de Vida (IVMV) para estimar los impactos diferenciales del cambio climático en las comunidades (Adger *et al.* 2004; Hahn *et al.* 2009).

Hahn *et al.* 2009 presenta dos enfoques en relación con el IVMV, el primero se integra por siete componentes principales (Perfil sociodemográfico, Estrategias de Medios de Vida, Redes Sociales, Salud, Alimentación, Agua y Desastres Naturales y Variabilidad Climática), y el segundo agrega los componentes a tres factores que de acuerdo al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) contribuyen al contexto de vulnerabilidad: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

El empleo de estos índices como una herramienta de análisis de la vulnerabilidad se ha vuelto extenso en el mundo, ya que estos permiten monitorear aspectos de vulnerabilidad, programar recursos para asistencia y/o efectividad de políticas de manejo en regiones con escasez de datos mediante la introducción de escenarios en el modelo de IVMV para comparación de referencia, ya sea en pequeños estados insulares en desarrollo y otros países en desarrollo (Adger *et al.* 2009; Hahn *et al.* 2009; Shah *et al.* 2013).

#### *Evaluación pesquera*

En Oaxaca se encuentra la principal pesquería ribereña de barrilete de la costa del Pacífico (INAPESCA 2012). Esta pesquería se desarrolla con mayor intensidad en la franja costera ubicada entre Puerto Escondido y áreas aledañas a las bahías de Huatulco, Oaxaca, siendo particularmente importante en Puerto Ángel, pues es el productor más importante de barrilete negro a nivel nacional (Cerdenares-Ladrón

de Guevara *et al.* 2012; Ramos-Carrillo *et al.* 2011; INAPESCA 2012). Esta actividad impacta significativamente sobre la economía regional, ya que su explotación abre un abanico de empleos que, en algunos casos, constituye la única fuente de ingresos para el sustento familiar. La flota pesquera la integran embarcaciones menores (lanchas) impulsadas con motores fuera de borda y las principales artes de pesca son la línea y el curricán (Ramos-Cruz 2009).

La pesca del barrilete está constituida por las especies *Katsuwonus pelamis* y *Euthynnus lineatus*. Estas especies presentan cierta similitud morfológica, haciendo que los artes de pesca, así como el esfuerzo pesquero no difieran para ambas poblaciones. Por lo tanto, del “barrilete” tiene un fundamento de grupo funcional y no de tipo taxonómico.

El barrilete *Katsuwonus pelamis* pertenece a la familia Scombridae; se distribuye en agua tropicales y templado-cálidas del mundo, generalmente en aguas que exceden los 20°C en la superficie. Se han registrado concentraciones comerciales desde los 17°C a los 30°C, siendo las más comunes entre los 20°C y 28°. En el Pacífico Oriental tiene una distribución latitudinal que va de los 30°N a los 30°S debido a la influencia de las corrientes frías que fluyen hacia el ecuador en ambos hemisferios (corriente de California y Perú); al igual que otros túnidos, el barrilete requiere aguas cálidas para el desove y sobrevivencia de larvas, por lo que la temperatura juega un papel importante en la distribución y abundancia (Trigueros-Salmerón *et al.* 2001)

El barrilete negro *Euthynnus lineatus* (Kishinouye 1920), es una especie epipelágica, nerítica y oceánica perteneciente a la familia Scombridae, que se encuentra distribuida en aguas tropicales y subtropicales del Océano Pacífico Oriental. Su distribución abarca desde la parte norte de San Simón, California, hasta las Islas Galápagos y Norte del Perú, siendo frecuentemente encontrada en el Golfo de California, Islas Revillagigedo, a lo largo de las costas de México y América Central, Islas Hawai e Islas del Coco y Malpelo (Ramos-Cruz 2009). De acuerdo a la FAO, no pertenece al grupo de túnidos catalogados como “altamente migratorios”, ya que sus migraciones no son transoceánicas, sino que sus desplazamientos están más asociados a las plataformas continentales, alrededor de islas y archipiélagos

(FAO 1994); a pesar de su amplia distribución geográfica, los estudios relacionados con alguna fase de su ciclo de vida o pesquería son escasos, lo cual puede estar relacionado con su exigua importancia comercial (FAO 1994; Ramos-Cruz 2009).

La pesca artesanal de pelágicos mayores en Puerto Ángel está conformada por 228 embarcaciones menores de fibra de vidrio de 7.61 a 10.33 m (25 a 33 pies) de eslora, con una capacidad de carga de entre 1200 y 3000 kg y con motores fuera de borda de entre 40 y 75 HP. Las operaciones de pesca son diarias con una duración aproximada de 3 a 4 h y se realizan con equipos armados de manera artesanal y sin ayudas mecánicas, excepto los motores fuera empleados para la propulsión. En estas embarcaciones participan de dos a cuatro pescadores. El principal equipo de pesca utilizado son los curricanes (rápalas) (Cerdenares-Ladrón de Guevara *et al.* 2012).

Con relación a la explotación del barrilete, se reconoce en la Carta Nacional Pesquera la necesidad de generar información acerca de sus aspectos biológicos, pesqueros y de dinámica poblacional que permita a futuro evaluar su pesquería, para garantizar su conservación y aprovechamiento sustentable. (INAPESCA 2012).

Una evaluación pesquera consiste en la descripción del estado de explotación que tiene una pesquería para un intervalo de tiempo (Cervantes-Hernández 2008). El objetivo principal de la evaluación pesquera es la estimación del Rendimiento Máximo Sostenible (RMS); esto es, conocer hasta qué punto un recurso puede explotarse en el presente sin dañar su disponibilidad en el futuro (Sparre y Venema 1995).

La evaluación pesquera resulta preliminar cuando se realiza con los modelos globales como el de Schaefer (1954) y Fox (1970) (Chien-Hsiung 2004). En dichos modelos, se considera a la población explotada como una gran unidad de biomasa sin interacción alguna con el medio ambiente y su base de predicción radica sólo en datos de captura comercial y del esfuerzo de pesca. No se toma en cuenta otros tipos de información como son la edad, talla, mortalidad natural, reclutamiento y reproducción (Gulland 1964).

## **Antecedentes**

### *Medios de Vida Sostenibles*

A nivel internacional, el marco analítico de MVS ha sido ampliamente utilizado en comunidades rurales de Asia y África (e.g. Cahn 2002; Allison 2005; Hahn *et al.* 2009; Ansons y McKay 2010; Badjeck *et al.* 2010; Nunan 2010), donde se ha logrado caracterizar las condiciones de vida de estas comunidades, lo cual ha permitido un mayor entendimiento de las estructuras y los procesos institucionales que rigen su acceso a los diferentes capitales (Scoones 1998; Ellis 2000; Carney 2002). Destaca el empleo de este marco en el desarrollo del Programa de Medios de Vida Pesqueros Sostenibles (PMVPS) que involucró a 25 países de África Oriental, en donde alrededor de siete millones de personas son empleadas directamente en actividades relacionadas con la pesca marina y de aguas continentales haciendo importantes contribuciones tanto a la economía local como nacional y a la seguridad alimentaria (Horemans 2004).

En México, los estudios para determinar el bienestar y vulnerabilidad de las comunidades pesqueras utilizando el enfoque de MVS son muy escasos y las metodologías empleadas para su análisis no utilizan la propuesta del IVMV.

Cantor-Barrientos y José-Domínguez (2006) determinaron los MVS de la comunidad Pesquera Punta Allen, Yucatán, encontrando que la pesca y el turismo se encuentran íntimamente relacionados con los medios de vida de la comunidad, ya que los MVS dependerán directamente de las condiciones en que se encuentren los recursos marinos. Mencionan que existen diferencias significativas entre los grupos de pescadores y turistas conjuntamente, y el grupo de otras fuentes de ingreso con relación a los capitales físico y humano, esto se atribuyó a que el grupo de pescadores comprende el 85% de los hogares de Punta Allen. Determinaron que los fenómenos naturales representan el factor de vulnerabilidad con mayor influencia en los MVS, debido a que afectan tanto a la producción de la pesca de langosta como la afluencia de turistas durante y después de los fenómenos naturales ya que deterioran el estado de los arrecifes, manglares y de la duna costera, así como la población de la vida silvestre; afectando de esta forma el

desarrollo del capital natural, financiero, físico y desequilibrando los capitales del pentágono de los medios de vida (Cantor-Barrientos y José-Domínguez 2006).

En 2014, Robles-Zavala realizó un trabajo sobre pobreza y bienestar en una comunidad pesquera en Baja California Sur, México y las diversas limitaciones a las que se enfrentan los pescadores para obtener medios de vida seguros y sostenibles mediante el marco de los MVS, encontrando que la pobreza y la marginación está estrechamente vinculada con factores institucionales y sociales más que con cuestiones económicas, siendo la corrupción en la asignación de licencias y permisos de pesca, la exclusión social, la marginación de nuevos colonos y la violencia doméstica asociada con el alcoholismo y las adicciones las limitaciones más graves (Robles-Zavala 2014).

Fierros y Ávila-Foucat (2017) abordan la situación de los hogares de 80 comunidades rurales de México mediante la determinación de sus MVS y el análisis del contexto de vulnerabilidad mediante la implementación de la Encuesta Nacional de Hogares Rurales en México (ENHRUM), mostrando evidencia empírica a escala nacional. Con base en la disponibilidad de ingresos, los activos familiares y el contexto de vulnerabilidad identificaron cuatro perfiles de hogares: uno vinculado al capital natural y las remesas; otros dos a los salarios agropecuarios y no agropecuarios, respectivamente, y el cuarto relacionado a actividades de autoempleo. Por último, mencionan que la diversificación de los medios de vida es una estrategia de subsistencia de los diferentes hogares para enfrentar las dificultades derivadas del limitado acceso a los mercados, la infraestructura física y los daños climatológicos de huracanes y sequías.

### *Vulnerabilidad*

El primer índice desarrollado por Hahn *et al.* (2009) evaluó la contribución de cada factor a la vulnerabilidad total de la comunidad IVMV, mientras que el segundo clasificó a los factores de acuerdo a tres componentes propuestos por el IPCC (exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación) y después midió la contribución de cada uno de ellos a la vulnerabilidad debido al cambio climático, resultando en el IVMV-IPCC. La aplicación de esta metodología se ha hecho

extensa principalmente en comunidades africanas y asiáticas (e.g. Toufique & Islam 2014; Islam *et al.* 2015; Alam *et al.* 2017; Amuzu *et al.* 2018; Zacarias 2018; Adu *et al.* 2018) debido a la capacidad de adaptarse a la situación particular de cada comunidad y permitir contrastar escenarios en sitios con escasa información. Sin embargo, son pocos los trabajos que han empleado esta metodología en Latinoamérica y que han abordado escasamente las comunidades pesqueras.

Shah *et al.* (2013) aplican este índice en un estudio comparativo en dos comunidades de humedales en Trinidad y Tobago. Se enfatizan dos contribuciones. Primeramente, la adopción, modificación y contribución de los subcomponentes que integran el IVMV del método propuesto por Hahn *et al.* (2009) mediante la participación de representantes de las comunidades estudiadas, funcionarios de gobierno e investigadores. La segunda, remarca la utilidad de este marco analítico como una metodología confiable que se puede utilizar para evaluar la vulnerabilidad de las comunidades y diseñar planes de gestión en áreas con recursos limitados y acceso a datos confiables tanto en los pequeños estados insulares en desarrollo como en otros países en vías de desarrollo.

Entre los trabajos que rescatan el uso del IVMV se encuentra el realizado por Alam *et al.* (2017) en dos comunidades de Bangladesh afectadas por la erosión causada por los ríos. Señalan la necesidad de incluir nuevos subcomponentes que incorporen el conocimiento local e indígena en la generación de los subcomponentes que integran tanto la estimación del IVMV como del Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático (IVMV-IPCC), puesto que esta vulnerabilidad no existe aisladamente de los atributos socioeconómicos y biofísicos de una comunidad.

Bacon *et al.* (2017) calculan el IVMV en Nicaragua, enfocándose en los brotes de roya en la hoja de café, las sequías y la inseguridad alimentaria. Este estudio adopta un enfoque interdisciplinario mediante el uso de los enfoques de Medios de Vida, Vulnerabilidad y Resiliencia. Destacan que la afectación a los cultivos ha hecho que cierto número de las capacidades de los hogares se encuentran relacionados con periodos de “hambruna estacional” y cómo esta se relaciona con la afiliación

organizacional de los pequeños agricultores, las características de las zonas de cultivo y los campesinos y las estrategias de afrontamiento postcosecha a nivel del hogar.

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP 2014) ha desarrollado una Herramienta para el Análisis de Vulnerabilidad Social a Impactos Climáticos a nivel local en Áreas Naturales Protegidas. Dicha herramienta se centra en la ampliación de las capacidades técnicas y conceptuales de los técnicos que trabajan en áreas locales para un entendimiento mejorado de la relación entre los factores sociales y la conservación de los recursos naturales, al tiempo de considerar la vulnerabilidad social ante los posibles impactos del cambio climático. La herramienta adopta el enfoque de Adaptación Basada en Ecosistemas, planteando que el manejo adecuado de los ecosistemas que proveen servicios ecosistémicos a las poblaciones humanas puede formar la base para la adaptación a los impactos climáticos. Se destacan las técnicas participativas empleadas colocando al eje social como el centro del ordenamiento y planeación de estrategias ante los presentes o posibles cambios del clima.

En los trabajos presentados realizados en México (tanto de MVS como de IVMV), dan muestra de la firme intención de conocer las condiciones que producen y reproducen la vulnerabilidad en el país con el objetivo de desarrollar estrategias políticas efectivas para su atención, sin embargo, el empleo de diferentes metodologías, disminuyen la comparabilidad entre estos estudios, limitando los alcances que se podrían obtener con metodologías más homogéneas y de amplia validez, permitiendo tener un entendimiento más preciso de las condiciones de las comunidades.

#### *Análisis del recurso barrilete*

Los estudios sobre el barrilete negro en la costa de Oaxaca son escasos y se han centrado en el conocimiento del factor de condición de la especie, así como sus hábitos alimenticios.

Al respecto, los trabajos de Ramos-Cruz (2000, 2009) sobre la relación talla-peso y factor de condición del barrilete negro capturado por la flota artesanal de Puerto

Ángel, se reportaron que el crecimiento es de tipo alométrico negativo. El autor remarca que el poco interés que tiene el estudio del barrilete a nivel regional puede deberse a su exigua importancia económica, aunque localmente, representa una importante fuente de ingresos.

Cerdenares-Ladrón de Guevara *et al.* 2003 proporcionan información sobre la composición de tallas y la estimación de los coeficientes de la relación talla-peso del barrilete, obteniendo resultados consistentes con los previamente publicados por Ramos-Cruz (2000).

Posteriormente Cerdenares-Ladrón de Guevara *et al.* 2004 exploran los hábitos alimenticios del barrilete capturado frente a la bahía de Puerto Ángel, concluyendo que el barrilete negro es la especie pelágica de mayor explotación ya que puede encontrarse accesible a la flota ribereña durante todo el año. Así mismo, reconocen la necesidad de conocer con mayor detalle las características oceanográficas de la zona y como aprovechan las variaciones ambientales durante su presencia en la región.

Cerdenares-Ladrón de Guevara *et al.* 2012, abordaron la variabilidad de la abundancia relativa del pez vela por la flota artesanal del Golfo de Tehuantepec. Mencionan que el 69% de las capturas de la pesca artesanal que se realiza en Puerto Ángel la constituye el barrilete negro y que la flota artesanal está compuesta por 228 embarcaciones de fibra de vidrio.

Existen esfuerzos para conocer la relación espacial de los recursos que se distribuyen en el Golfo de Tehuantepec a partir de las condiciones hidrográficas que dominan en la región, sin embargo, estos esfuerzos se encuentran dirigidos a las especies de mayor valor comercial de la zona, como el recurso camarón, (Cervantes-Hernández *et al.* 2008a; Cervantes-Hernández *et al.* 2008b; Cervantes-Hernández y Egremy-Valdez 2013) por lo que la relación con recursos como el barrilete son desconocidos a la fecha.

## **Justificación**

Los esfuerzos para conocer el estado de la pesquería del barrilete y las condiciones que permiten su aprovechamiento en la región son escasos. Aunado a esto, los trabajos académicos que pretenden servir como rectores en el desarrollo de la política pública ambiental para el adecuado manejo del recurso contemplan un enfoque exclusivamente biológico, ignorando en todo sentido al usuario que hace uso de este y el contexto que enmarca la actividad pesquera, desfavoreciendo el papel crucial del barrilete como motor de la economía local y su contribución a la seguridad alimentaria, generando una atmósfera de incertidumbre de la dinámica de la pesca. Por lo anterior, este trabajo aborda el análisis de la vulnerabilidad social por pesca de esta importante fuente de proteína barata y propone una metodología complementaria para el análisis del capital natural, siendo el primer esfuerzo en todo el Pacífico Mexicano; así mismo, se aportará información sobre el estado que guarda la pesquería del barrilete y la posible diversificación de opciones productivas de los pescadores de Puerto Ángel. Por último, las conclusiones que se obtengan de este trabajo pueden ser rescatadas y tomadas en cuenta para la toma de decisiones en el manejo del recurso, siendo estos validados por el enfoque de Medios de Vida Sostenibles.

## **Preguntas de investigación**

- ¿Cuál es el estado actual de la pesquería del barrilete?
- ¿Cuáles son los factores que determinan la vulnerabilidad social de la pesca del barrilete en Puerto Ángel, Oaxaca?
- ¿Cuáles serían las estrategias de política ambiental para el manejo del recurso?
- ¿Cuáles son las estrategias de diversificación del ingreso de los pescadores en Puerto Ángel?

## **Objetivos**

### *Objetivo general*

- Analizar la vulnerabilidad social por la pesca del barrilete en Puerto Ángel, Oaxaca.

### *Objetivos particulares*

- Evaluar el estado de explotación para la pesquería del barrilete.
- Determinar la amplitud de la sub-zona marina de pesca del barrilete.
- Analizar los cambios de captura mensual del barrilete con respecto a la variación oceanográfica mensual en la sub-zona marina de pesca.
- Determinar los activos del sector pesquero de la localidad mediante el enfoque de medios de vida.
- Determinar un Índice de Vulnerabilidad de Medios de Vida para la localidad de Puerto Ángel, Oaxaca.

## **Materiales y métodos**

### *Área de estudio*

A macroescala, el Pacífico tropical es afectado por los cambios de presión de noviembre a marzo por los fuertes vientos que soplan temporalmente a través de la baja orografía entre el Golfo de México donde existe una fuerte presión atmosférica causada por el descenso de los vientos polares del norte, y el Golfo de Tehuantepec, donde existe un descenso de la presión. A nivel regional dichos vientos originan que el agua superficial se mueva hacia afuera del Golfo de Tehuantepec debido al forzamiento que ejercen sobre la superficie del mar (Kessler 2006).

Esencialmente la alta productividad del Golfo de Tehuantepec se debe a las surgencias y a la mezcla vertical producto de los vientos, resultando en aguas con altas concentraciones de nutrientes derivados de procesos de remineralización de la materia orgánica que fertiliza las aguas superficiales, permitiendo la proliferación

fitoplanctónica y promueve la actividad trófica (Ortega-García *et al.* 2000; Chapa-Balcorta *et al.* 2015).

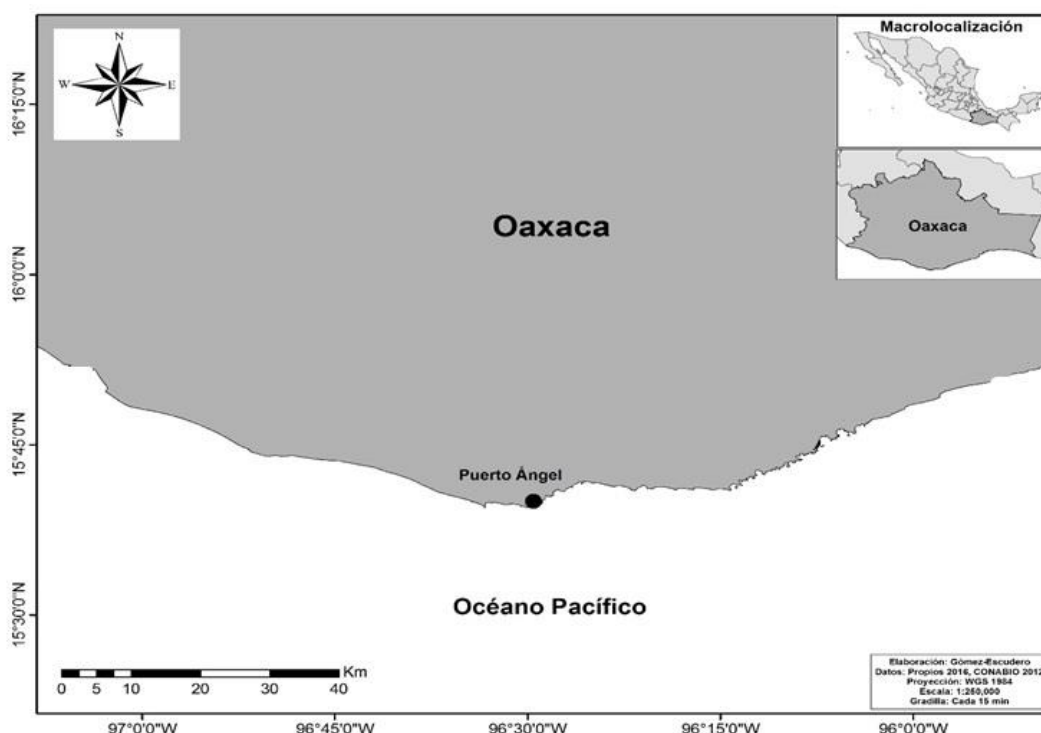


Figura 2. Área de estudio.

Puerto Ángel forma parte de una de las tres de las principales localidades de desembarco de las unidades pesqueras deportivas y ribereñas del estado de Oaxaca (Ruiz-Pérez *et al.* 2016), y particularmente el barrilete, es la especie pelágica de mayor explotación en la localidad, ya que puede encontrarse accesible a la flota ribereña durante todo el año, por lo que constituye uno de los principales recursos pesqueros aprovechados en la región (Cerdenares-Ladrón de Guevara *et al.* 2004; Ramos-Cruz 2009).

#### *Recolección de datos*

Para el cumplimiento de los objetivos planteados, los métodos de colecta y análisis de datos fueron de tipo cualitativo y cuantitativo. Los datos cualitativos se obtuvieron mediante entrevistas semiestructuradas a actores representativos dentro de la localidad que incluyeron a líderes de cooperativas pesqueras, pescadores, autoridades de pesca y autoridades municipales; la información obtenida por parte

de los actores representativos de la localidad se enfocó en conocer el marco institucional y de procesos que se desarrollan en la misma. Las entrevistas estuvieron basadas en los marcos analíticos de Vulnerabilidad y Medios de Vida Sostenibles (Anexo I), por lo que la presentación de los resultados obtenidos se expresó en índices y en el análisis de capitales correspondientemente a cada metodología.

#### *Información poblacional*

Para la evaluación del estado de la pesquería del barrilete en la localidad, se emplearon los registros históricos de la captura anual total ( $C_i$  en kg) y del esfuerzo de pesca ( $f_i$  en número de embarcaciones menores) del barrilete desembarcado en Puerto Ángel para el periodo 2005-2017. El total de la información fue proporcionada por la oficina de pesca de esta localidad.

Para el análisis de la información y en apego a Cervantes-Hernández *et al.*, 2006, se estimó la captura anual por unidad de esfuerzo del barrilete (CPUE), mediante la división de la captura anual total ( $Y$ ) y la suma anual del esfuerzo  $f$ . Por otra parte, se implementó una serie de tiempo con temporalidad mensual para la  $Y$ .

Cabe destacar que lo anterior es una propuesta inédita en el análisis del capital natural (dentro del análisis de Medios de Vida Sostenibles), ya que ha sido complementado con la evaluación de la pesquería y la regionalización de la Concentración de Clorofila ( $Cl a$ ) y la Temperatura Superficial del Mar (TSM), con el objetivo de presentar un panorama amplio respecto al recurso explotado.

#### *Métodos*

##### *Medios de Vida Sostenibles*

Para la evaluación de los capitales que componen los MVS (natural, físico, financiero, humano y social), se ha considerado seguir la evaluación tradicional de esta metodología mediante una entrevista semiestructurada basada en las preguntas del Anexo I. Este trabajo refuerza el análisis del capital natural con la evaluación de la pesquería y la regionalización de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) y la Concentración de clorofila a ( $Cl a$ ). Estas consideraciones se han

tomado en cuenta para evidenciar la vulnerabilidad que podría tener este capital ante la variación climática que se presenta en la región. Se presenta a continuación los métodos de análisis ya mencionados.

### *Evaluación pesquera*

En apego al marco teórico para los modelos de Schaefer (1954) y Fox (1970) (Anexo II) y según Cervantes-Hernández *et al.*, 2006, para la evaluación pesquera del barrilete se consideraron las siguientes funciones:

Schaefer

$$CPUE = b_o + (b_1 \cdot f_i)$$

$$f_{OPT} = -0.5 \cdot b_o / b_1$$

$$Y_{MAX} = -0.25 \cdot b_o^2 / b_1$$

$$\hat{Y} = (b_o \cdot f) + (b_1 \cdot f^2) \text{ (Fig. 1)}$$

$f_{OPT}$  = Esfuerzo óptimo o recomendado para generar la  $Y_{MAX}$  = captura máxima recomendada o rendimiento máximo sostenible;  $\hat{Y}$  = curva de ajuste de captura esperada para la evaluación pesquera del barrilete.

Fox

$$\ln (CPUE) = b_o + (b_1 \cdot f)$$

$$f_{OPT} = \left( \frac{1}{b_1} \right) \cdot \exp^{b_o - 1}$$

$$\widehat{CPUE} = \exp^{b_o} \cdot \exp^{b_1 \cdot f}$$

$$\hat{Y} = f \cdot \widehat{CPUE}$$

$f_{OPT}$  = Esfuerzo óptimo o recomendado para generar la  $Y_{MAX}$  = captura máxima recomendada o rendimiento máximo sostenible;  $\hat{Y}$  = curva de ajuste esperada para la evaluación pesquera del barrilete.

Para Schaefer y Fox (Figura 1), los resultados posibles que se tienen para la evaluación pesquera del barrilete son:

- 1.- La pesquería del barrilete resultará no sobreexplotada, si toda la variación anual de  $Y$  coincide desarrollarse en las áreas grises de ambos tipos de  $\hat{Y}$ .
- 2.- La pesquería del barrilete resultará sobreexplotada, si toda la variación anual de  $Y$  coincide desarrollarse en las áreas blancas de  $\hat{Y}$ .
- 3.- Cuando ocurra movilidad de  $Y$  entre las áreas gris y blanca, la evaluación final se decidirá con base en la posición en la que el año final se encuentre en una respectiva área.

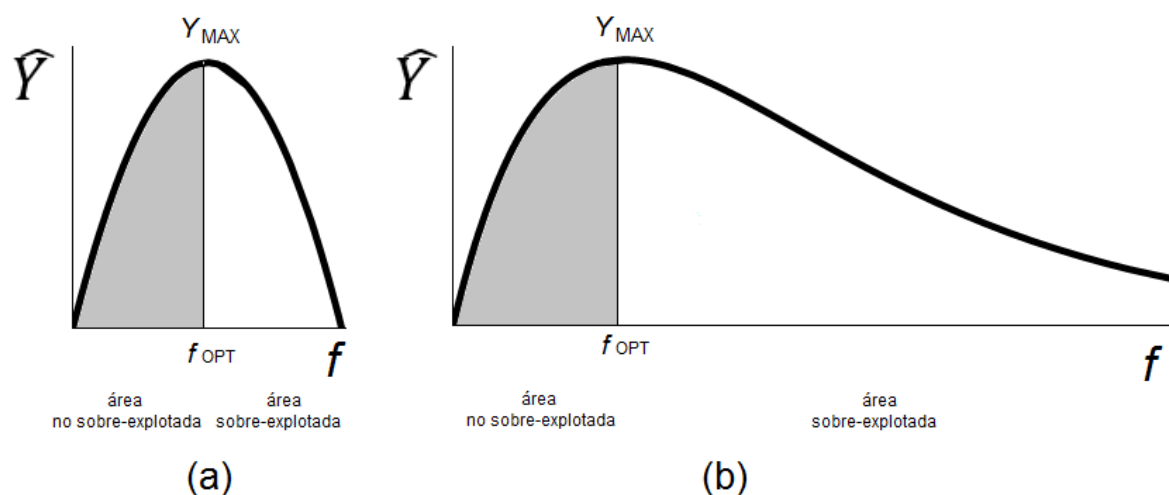


Figura 3.  $\hat{Y}$  = Curvas de ajuste de captura esperada para la evaluación de la pesquería del barrilete en los modelos de Schaefer (a) y Fox (b) (líneas curvadas en negrita),  $f_{OPT}$  = esfuerzo óptimo o recomendado para generar la  $Y_{MAX}$  = máximo de capturas o rendimiento máximo sostenible,  $f$  = esfuerzo (número de embarcaciones),  $Y$  = captura (Ton).

La evaluación pesquera se realizó con el programa Excel y el programa Statistica ver. 7.0 (StatSoft Inc. 2004).

#### *Información oceanográfica*

Se utilizó información satelital que incluye lotes de imágenes de satélite para compuestos mensuales de Cl a ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) y TSM, ( $^{\circ}\text{C}$ ), periodo de 2002 al 2018. Las imágenes tienen resolución a 9.2 km/pixel (mundiales), procesamiento completo L<sub>3</sub> y están en el formato Hierarchical Data Format (HDF). Los lotes de imágenes de satélite corresponden al sensor MODIS-Aqua. Esta información fue descargada del portal Ocean Color web (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>).

Para el caso de los lotes de imágenes mundiales mencionados, se realizó un corte geográfico en las coordenadas Lon -102 Lat 7.5 y Lon -88 Lat 17.9, para enfocar a la región del Golfo de Tehuantepec, que incluye a los estados de Oaxaca y Chiapas (Cervantes-Hernández 2008). Una vez que todos los lotes de imágenes se unificaron al mismo corte geográfico y debido a que estos corresponden a distintos sensores, se procedió a estandarizar cada registro de Cl a y TSM a un mismo tipo de algoritmo de escala (Cervantes-Hernández y Manzano-Sarabia 2017). Estos son:

Para Cl a, se utilizó el algoritmo SeaWiFS,

$$mg * m^{-3} = ((10^{0.015 * VD}) - 2.0)$$

Para TSM, se usó el algoritmo AVHRR “Pathfinder”

$$^{\circ}C = (VD * 0.15) - 3$$

VD = Valor digital del pixel en escala de grises. Los rangos válidos para la estandarización son de 0.01 a 64.0 mg.m<sup>-3</sup> y de 0 a 35.25°C.

### *Regionalización*

Para cada lote de imágenes Cl a y TSM (cortes geográficos), se obtuvieron los compuestos de promedios específicos de enero a diciembre, reduciendo así cada lote a 12 imágenes. Para cada caso, las imágenes correspondientes fueron analizadas con la técnica de Análisis de Componentes Principales (ACP) (Anexo I), para generar la regionalización de Cl a y TSM (Cervantes-Hernández y Manzano-Sarabia 2017).

### *Región marina de pesca*

Cuando la sub-región marina de pesca del barrilete se estableció, se obtuvieron por serie de tiempo los valores de promedio mensual para Cl a y TSM por unidad de área con los lotes de imágenes geográficas sólo para esta zona.

### *Correlación múltiple*

Finalmente, las series de tiempo Y, Cl a y TSM se correlacionaron de manera múltiple. Con base en lo anterior, se corroboró en comparación con *K. pelamis*, que la mayor abundancia ocurra en las sub-regiones marinas con TSM cálidas de 20 a 28°C y baja concentración de Cl a.

Los procesamientos satelitales se realizaron con el programa WIM/WAM (<http://wimsoft.com/>) y los de correlación con el programa Statistica, ver.7.0 (Statsoft Inc. 2004).

### *Vulnerabilidad*

La vulnerabilidad fue estimada en función a la metodología utilizada por Hanh *et al.* 2009. El Índice de Vulnerabilidad de Medios de Vida (IVMV) se compone de múltiples indicadores (subcomponentes) que están agrupados en siete componentes principales: perfil sociodemográfico, los medios de vida, las redes sociales, salud, seguridad alimentaria, agua, y los desastres naturales y la variabilidad climática. A su vez, estos se integraron a los componentes de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación para desarrollar el IVMV-IPCC.

Si bien el trabajo de Hanh *et al.* (2009) desarrollado en una comunidad en Mozambique considera ciertos subcomponentes específicos para la estimación del IVMV, rescatan la flexibilidad de esta metodología al poder utilizar tanto otros subcomponentes como otros esquemas de ponderación para cuantificar los componentes principales, de modo que estas adecuaciones permitan reflejar de mejor manera las prioridades locales; así mismo, recomienda se tenga en cuenta la estandarización de los subcomponentes utilizando valores máximos y mínimos para la población de estudio.

Con base en lo anterior, se desarrolló la encuesta para pescadores de Puerto Ángel considerando el mismo enfoque de análisis propuesto por Hanh *et al.* (2009), eliminando los subcomponentes que no se adaptan a la situación local, modificando aquellos que se parecen, retomando subcomponentes generados en otros trabajos y proponiendo subcomponentes inéditos. En la Tabla II se enlistan los componentes

principales y los subcomponentes utilizados en este trabajo, así como las preguntas empleadas en la entrevista.

Los subcomponentes descartados son: Porcentaje de hogares con jefas de familia, porcentaje de hogares con huérfanos, porcentaje donde un miembro de la familia ha perdido el trabajo o la escuela debido a una enfermedad, promedio de malaria, porcentaje de hogares que no guardan cultivos o semillas, porcentaje de hogares que no recibió una advertencia sobre el desastre natural y porcentaje de hogares con una lesión o muerte como resultado de los más severos desastres naturales en los últimos 6 años. Las razones por las que se evitaron estos subcomponentes pudieron ser cualquiera de las que se enlistan a continuación:

1. Las condiciones en las que se plantearon estos subcomponentes son propias de las comunidades de Mozambique, en donde se desarrolló esta metodología
2. El presente trabajo está enfocado a pescadores, actividad llevada a cabo por hombres
3. El estudio se conducirá principalmente con un sector productivo, no a hogares
4. Porque los antecedentes de enfermedades son diferentes en México
5. El interés se centra en la pesca, por lo que no se considera que se realicen actividades intensivas de cultivo o ganadería
6. Presencia institucional de organismos especializados en situaciones de desastres naturales (por ejemplo, Protección Civil)

Todas las consideraciones anteriores se han hecho para mostrar de la mejor manera posible aquellos eventos que pudieran generar vulnerabilidad en la región, adecuándose a las capacidades humanas, recursos intelectuales y económicos del responsable de esta investigación.

Tabla II. Indicadores de Vulnerabilidad de los Medios de Vida utilizados en Puerto Ángel. Modificado de Hanh *et al.* 2009.

| Componente principal | Estatus en IVMV | Subcomponente | Preguntas en la entrevista | Notas explicadoras |
|----------------------|-----------------|---------------|----------------------------|--------------------|
|----------------------|-----------------|---------------|----------------------------|--------------------|

|                                |            |                                                                            |                                                                                                                 |                                                                  |
|--------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Perfil sociodemográfico</b> |            | Tasa de dependencia                                                        | ¿Cuántos adultos/ adultos mayores/ niños viven en su casa? ¿Qué edades tienen?                                  |                                                                  |
|                                |            | Escolaridad                                                                | Último grado escolar obtenido                                                                                   |                                                                  |
|                                | Nuevo      | Promedio de cuartos utilizados para dormir                                 | ¿Cuántos cuartos para dormir tiene en su casa?                                                                  | Esto puede revelar condiciones de hacinamiento y pobreza Lu 2012 |
| <b>Medios de Vida</b>          |            | Porcentaje de familiares trabajando en otra comunidad                      | ¿Algún familiar de ustedes vive fuera de la comunidad por cuestiones de trabajo?<br>¿En dónde vive su familiar? |                                                                  |
|                                | Modificado | Porcentaje que sólo dependen de la pesca como fuente de ingresos           | ¿Sólo se dedica a la pesca?<br>¿Ha recibido algún apoyo económico del gobierno para la pesca?                   |                                                                  |
|                                |            | Promedio de actividades productivas (Índice de diversificación productiva) | ¿Recibe apoyos económicos de algún intermediario o comercializador?                                             |                                                                  |
| <b>Salud</b>                   |            | Promedio de tiempo de atención médica (en minutos)                         | ¿Cuánto espera para ser atendido ante una emergencia?                                                           |                                                                  |
|                                |            | Porcentaje de hogares con integrantes con enfermedad crónica               | ¿Algún miembro de su familia tiene alguna enfermedad crónica (diabetes, hipertensión, cáncer)?                  |                                                                  |
|                                | Modificado | Porcentaje de hogares que hayan presentado enfermedades por                | En el último año, ¿usted o algún miembro de su familia se han                                                   | Este índice se adapta a las enfermedades que                     |

|                              |            |                                                                                      |                                                                                                                         |                                                                                                     |
|------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              |            | vectores (dengue/zika/chikungunya)                                                   | enfermado de dengue/chikungunya/zika?                                                                                   | se han reportado en la región                                                                       |
|                              | Nuevo      | Porcentaje que cuenta con seguro médico de gobierno                                  | Cuándo se enferma alguien de su familia, ¿a dónde acude? ¿Cuenta con seguro médico?                                     | Es una característica de algunos programas de asistencia social mexicana (PROSPERA, Seguro Popular) |
| <b>Redes sociales</b>        | Nuevo      | Porcentaje que no confía en los miembros de su comunidad                             | ¿Cuánto confía en los miembros de su comunidad?                                                                         | La operatividad de muchos programas de gobierno depende del trabajo en conjunto                     |
|                              |            | Porcentaje de préstamo                                                               | ¿Pediste prestado dinero de parientes o amigos el mes pasado?<br>¿Prestaste dinero a parientes o amigos el mes pasado?  |                                                                                                     |
|                              | Nuevo      | Porcentaje que no confía en las autoridades municipales                              | ¿Cuánto confía en las autoridades municipales? ¿Le parece transparente el proceso de otorgamiento de permisos de pesca? | Percepción de la corrupción en México<br>Índice de percepción de la corrupción (IPC)                |
|                              | Modificado | Porcentaje que no pertenecen a ningún grupo social fuera de la cooperativa           | ¿Pertenece usted o su conyugue a algún grupo dentro de la comunidad?                                                    | Existe una amplia diversidad de membresía (grupos religiosos, deportivos, comités vecinales)        |
| <b>Seguridad alimentaria</b> | Modificado | Porcentaje que sólo dependen de la pesca realizada por ellos mismos para alimentarse | ¿De dónde consigue su familia la mayor parte de la comida?                                                              | Se adaptó a la actividad económica de interés                                                       |

|                                                     |            |                                                                                                      |                                                                                                                                                  |                                                           |
|-----------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                                                     |            | Porcentaje que cuenta con animales de corral o ganado                                                | ¿Cuenta usted con animales de corral, ganado, etc?<br>¿Tiene algún cultivo, hortaliza, etc? ¿Qué desayunó su familia hoy?<br>¿Qué comieron ayer? |                                                           |
|                                                     |            | Promedio que cuenta con cultivos y/o hortalizas (Promedio del Índice de diversificación de cultivos) |                                                                                                                                                  |                                                           |
|                                                     |            | Promedio de meses que tienen dificultades para conseguir comida                                      | ¿Cuáles son los mejores meses para la pesca? ¿Y los malos?                                                                                       |                                                           |
| <b>Agua</b>                                         |            | Promedio que obtiene agua por fuentes naturales                                                      | ¿De dónde obtiene el agua que usa en su casa?                                                                                                    |                                                           |
|                                                     |            | Porcentaje de hogares que no tienen suministro estable de agua                                       | ¿Esta agua está disponible todos los días?                                                                                                       |                                                           |
| <b>Desastres naturales y variabilidad climática</b> | Modificado | Promedio de eventos naturales (Huracanes, mar de fondo, sismos) 2005-2017                            | Datos proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN)                                                                                | El periodo de análisis de datos ambientales es más amplio |
|                                                     | Nuevo      | Casas con una construcción débil frente a una tormenta                                               | ¿De qué material está constituido el techo? ¿Y las paredes?                                                                                      | Tomado de Shah <i>et al.</i> 2013                         |
|                                                     |            | Media de la desviación del promedio diario de temperatura máxima por mes (2005-2017)                 | Datos proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN)                                                                                |                                                           |
|                                                     |            | Media de la desviación del promedio diario de temperatura                                            | Datos proporcionados por el Servicio                                                                                                             |                                                           |

|  |  |                                                                                                    |                                                                               |  |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | mínima por mes<br>(2005-2017)                                                                      | Meteorológico<br>Nacional (SMN)                                               |  |
|  |  | Media de la<br>desviación del<br>promedio diario<br>de la precipitación<br>por mes (2005-<br>2017) | Datos<br>proporcionados<br>por el Servicio<br>Meteorológico<br>Nacional (SMN) |  |

Notas: Todas las comparaciones de los subcomponentes se basan en la metodología descrita en Hahn *et al.* (2009); a menos que se indique lo contrario en el estatus de "nuevo" o "modificado". Se pueden encontrar notas adicionales sobre las particularidades de los subcomponentes adoptados.

Debido a que los componentes se encuentran medidos en diferentes escalas, es necesario estandarizar cada índice, para lo cual, Hahn *et al.* 2009 proponen utilizar una modificación del Índice de Desarrollo Humano, quedando de la siguiente manera:

$$Índice_{sc} = \frac{S_c - S_{min}}{S_{max} - S_{min}}$$

Donde  $Índice_{sc}$  resulta del cálculo del promedio de todas las puntuaciones correspondientes a un subcomponente ( $S_c$ ) y  $(S_{max} - S_{min})$  son las puntuaciones máximas y mínimas de cada subcomponente; las escalas usadas para cada subcomponente varían de acuerdo con estos valores. Una vez calculados todos los  $Índice_{sc}$  para cada subcomponente, estos se combinaron respectivamente para determinar los valores de los componentes principales.

El cálculo de valores para componentes principales se realizó de la siguiente manera:

$$CP_C = \frac{\sum_{i=1}^n Índice_{sc}}{n_{sub}}$$

Los componentes principales o indicadores ( $CP_C$ ) fueron determinados con base en el promedio de todos los valores de cada  $Índice_{SC}$  dividido por el número total de los mismos ( $n_{sub}$ ) que contribuyeron a  $CP_C$ . Después de obtener cada  $CP_C$  se obtuvo el IVMV:

$$IVMV_C = \frac{\sum_{i=1}^7 P_{CP_C} CP_C}{\sum_{i=1}^7 CP_C}$$

Donde  $IVMV_C$  es igual al valor medio ponderado de los siete factores principales  $CP_C$ , y su peso  $P_{CP_C}$ , determinado por el número subcomponentes ( $S_C$ ) que constituye cada  $CP_C$ . El  $IVMV_C$  fue medido en una escala de 0 (menos vulnerable) a 1 (más vulnerable).

Se empleó un método alternativo para integrar los siete indicadores principales de acuerdo a las tres componentes (exposición al cambio, sensibilidad al cambio y capacidad adaptativa) que constituyen la vulnerabilidad, de acuerdo con la definición generada por el IPCC, y se generó el índice de vulnerabilidad ante el cambio climático (IVMV-IPCC) para la localidad.

El cálculo del IVMV-IPCC difiere del IVMV al combinarse los componentes principales pues en lugar de fusionar los componentes principales en un solo paso como en el IVMV, primero se combinan de acuerdo con el esquema de categorización de la Tabla III, utilizando la siguiente ecuación:

$$FC_C = \frac{\sum_{i=1}^n P_{CP_C} CP_C}{\sum_{i=1}^n P_{CP_C}}$$

Tabla III. Categorización de los componentes principales en los tres factores contribuyentes del IVMV-IPCC. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

|                      |                                              |
|----------------------|----------------------------------------------|
| Exposición           | Desastres naturales y variabilidad climática |
| Capacidad adaptativa | Perfil sociodemográfico                      |
|                      | Medios de Vida                               |
|                      | Redes Sociales                               |
| Sensibilidad         | Salud                                        |
|                      | Seguridad alimentaria                        |
|                      | Agua                                         |

Donde  $FC_C$  fue cada una de las tres componentes de vulnerabilidad (Exposición, Sensibilidad y Capacidad adaptativa);  $P_{CP_C}$  es el peso de cada componente principal en cada factor contribuyente y  $n$  es igual al número de componentes principales en cada  $FC_C$ . Después de calcular el nivel de exposición, sensibilidad, y de capacidad de adaptación, éstos se combinaron mediante la siguiente ecuación:

$$IVMV - IPCC = (E_C - Ca_C) * S_C$$

El resultado fue un índice de vulnerabilidad de los Medios de vida desde el marco de vulnerabilidad, adoptado por el IPCC (IVMV-IPCC), en el cual  $E_C$  es el valor de exposición,  $Ca_C$  es la puntuación de la capacidad adaptativa y  $S_C$  es la puntuación de sensibilidad, calculadas para la localidad. El IVMV-IPCC se escaló de -1 (menos vulnerables) a 1 (más vulnerable).

## Resultados

### *Medios de Vida Sostenibles*

#### *Pobreza y bienestar: El discurso local*

Se recogió el discurso local de los pescadores respecto a la percepción del bienestar y la pobreza, de este ejercicio, se obtuvo como resultado la tabla VI. Dicha información sentó las bases del análisis de los capitales que componen los medios de vida. Los aspectos representativos respecto al status de bienestar o pobreza fueron los siguientes:

Tabla VI. Ideas asociadas con bienestar y pobreza por los pescadores de Puerto Ángel.

| <b>Pobreza</b>            | <b>Bienestar</b>                  |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Ingresos económicos bajos | Salario fijo                      |
| Comida insuficiente       | Electrodomésticos                 |
| Sin servicios públicos    | Casa de concreto propia           |
| Pesquería furtiva         | Pertenecer a una cooperativa      |
| Vivir rentando            | Tener acceso a recursos naturales |

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Problemas de drogadicción    | Seguro médico |
| Sin acceso a atención médica |               |

Capital humano: integra las capacidades y aptitudes desarrolladas para el trabajo. Los pescadores señalan que la línea de bienestar que divide a los pescadores está basada en la capacidad de saber realizar más de un oficio o tener un negocio propio aparte de la pesca. La educación no jugó un rol importante en este capital.

Capital social: las redes sociales que establecen los pescadores constituyen un recurso añadido en la identificación del bienestar en la localidad, dando lugar a ventajas sobre otros pobladores de la localidad. De esto, se destaca el hecho de pertenecer a una cooperativa como un elemento que favorece ampliamente el bienestar, pues esta condición facilita el acceso a diferentes programas de gobierno de apoyo a la pesca. Por el contrario, se señala a la pesca furtiva como un estado indeseable, al cual recurren sólo los pescadores más pobres de la localidad o aquellos con poco interés por la legalidad, situación mal vista por el resto de los pescadores.

Capital financiero: la necesidad de buscar trabajos de ocasión dentro y fuera de la pesca fue tomado como un indicador de pobreza. Esta situación se observa con mayor permanencia en épocas en las que el recurso escasea y no se tienen fuentes alternas de ingresos que permitan tener certidumbre; la seguridad en el ingreso fue considerada la idea más importante relacionada con el bienestar de las personas

Capital físico: fue señalado por los bienes en el equipamiento de trabajo, así como por la vivienda y bienes electrodomésticos. Consideran que los pescadores que cuentan con casas de concreto se encuentran en una línea de mayor bienestar respecto a aquellos que tienen casas de adobe o techos de palma, ya que estos pueden hacer frente a situaciones climáticas adversas como los huracanes.

Capital natural: Se señaló puntualmente lo siguiente respecto a la pobreza:

*“Aquí hay recursos que explotar, el que es pobre es porque no quiere trabajar, el mar ha sido muy generoso y a todos nos da de comer... la gente pobre es la que no puede aprovechar sus recursos naturales”* Pescador, 60 años.

Entre los pescadores existe un marcado reconocimiento de los recursos naturales a los que tienen acceso, considerándose en ventaja respecto a otros sectores de la población que no se relacionan con la pesca, pues esta actividad provee alimentos e ingresos económicos que impactan en la localidad y comunidades vecinas. Otro elemento importante que impacta directamente sobre el ambiente que les rodea es la contaminación de sus costas, siendo este el problema más reconocido entre la mayoría de los encuestados al señalar que este problema es lo que menos les gusta de la localidad.

Dinámica intrafamiliar: la violencia doméstica como consecuencia de la escases de recursos y como resultado de la drogadicción, fueron señaladas como los principales problemas a los que se enfrentan los hogares de los pescadores en Puerto Ángel. De acuerdo con lo expresado por los entrevistados de mayor edad, reconocen un incremento en el consumo de estupefacientes, principalmente marihuana, a edades cada vez más tempranas, teniendo como consecuencia la fragmentación de los hogares.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, los pescadores señalan como personas ricas a aquellas que cuentan con un hogar propio equipado con electrodomésticos y con acceso a los servicios públicos de agua potable y luz eléctrica, con capacidad económica y salud suficiente para mantenerse pescando por cuenta propia, contando con la posibilidad de brindar educación académica a los miembros de su familia; los pobres carecen de todo ello y tienden a vivir en hogares conflictivos, con problemas de adicciones, marginados en todos los sentidos y de todos los programas de asistencia social.

#### *Contexto de vulnerabilidad*

Los pescadores de Puerto Ángel han enfrentado periodos de crisis en la realización de sus actividades, las cuales han marcado un hito en el bienestar de sus familias y de toda la comunidad. Algunos eventos ajenos a la dinámica local de la pesca han

marcado tendencias tanto positivas y negativas, las cuales han repercutido a través de los años.

### *Choques*

El principal choque en la localidad es de tipo natural. Para el periodo de estudio de las condiciones ambientales (2005-2018), tuvieron lugar un total de 22 eventos naturales (huracanes y ciclones) considerados de impacto para esta investigación debido a que, en todos estos casos, ocasionaron el cierre a la navegación, limitando la actividad pesquera. En este periodo, el huracán Carlotta resultó ser el evento de mayor impacto en los últimos años, con afectación directa a los medios de vida de los pescadores. El total de eventos se describe en la tabla VII.

Tabla VII. Eventos climáticos con afectación directa o indirecta sobre la pesca en Puerto Ángel de 2005 a 2017

| <b>Año</b> | <b>Nombre</b> | <b>Tipo</b>        | <b>Categoría</b> |
|------------|---------------|--------------------|------------------|
| 2005       | Calvin        | Tormenta tropical  | -                |
| 2005       | Hilary        | Huracán            | 2                |
| 2006       | Aletta        | Tormenta tropical  | -                |
| 2006       | John          | Huracán            | 3                |
| 2007       | Barbara       | Tormenta tropical  | -                |
| 2007       | Henriette     | Huracán            | 1                |
| 2008       | Elida         | Huracán            | 2                |
| 2008       | Fausto        | Huracán            | 2                |
| 2008       | Odile         | Tormenta tropical  | -                |
| 2010       | Celia         | Huracán            | 2                |
| 2010       | Darby         | Tormenta tropical  | -                |
| 2010       | Dp no. 2      | Depresión tropical | -                |
| 2010       | Dp no. 11     | Depresión tropical | -                |
| 2010       | Frank         | Huracán            | 1                |
| 2011       | Hillary       | Huracán            | 4                |
| 2012       | Carlotta      | Huracán            | 2                |
| 2015       | Patricia      | Huracán            | 5                |
| 2016       | Dt no. 1      | Depresión tropical | -                |
| 2017       | Beatriz       | Tormenta tropical  | -                |
| 2017       | Calvin        | Tormenta tropical  | -                |
| 2017       | Dora          | Huracán            | 1                |

|      |       |                   |   |
|------|-------|-------------------|---|
| 2017 | Ramón | Tormenta tropical | - |
|------|-------|-------------------|---|

### *Estacionalidad*

La estacionalidad más importante en la localidad es la relacionada con la disponibilidad del recurso y, por tanto, su valor en el mercado. Los pescadores afirman que la pesca es “variada”, teniendo temporadas con amplia escases del recurso y otras de gran abundancia; en ambas situaciones se percibe como un problema, ya sea porque resulta inviable salir a pescar debido a los altos costos de operación de las embarcaciones (principalmente compra de gasolina), o debido al exceso de la oferta, por lo que el mercado reduce el costo del pescado hasta en 5 pesos por pieza. Tal situación genera incertidumbre del mercado, situación que se ha acentuado con los años al no encontrar en dónde comercializar el total de la producción.

Aunque la opinión se encuentra dividida, se identifica que los meses de marzo, abril y mayo como los menos productivos, y a partir de este mes y hasta septiembre, como los meses más productivos; la mayoría está de acuerdo que, con la presencia de aguas más frías, la población de barrilete disminuye.

### *Análisis de capitales*

Fueron analizados los cinco capitales que componen los MVS de los pescadores de Puerto Ángel. Se tuvo especial énfasis en el capital natural, por lo que la extensión del análisis de dicho capital pretende servir como una guía de análisis ante futuras investigaciones, en esta u otras localidades, en las que el conocimiento previo respecto a este componente sea nulo o muy escaso.

Todos los capitales se ponderaron y se colocaron en una escala que va del 0 al 10, donde los valores cercanos a 0 reflejan un déficit y aquellos tendientes al 10, suponen mayores condiciones de bienestar respecto al capital analizado.

### *Capital humano*

La estimación del capital humano se conformó por tres elementos: nivel de educación, capacidad para el trabajo y las condiciones de salud locales. En el primer caso, la escolaridad promedio de los pescadores ronda los 9 años, esto es, haber realizado los estudios de educación básica. Cabe destacar que sólo los pescadores más jóvenes muestran una escolaridad mayor a la educación primaria, teniendo una escolaridad que por lo general se ubica en nivel de media superior. Al respecto, un pescador opinó lo siguiente:

*“Cuando era chico sólo se podía estudiar hasta el cuarto grado de primaria porque era lo único que había... yo fui 3 años a cuarto año, me aburrí y no volví a estudiar”*  
Hombre, 62 años.

Se observó que sólo el 30% de los pescadores tienen una fuente de ingresos diferente a la pesca. Dichas actividades se concentran en el autoempleo en actividades relacionadas con el servicio turístico, preparación de alimentos o por comercio al menudeo.

Las condiciones de salud en la localidad resultaron ser realmente comprometedoras. La falta de atención ante una emergencia deja en la población un sentimiento de aislamiento ante una eventualidad de este tipo, ya sea por falta de médico, medicinas, por el tiempo que toma ser atendido. Aunado a esto, cerca de la mitad de los entrevistados refirió que en su hogar vive al menos una persona con alguna enfermedad crónica degenerativa, siendo la diabetes el padecimiento más común.

Debido a lo anterior, el valor final de este capital obtuvo un valor de seis.

### *Capital natural*

La ponderación de este capital incluye el análisis tradicional de los MVS que contempla los recursos naturales terrestres con los que cuentan las personas, la evaluación de la pesquería y la regionalización.

Se exhibe una baja relación entre los pescadores y las actividades relacionadas con el campo. Los principales cultivos que poseen son arboles de limón, papaya y palmeras; estos últimos son muy estimados debido a los cocos que producen y a

que las palmas secas son utilizadas en la construcción de palapas en la zona. No existe la ganadería como opción productiva y los animales de traspatio más comunes son las gallinas y los patos.

El inconstante suministro de agua potable y las pocas viviendas que cuentan con un pozo, colocan a la población a un riesgo latente. Por lo general, son aprovechados los días de suministro de agua para realizar el aseo de sus viviendas y para almacenar agua en estanques, botes y cubetas para usarse durante la semana o hasta el siguiente suministro. Existen conflictos con la población de Santa María Tonameca, debido al incumplimiento de los pagos del servicio de agua potable. Ante tal situación, la desconfianza que se tiene con las autoridades locales, aumenta las tensiones de por sí existentes.

#### *Evaluación de la pesquería*

Con la variabilidad anual de  $Y$  con respecto a  $f$ , la  $\hat{Y}$  del modelo de Schaefer, indicó que  $Y_{MAX} = 991.5$  Ton y  $f_{OPT} = 1,492$  número de embarcaciones ( $r = 0.659$ ,  $p < 0.05$ ).

Con la variabilidad anual de  $Y$  con respecto a la  $f$ , la  $\hat{Y}$  del modelo de Fox, indicó que  $Y_{MAX} = 550.1$  Ton y  $f_{OPT} = 1,694$  número de embarcaciones ( $r = 0.635$ ,  $p < 0.05$ ).

Con el modelo de Schaefer (Fig. 2), se observó que la pesquería estuvo sub-explotada entre 2005 y 2008 (área gris), con variaciones de  $Y$  de 100 a 370 Ton anuales; dentro de un rango de variación de  $f$  entre 100 y 1,200 número de embarcaciones. La  $Y_{MAX}$  se alcanzó y superó entre 2014 y 2015; posteriormente a esto, la pesquería entró y se mantuvo sobreexplotada entre 2009 y 2017 (área blanca). Para este último periodo y como puede observarse, a niveles de  $f > f_{OPT}$ , la pesquería no ha generado niveles de  $Y$  mayores reportados entre 2005 y 2008 (área gris). Luego entonces, de 2005 a 2015 para esta pesquería, siempre se ha generado un rendimiento bajo a diferentes niveles de  $f$  de entre 100 a 500 toneladas anuales, lo que la ubica realmente como artesanal.

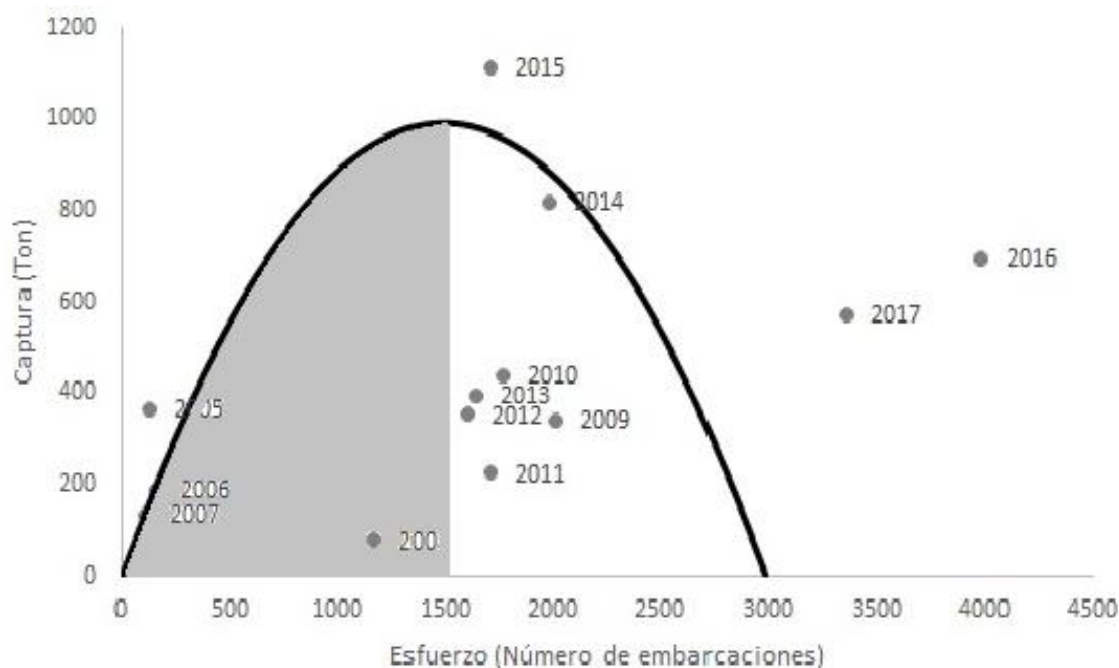


Figura 4. Fluctuación de captura anual de barrilete registrada en Puerto Ángel entre 2005 y 2017.  $\hat{Y}$  = curvas de ajuste de captura esperada para la evaluación pesquera del barrilete en el modelo de Schaefer (línea curvada en negrita),  $f_{OPT}$  = esfuerzo óptimo o recomendado para generar la  $Y_{MAX}$  = captura máxima recomendada o rendimiento máximo sostenible,  $f$  = esfuerzo (número de embarcaciones),  $Y$  = captura (ton).

Sólo en los años 2014, 2015, 2016 y 2017 (Fig. 3), la  $Y$ , se reporta al incremento, lo que resulta irracional, con respecto a su pasado de explotación (área gris) y con los niveles actuales registrados de  $f > f_{OPT}$ . Lo anterior, sugiere incongruencias en los avisos de arriba en todos los años mencionados, puesto que no es posible que exista una recuperación tan rápida de los niveles de  $Y$ , siendo que 5 años antes, se encontraba bajo sobre-explotación. Lo anterior se verificó con las series de tiempo de  $Y$  en correlación con la CI a y la TSM.

Con el modelo de Fox (Fig. 3), se observó lo mismo que con el modelo de Schaefer, clarificando lo antes expuesto para los años 2014, 2015, 2016 y 2017. El modelo de Fox, contiene una mejor explicación respecto a la variación de  $Y$  entre 2005 y 2013. Excluyendo a los años que no se ajustan al modelo de Fox, se corrobora que la pesquería del barrilete tuvo dos etapas de explotación, la primera de sub-explotación (2005-2008) (área gris) y la segunda sobre-explotada (2009-2013) (área blanca). Entre ambas etapas, la variación de  $Y$  es la misma, de 100 a 420 ton

anuales, dentro de un rango de variación de  $f$ , entre 100 y 1,200 número de embarcaciones. Esto es, la pesquería del barrilete parece estar en equilibrio dentro del periodo de tiempo analizado, porque a pesar de los incrementos en el  $f_{OPT}$ , la  $Y$  no desciende muy poco con respecto a una magnitud de  $Y_{MAX} = 550.1$  ton.

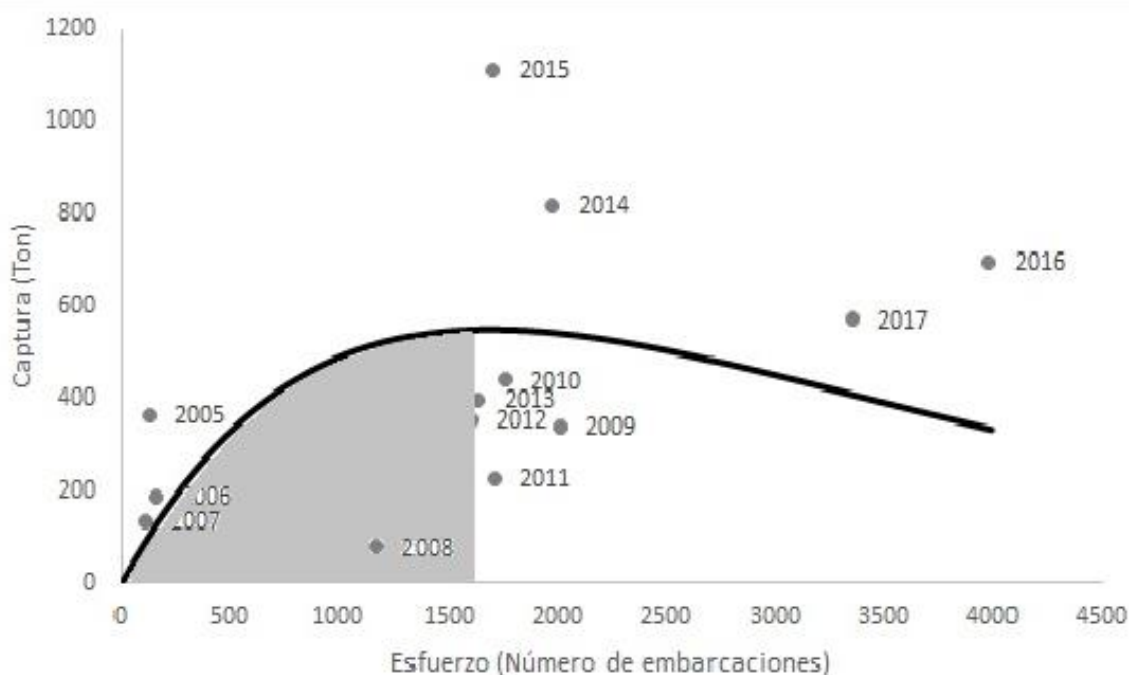


Figura 5. Fluctuación de captura anual de barrilete registrada en Puerto Ángel entre 2005 y 2017.  $\hat{Y}$  = curvas de ajuste de captura esperada para la evaluación pesquera del barrilete en el modelo de Fox (línea curvada en negrita),  $f_{OPT}$  = esfuerzo óptimo o recomendado para generar la  $Y_{MAX}$  = captura máxima recomendada o rendimiento máximo sostenible,  $f$  = esfuerzo (número de embarcaciones),  $Y$  = captura (ton).

### Regionalización

El ACP de la CI a generó seis imágenes regionalizadas de la cual sólo se eligió una para representar la regionalización de la CI a de acuerdo a dos criterios: el primero incluyó la raíz latente (Hair *et al.*, 1999), que señala que la componente principal a seleccionar es aquella cuyo Eigenvalor sea mayor o igual a uno, y en el segundo, que las imágenes generadas del ACP mostraran una regionalización bien diferenciada. Con la regionalización, fueron identificadas y delimitadas geográficamente, las áreas con mayor y menor CI a prevalecientes en la temporada de estudio (julio del 2002 a abril del 2018).

Como se observa en la figura 6, para el análisis de la CI a, los CP 1, 3, 4, 5 y 6 mostraron un producto regionalizado con pérdida de caracteres que impiden diferenciar las áreas con diferentes valores de CI a, reduciendo así su utilidad en el proceso de regionalización, por lo que tales CP fueron descartados y se utilizó el CP2.

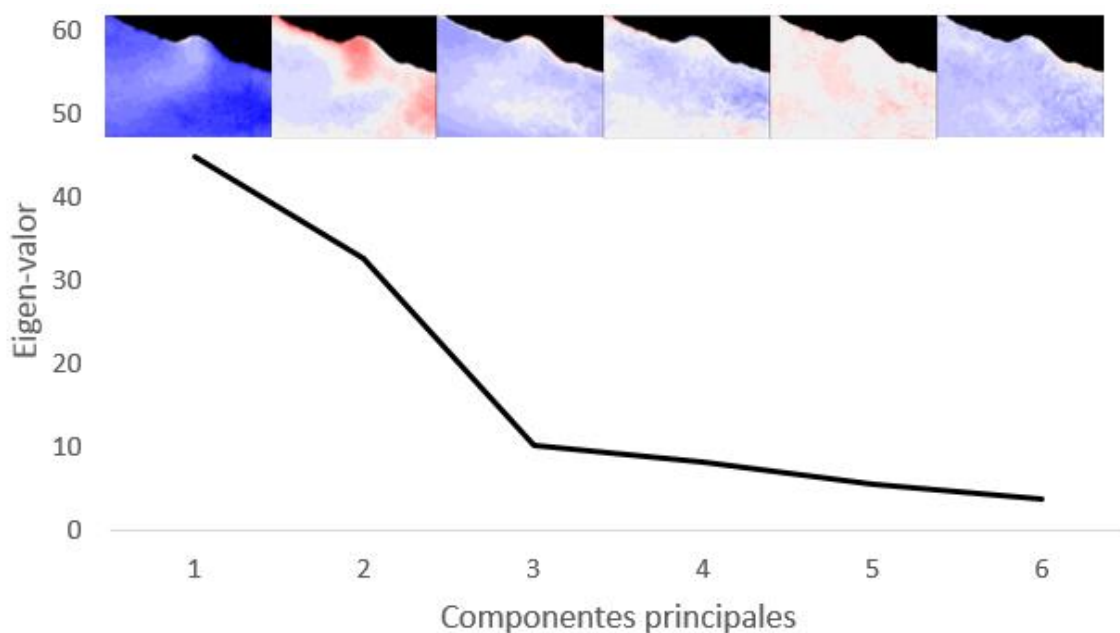


Figura 6. Imágenes regionalizadas y Eigen-valores de la CI a en el Golfo de Tehuantepec para los primeros 6 Componentes Principales.

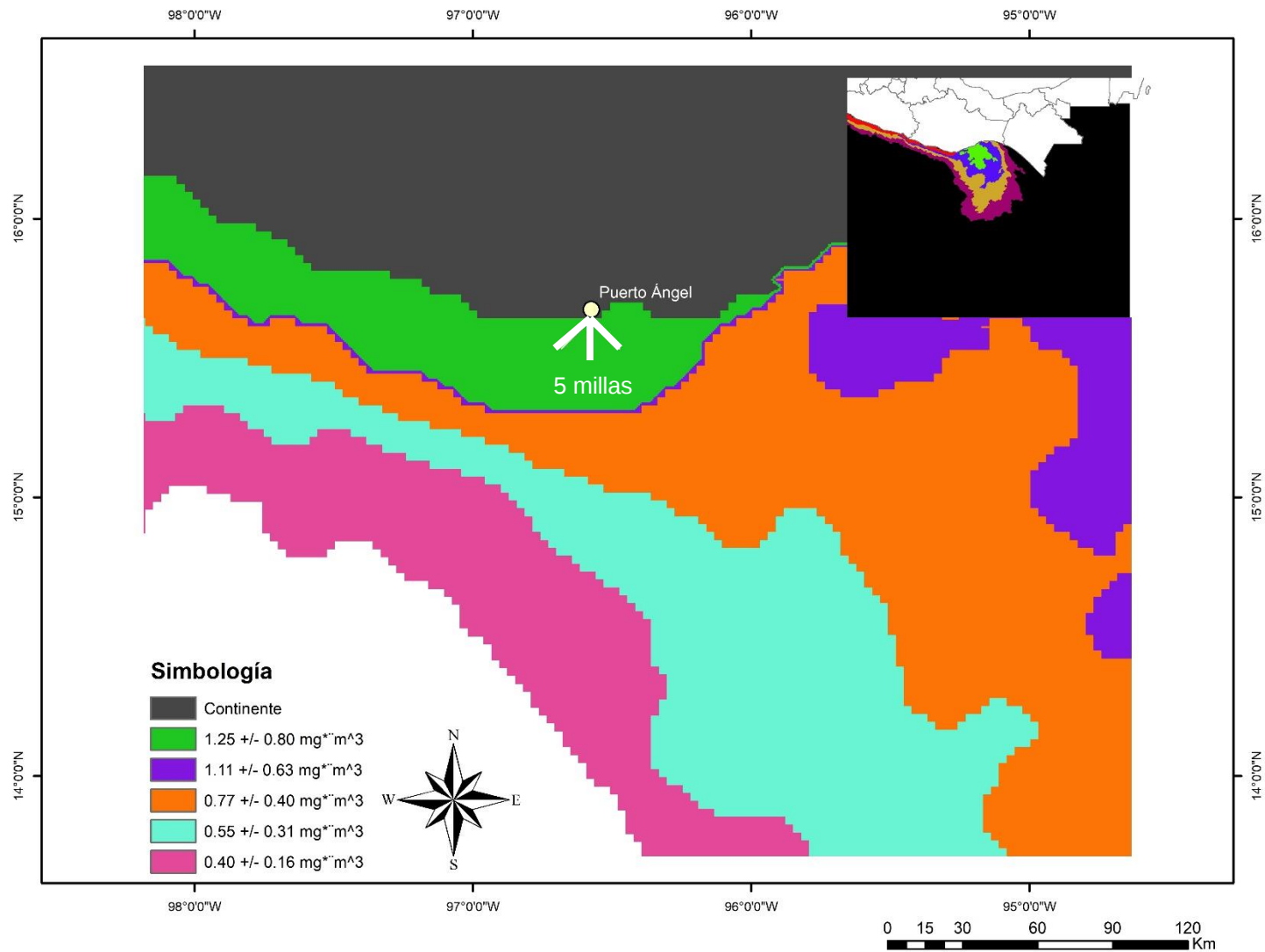


Figura 7. Mapa regionalizado de la Concentración de Cl a en el Golfo de Tehuantepec para el periodo 2002-2018.

El mapa regionalizado (Fig. 7) mostró una serie de intervalos de clase, cuyo nivel de Cl a fue agrupado en cinco sub-regiones diferentes; la sub-región 1 (color verde) es la más costera y se encuentra asociada a Cl a promedio de 1.25 mg\*m<sup>3</sup>, siendo esta la región con mayor Cl a y la sub-región 5 (color rosa) es la más oceánica y con menor Cl a en el Golfo de Tehuantepec (Tabla 1). Así mismo, se determinó que la zona de pesca donde se desarrolla la captura del barrilete, entre 1 y 5 millas fuera de la costa de Puerto Ángel, está completamente dentro de la sub-región 1.

Tabla 3. Promedio y desviación estándar de la Cl a para cada sub-región del Golfo de Tehuantepec para el periodo 2002-2018.

| Sub-región | Media (mg*m <sup>3</sup> ) | Desviación estándar | Color      |
|------------|----------------------------|---------------------|------------|
| 1          | 1.25                       | 0.80                | Verde      |
| 2          | 1.11                       | 0.63                | Azul       |
| 3          | 0.77                       | 0.40                | Naranja    |
| 4          | 0.55                       | 0.31                | Verde agua |
| 5          | 0.40                       | 0.16                | Naranja    |

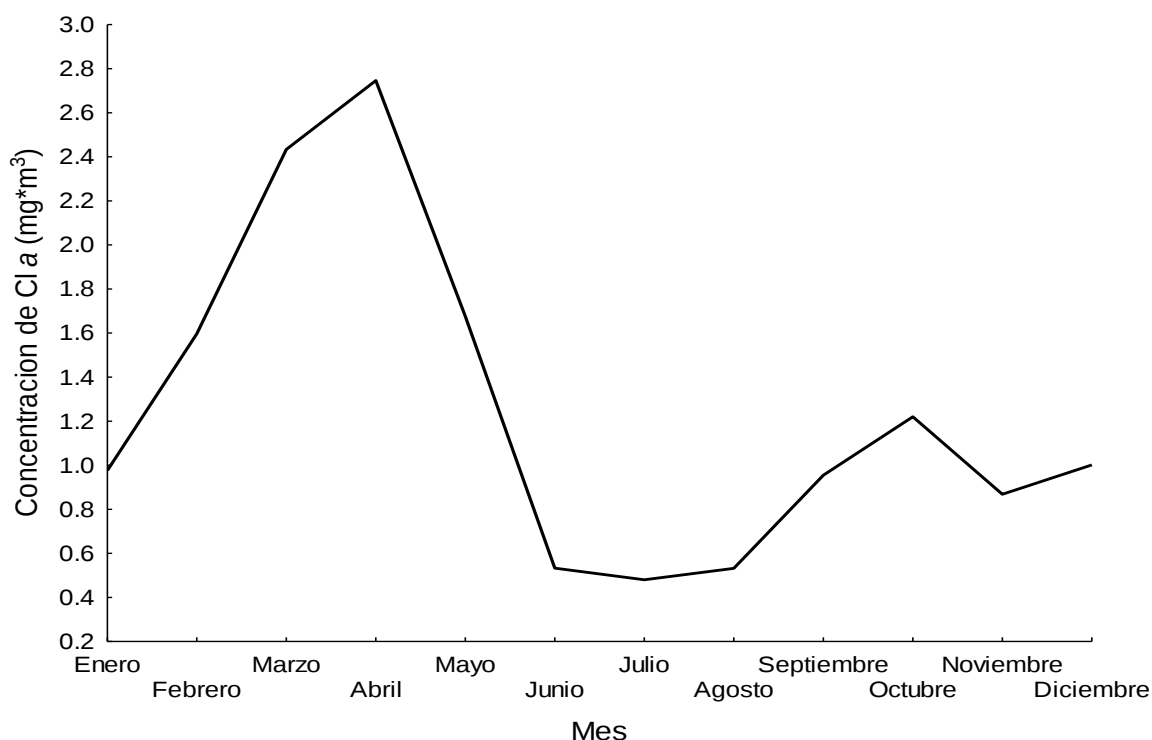


Figura 8. Compuestos mensuales promedio de la CI a de la sub-región 1 durante el periodo 2002-2018.

De acuerdo con los compuestos de promedios específicos mensuales (Fig. 8), se observa que típicamente existe un pico máximo de CI a en el mes de abril, seguido de un descenso abrupto, siendo los meses de junio, julio y agosto en los que existe una menor disposición de CI a.

En el caso de la TSM, los CP 1, 2 y 3 sí lograron mostrar un producto regionalizado, sin embargo, sólo el CP1 cumplió con el criterio de la raíz latente con un Eigen-valor de 1.43, por lo que fue la única opción contemplada para realizar la regionalización de la TSM tal como se muestra en la Figura 8.

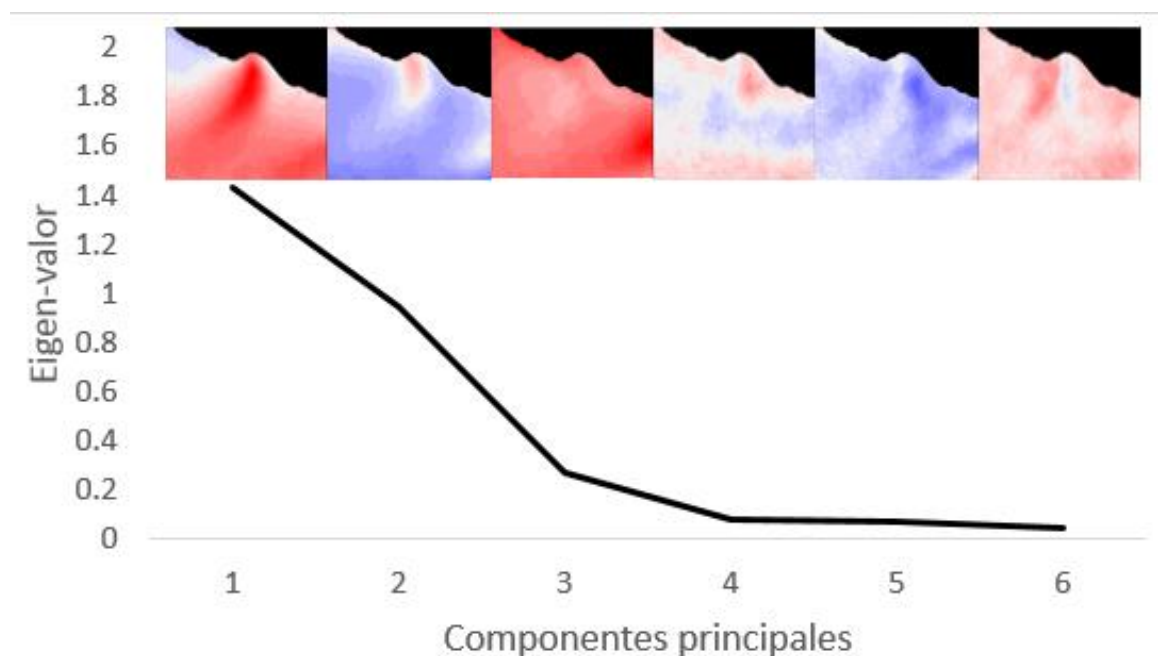


Figura 9. Imágenes regionalizadas y Eigen-valores de la TSM en el Golfo de Tehuantepec para los primeros 6 Componentes Principales.

El mapa regionalizado de la TSM exhibió nueve sub-regiones (Fig. 10), siendo la sub-región 1 la más fría con una temperatura promedio de 28.10 °C y las más cálidas las sub-regiones 8 y 9 con 29.76°C. Para el caso de la sub-región marina donde se captura el barrilete, se identificó que esta se encuentra asociada con la sub-región 8.

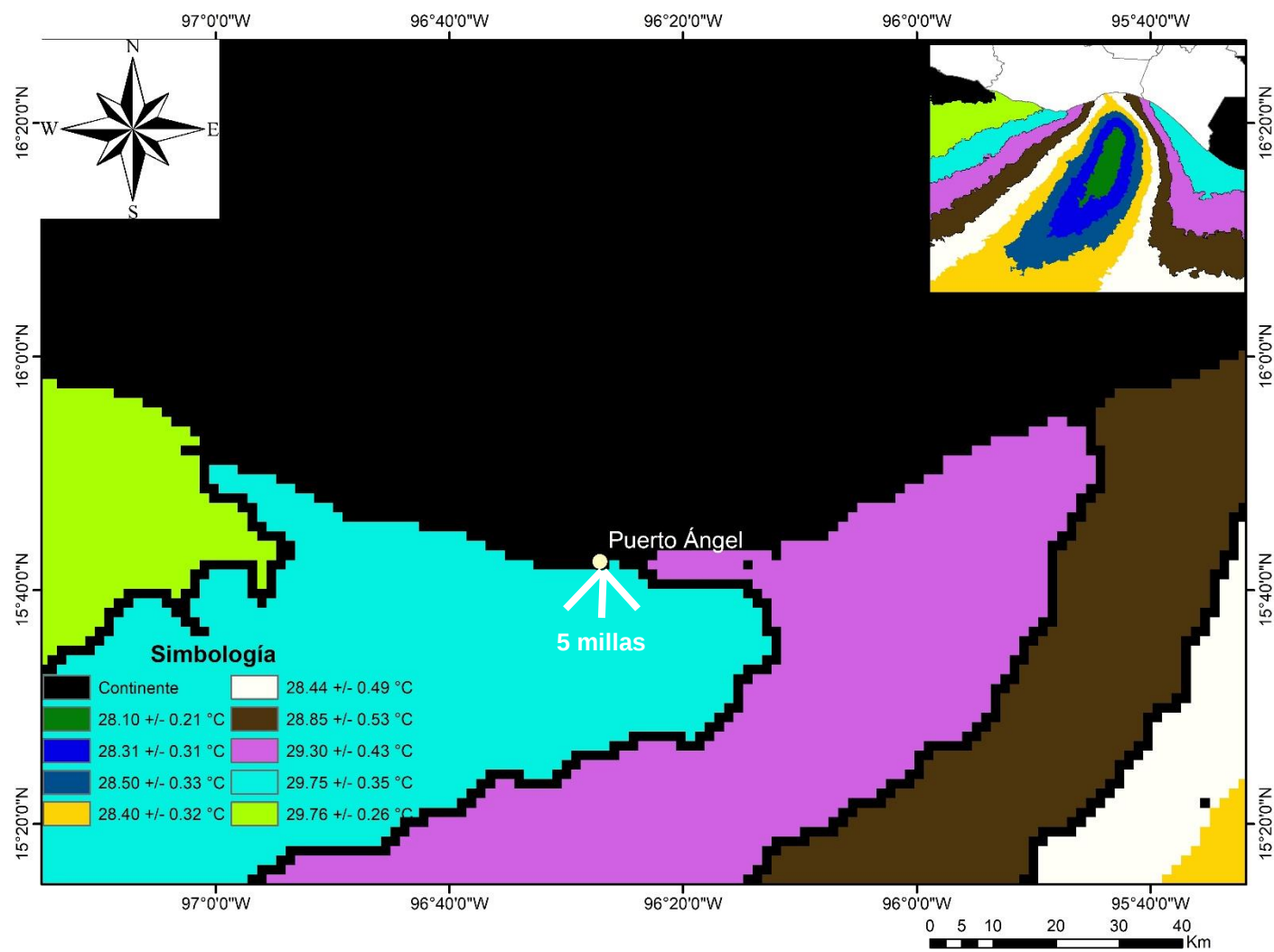


Figura 10. Mapa regionalizado de la Temperatura Superficial del Mar en el Golfo de Tehuantepec para el periodo 2002-2018.

Tabla 4. Promedio y desviación estándar de la TSM para cada sub-región del Golfo de Tehuantepec para el periodo 2002-2018.

| Sub-región | Media (°C) | Desviación estándar | Color       |
|------------|------------|---------------------|-------------|
| 1          | 28.10      | 0.21                | Verde       |
| 2          | 28.31      | 0.31                | Azul cielo  |
| 3          | 28.50      | 0.33                | Azul marino |
| 4          | 28.40      | 0.32                | Naranja     |
| 5          | 28.44      | 0.49                | Blanco      |
| 6          | 28.85      | 0.53                | Café        |
| 7          | 29.30      | 0.43                | Rosa        |
| 8          | 29.76      | 0.35                | Verde agua  |
| 9          | 29.76      | 0.26                | Amarillo    |

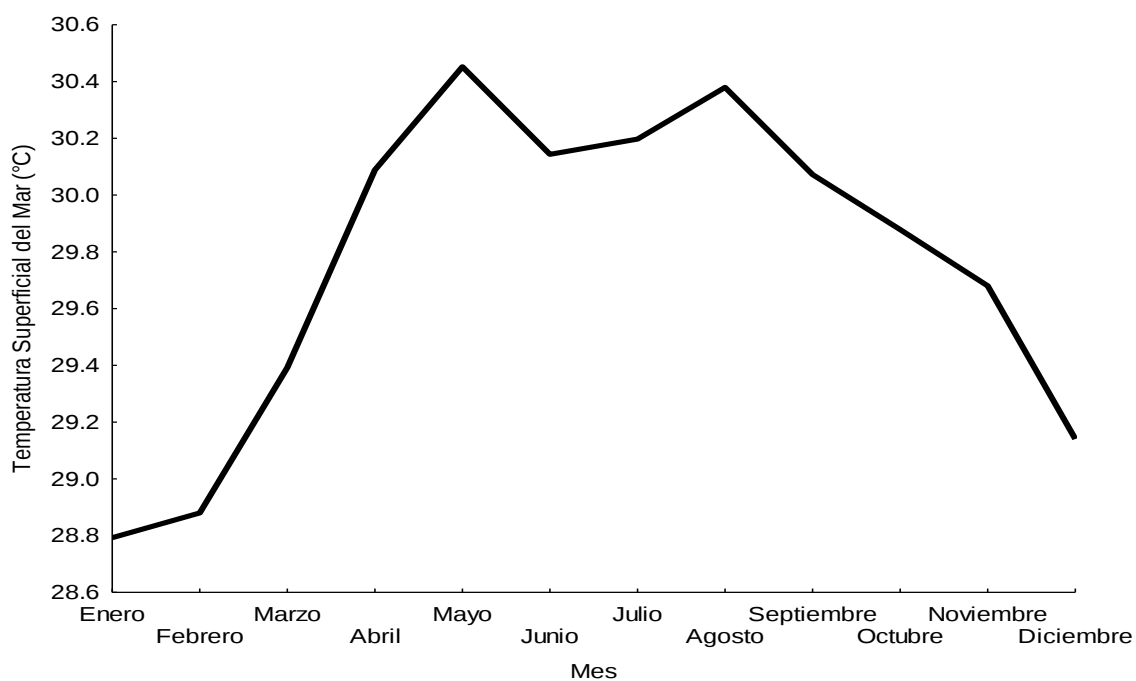


Figura 11. Compuestos mensuales promedio de la TSM de la sub-región 8 durante el periodo 2002-2018.

De acuerdo con los compuestos de promedios específicos mensuales (Fig. 11), se observa que típicamente existen dos picos de TSM en mayo y agosto con temperaturas superiores a los 30°C, la cual disminuye de manera constante hasta enero y vuelve a aumentar a partir de febrero.

### *Correlación*

Se realizó el análisis de correlación de las variables oceanográficas (CI a y TSM) respecto a la captura de barrilete registrada en Puerto Ángel. De acuerdo con el análisis, la CI a evidenció un índice de correlación (IR) de -0.16, indicando una relación indirectamente proporcional, mientras que la TSM mostró un IR de 0.30, siendo esta una relación directamente proporcional. Las series de tiempo de ambos tipos de información ambiental respecto a la captura de barrilete se presentan a continuación. Se considera que ambas variables muestran una baja relación respecto a la captura del barrilete.

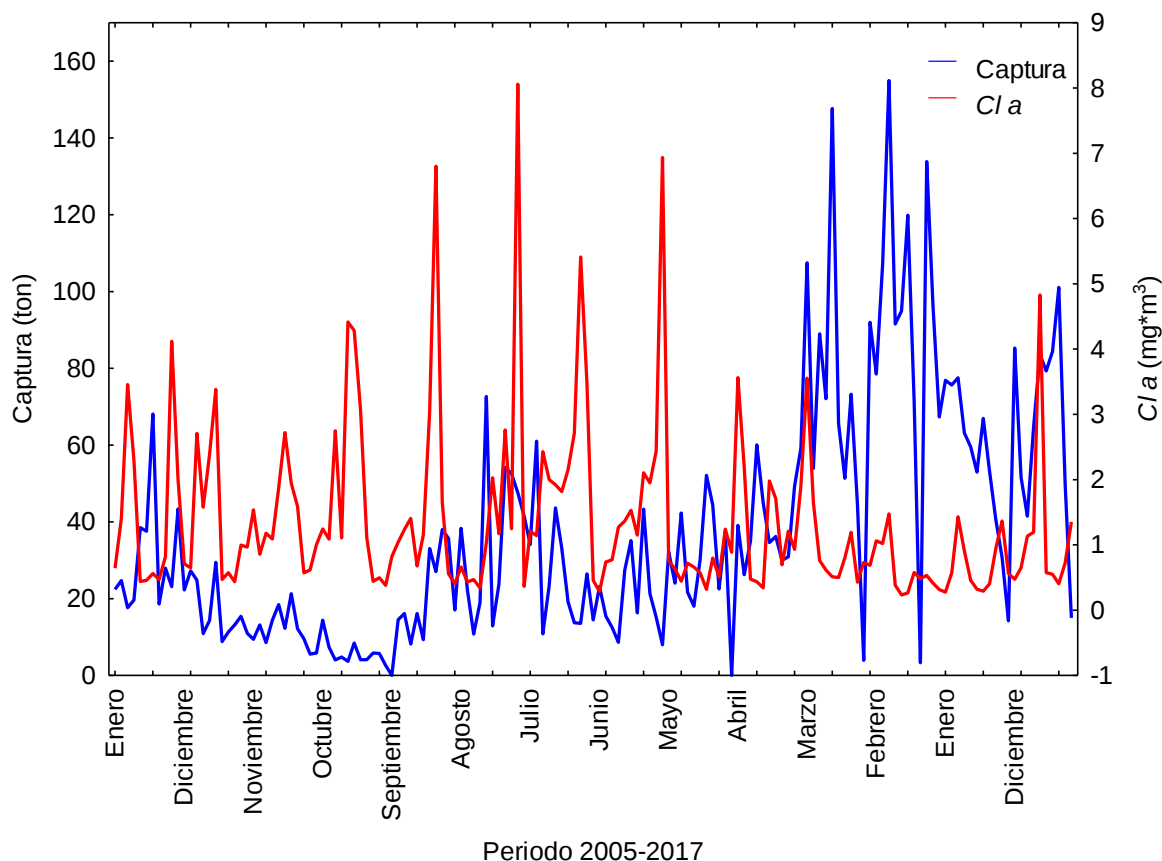


Figura 12. Serie de tiempo de la captura de barrilete en Puerto Ángel, Oaxaca, respecto a la *CI* a de la sub-zona de pesca, de enero de 2005 a septiembre de 2017.

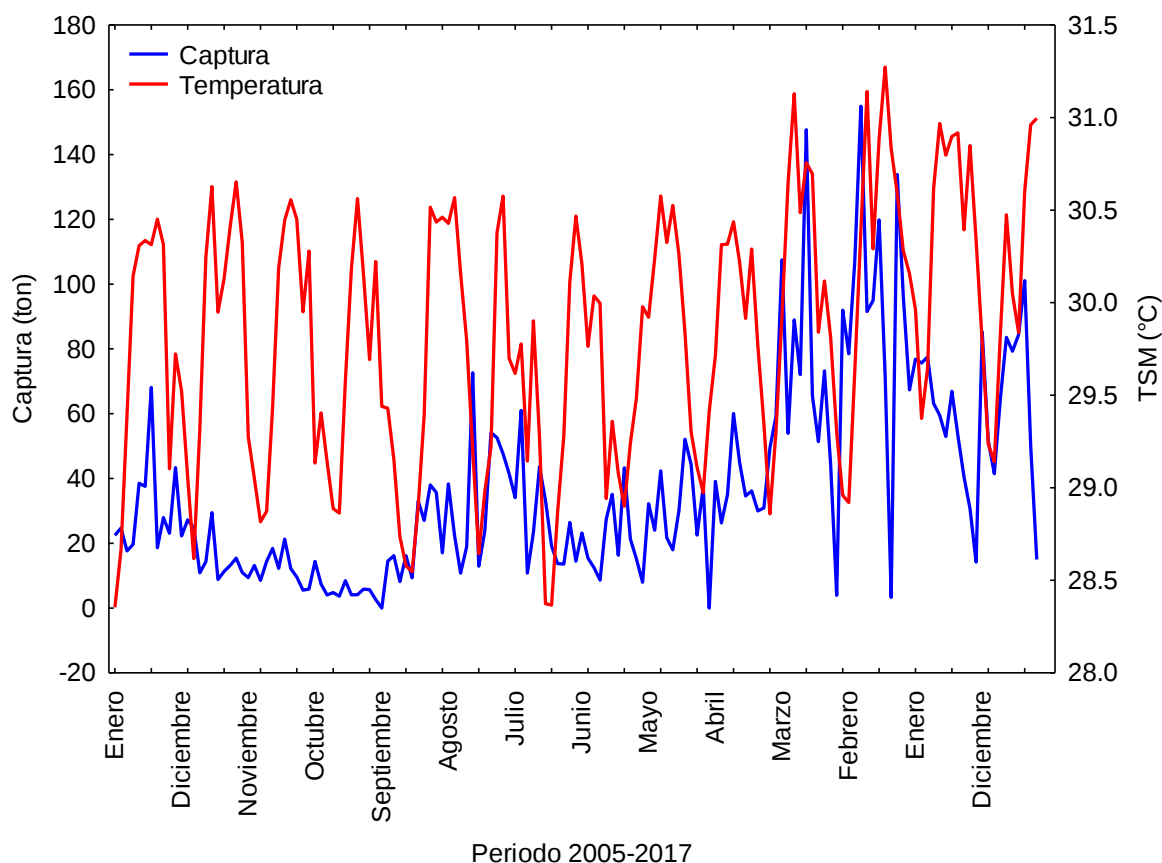


Figura 13. Serie de tiempo de la captura de barrilete en Puerto Ángel, Oaxaca, respecto a la TSM de la sub-zona de pesca, de enero de 2005 a septiembre de 2017.

Debido al conjunto de situaciones expuestas en este capital, el valor final que representa este capital recibe un valor de 4.5.

### *Capital social*

Este capital incluyó las relaciones de confianza que han establecido los pescadores con familiares, amigos, colegas y autoridades. Ante tal situación, se exhibe que los pescadores muestran una amplia empatía dentro del grupo cooperativado y no así con aquellos quienes permanecen como pescadores libres.

Existe un marcado sentimiento de rechazo a las instituciones y sus representantes; al ser cuestionados por esta posición, aseguran que en el pasado han sido afectados por sus actos de corrupción, en los que el favoritismo y la falta de aplicación de la ley han permitido que grupos de pescadores furtivos y otras personalidades ajenas a la pesca se vean beneficiadas con recursos económicos o con acceso a la pesca sin ningún tipo de control o sanción por usar artes de pesca prohibidos, afectando directamente la disponibilidad de recursos pesqueros.

*“Ellos son nuestra competencia y es una competencia desleal y tramposa, hagan lo que hagan no los castigan y pasan por encima de las cooperativas” Pescador, 45 años.*

Otro aspecto considerado fue la confianza depositada en otros miembros de la comunidad a través del préstamo ante una situación de emergencia económica. La mayor parte de la población no se ha visto beneficiada recientemente por el préstamo, las razones tienen que ver con el poco acceso a opciones de crédito que se ofrecen en la zona y a que las opciones de préstamo comprometen seriamente sus ingresos, pues las personas que proporcionan préstamos llegan a cobrar altos intereses, de tal modo que la deuda se evita a toda costa.

Una característica destacada de las relaciones de confianza descubiertas en este estudio que no fueron previamente consideradas, fue la del préstamo y arrendamiento de embarcaciones para salir a pescar y la solidaridad mostrada durante el impacto de eventos naturales como el mar de fondo y los ciclones.

Los pescadores que no tienen una lancha y/o motor piden prestadas las embarcaciones cuando estas son desocupadas por sus propietarios. Esto supone un alto grado de confianza, puesto que, al realizar este préstamo, expone la parte más importante de su capital físico con la intención de ayudar al pescador que no tiene.

*“Todos tenemos familia y a todos nos da hambre... si se puede ayudar, adelante, que trabajen, no pasa nada, que lleven un pescado para sus hijos...” Pescador, 62 años.*

Cuando el mal tiempo se hace presente, los pescadores se organizan para llevar las lanchas a un lugar seguro. Posterior a las eventualidades, si alguno resulta afectado, se organizan para que el pescador afectado recupere su equipo de trabajo mediante cooperaciones voluntarias. Esta solidaridad también se hace presente cuando se participa en los programas gubernamentales de apoyo a la pesca. Cuando los apoyos solicitados sólo benefician a una parte de los pescadores, estos se reparten los beneficios económicos en partes iguales, de modo que todos los pescadores de la cooperativa se vean beneficiados.

Debido a lo anterior, el capital social resultó ser crítico en el entendimiento de la dinámica de la pesca, siendo la confianza entre los miembros de la comunidad el elemento clave que permite desarrollar mejores condiciones en esta actividad económica. La ponderación final fue de seis.

#### *Capital financiero*

La ponderación de este capital se obtuvo de las condiciones en el ingreso. El ingreso se clasificó en cinco grupos diferentes, siendo el grupo 1 el que cuenta con menor ingreso y el grupo 5 como aquellos que cuentan con un mayor ingreso.

La mayor parte de los pescadores perciben ingresos entre los \$1,500 y \$3,000 mensuales. Las oscilaciones en el ingreso se deben, en primer lugar, a los ingresos que los pescadores perciben por otras actividades económicas ajenas a la pesca, al apoyo recibido por parte de algún programa de gobierno o por las propias capacidades que poseen dentro de la pesca, esto es, si un pescador posee más de un permiso de pesca o cuenta con una embarcación con equipo de pesca que le permita tener ventaja en el aprovechamiento del recurso.

*“La pesca que mantiene a la zona es la del barrilete... Cuando se acaba la veda del tiburón, se gana más dinero y deja en dos días de trabajo lo que se hace en dos semanas con el barrilete...”* Pescador, 30 años.

#### *Capital físico*

Este capital se integra por los bienes y servicios con los que cuentan los hogares de los pescadores, por lo que el equipo con el que cuentan para el desarrollo de su

actividad productiva es fundamental en este componente. Las respuestas de los entrevistados reflejaron que los entrevistados cuentan con los artes de pesca dedicados al barrilete (n=30), siendo estas las líneas de pesca, curricanes, anzuelos y otros aparejos utilizados en su trabajo. La variación provino del equipo mecánico con el que poseen, ya que muchos pescadores trabajan en embarcaciones que no son de su propiedad, es decir, tienen carencia de elementos primordiales para llevar a cabo su trabajo.

La mayoría de los pescadores cuentan con viviendas construidas de tabique y concreto, lo cual las hace más resistentes ante fenómenos meteorológicos y sísmicos. Una condición importante del bienestar de los hogares de Puerto Ángel, es que en su amplia mayoría están provistos de artículos electrodomésticos de primera necesidad, como refrigeradores y estufas. La variación se hace presente en las tecnologías de la comunicación, como el hecho de poseer una computadora, tener servicio de internet o un teléfono celular.

Los servicios básicos de la vivienda por lo regular se encuentran presentes en todos los hogares de los pescadores, exceptuando el drenaje, servicio que fue suspendido en su totalidad en la localidad; la falta del servicio de alcantarillado, así como de un suministro constante de agua y un completo alumbrado público, ponen de manifiesto las carencias que este capital presenta. La ponderación del capital físico se estimó con un valor de seis.

#### *Ponderación final*

De acuerdo con lo observado en cada uno de los elementos que componen a cada capital, se realizó la ponderación de cada uno de los capitales y se ejemplificó de modo que se aprecien los valores finales (Fig. 14), y de este modo, se precisen acciones de política pública en los capitales que mostraron un valor tendiente al colapso.

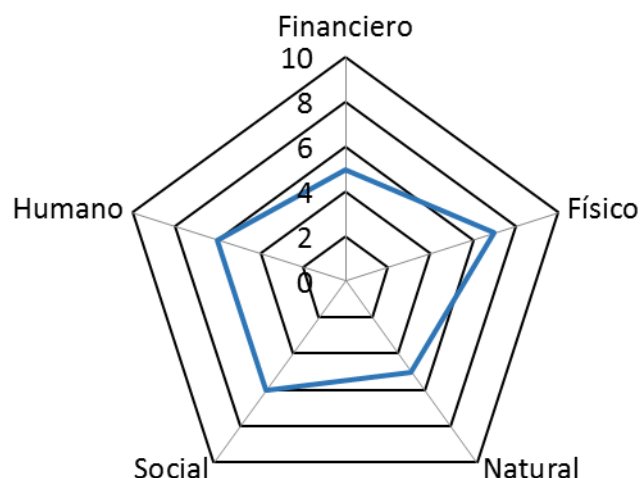


Figura 14. Ponderación final de cada uno de los capitales que componen los Medios de Vida Sostenibles en Puerto Ángel, Oaxaca.

#### *Vulnerabilidad*

En la tabla (IV) se presentan los valores calculados para cada uno de los subcomponentes empleados en la localidad de Puerto Ángel, las unidades en las que se expresan, así como el valor máximo y mínimo de los mismos. Los componentes principales y el IVMV general se presentan en la tabla (V). Los valores finales de los subcomponentes se expresan entre 0 y 1; los cercanos a 0 expresan una condición de mayor vulnerabilidad y los cercanos a 1, de menor vulnerabilidad.

Tabla IV. Índice de Vulnerabilidad de Medios de Vida Sostenibles (IVMV), valores de cada subcomponente, sus máximos y mínimos en Puerto Ángel.

| Subcomponentes                                                   | Unidades   | Valores | Mínimos | Máximos |
|------------------------------------------------------------------|------------|---------|---------|---------|
| Tasa de dependencia                                              | Proporción | 1.48    | 1       | 3       |
| Escolaridad                                                      | Promedio   | 9.26    | 6       | 12      |
| Promedio de cuartos utilizados para dormir                       | Promedio   | 3.07    | 1       | 4       |
| Porcentaje de familiares trabajando en otra comunidad            | Porcentaje | 55.56   | 0       | 100     |
| Porcentaje que sólo dependen de la pesca como fuente de ingresos | Porcentaje | 71.43   | 0       | 100     |

|                                                                                                      |            |       |   |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|---|-----|
| Promedio de actividades productivas (Índice de diversificación productiva)                           | Porcentaje | 0.35  | 0 | 100 |
| Promedio de tiempo de atención médica (en minutos)                                                   | Promedio   | 71.11 | 5 | 240 |
| Porcentaje de hogares con integrantes con enfermedad crónica                                         | Porcentaje | 55.56 | 0 | 100 |
| Porcentaje de hogares que hayan presentado enfermedades por vectores (dengue/zika/chikungunya)       | Porcentaje | 74.07 | 0 | 100 |
| Porcentaje que cuenta con seguro médico de gobierno                                                  | Porcentaje | 77.78 | 0 | 100 |
| Porcentaje que no confía en los miembros de su comunidad                                             | Porcentaje | 55.56 | 0 | 100 |
| Porcentaje que no confía en las autoridades municipales                                              | Porcentaje | 22.22 | 0 | 100 |
| Porcentaje de préstamo                                                                               | Porcentaje | 22.22 | 0 | 100 |
| Índice de corrupción                                                                                 | Proporción | 0.55  | 0 | 1   |
| Porcentaje que no pertenecen a ningún grupo social fuera de la cooperativa                           | Porcentaje | 33.33 | 0 | 100 |
| Porcentaje que sólo dependen de la pesca realizada por ellos mismos para alimentarse                 | Porcentaje | 64.81 | 0 | 100 |
| Porcentaje que cuenta con animales de corral o ganado                                                | Porcentaje | 37.04 | 0 | 100 |
| Promedio que cuenta con cultivos y/o hortalizas (Promedio del Índice de diversificación de cultivos) | Porcentaje | 44.44 | 0 | 100 |
| Promedio de meses que tienen dificultades para conseguir comida                                      | Promedio   | 2.33  | 1 | 12  |
| Promedio que obtiene agua por fuentes naturales                                                      | Porcentaje | 11.11 | 0 | 100 |
| Porcentaje de hogares que no tienen suministro estable de agua                                       | Porcentaje | 48.15 | 0 | 100 |

|                                                                                      |            |        |       |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|-------|--------|
| Promedio de eventos naturales (Huracanes, ciclones) 2005-2017                        | Porcentaje | 1.83   | 0     | 100    |
| Casas con una construcción débil frente a una tormenta                               | Porcentaje | 71.42  | 0     | 100    |
| Media de la desviación del promedio diario de temperatura máxima por mes (2005-2017) | °C         | 2.04   | 1.49  | 3.62   |
| Media de la desviación del promedio diario de temperatura mínima por mes (2005-2017) | °C         | 2.51   | 1.93  | 5.49   |
| Media de la desviación del promedio diario de la precipitación por mes (2005-2017)   | mm         | 122.48 | 63.64 | 225.86 |

Tabla V. Subcomponentes indexados, componentes principales y el IVMV general para Puerto Ángel.

| Subcomponentes                                                                                 | Valor final subcomponente | Componente principal    | Valor Componente |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------|
| Tasa de dependencia                                                                            | 0.75                      | Perfil sociodemográfico | 0.66             |
| Escolaridad                                                                                    | 0.54                      |                         |                  |
| Promedio de cuartos utilizados para dormir                                                     | 0.69                      |                         |                  |
| Porcentaje de familiares trabajando en otra comunidad                                          | 0.56                      | Medios de Vida          | 0.54             |
| Porcentaje que sólo dependen de la pesca como fuente de ingresos                               | 0.71                      |                         |                  |
| Promedio de actividades productivas (Índice de diversificación productiva)                     | 0.35                      |                         |                  |
| Promedio de tiempo de atención médica (en minutos)                                             | 0.28                      | Salud                   | 0.44             |
| Porcentaje de hogares con integrantes con enfermedad crónica                                   | 0.44                      |                         |                  |
| Porcentaje de hogares que hayan presentado enfermedades por vectores (dengue/zika/chikungunya) | 0.26                      |                         |                  |

|                                                                                                      |      |                                              |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------|------|
| Porcentaje que cuenta con seguro médico de gobierno                                                  | 0.78 |                                              |      |
| Porcentaje que confía en los miembros de su comunidad                                                | 0.79 | Redes sociales                               | 0.39 |
| Porcentaje que confía en las autoridades municipales                                                 | 0.06 |                                              |      |
| Porcentaje de préstamo                                                                               | 0.22 |                                              |      |
| Índice de corrupción                                                                                 | 0.56 |                                              |      |
| Porcentaje que pertenecen a ningún grupo social fuera de la cooperativa                              | 0.33 |                                              |      |
| Porcentaje que sólo dependen de la pesca realizada por ellos mismos para alimentarse                 | 0.35 | Seguridad alimentaria                        | 0.59 |
| Porcentaje que cuenta con animales de corral o ganado                                                | 0.37 |                                              |      |
| Promedio que cuenta con cultivos y/o hortalizas (Promedio del Índice de diversificación de cultivos) | 0.44 |                                              |      |
| Promedio de meses que tienen dificultades para conseguir comida                                      | 0.88 |                                              |      |
| Promedio que obtiene agua por fuentes naturales                                                      | 0.11 | Agua                                         | 0.31 |
| Porcentaje de hogares que no tienen suministro estable de agua                                       | 0.52 |                                              |      |
| Promedio de eventos naturales (Huracanes, ciclones) 2005-2017                                        | 0.79 | Desastres naturales y variabilidad climática | 0.55 |
| Casas con una construcción débil frente a una tormenta                                               | 0.63 |                                              |      |
| Media de la desviación del promedio diario de temperatura máxima por mes (2005-2017)                 | 0.74 |                                              |      |
| Media de la desviación del promedio diario de                                                        | 0.84 |                                              |      |

|                                                                                    |      |      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|------|--|
| temperatura mínima por mes (2005-2017)                                             |      |      |  |
| Media de la desviación del promedio diario de la precipitación por mes (2005-2017) | 0.64 |      |  |
| Valor general del IVMV                                                             |      | 0.48 |  |

En Puerto Ángel, existe una baja tasa dependencia, reflejándose en un alto valor en este componente, la escolaridad media entre pescadores supera los 9 años y al indexarse con el subcomponente de cuartos para dormir, el componente principal de Perfil sociodemográfico exhibe un valor de 0.66, indicando que las condiciones de marginación y pobreza en la localidad no son tan profundas.

Los Medios de Vida resultaron en un valor de 0.54, siendo respaldados principalmente por la alta dependencia de la pesca como la única actividad productiva de los entrevistados. Existe una migración relativamente alta de personas que han tenido que salir de la localidad en busca de opciones productivas (0.56), siendo los principales destinos la ciudad de Oaxaca, la Ciudad de México y en primer lugar, a Estados Unidos. El índice de diversificación se encuentra compuesto por apoyos económicos ya sea por parte del gobierno o por apoyo de intermediarios. En este caso, la mayor parte de los pescadores ha recibidos apoyos del gobierno para el desarrollo de sus actividades, siendo mayormente enfocados en la renovación de la flota pesquera (lanchas y motores), adquisición de combustible y en cursos de pesca por parte, tales apoyos son primordialmente brindados por CONAPESCA. Sin embargo, ninguno de los entrevistados recibe algún beneficio por parte de los intermediarios que comercializan el barrilete.

El componente principal de Salud tiene una tendencia a la vulnerabilidad. Uno de los principales problemas se refiere a las enfermedades causadas por vectores, en donde la mayor parte de los entrevistados y/o sus familiares directos se ha enfermado. Así mismo, el tiempo para la atención médica de urgencia resulta alarmante, con una media de aproximadamente 1 hora y 10 minutos para ser

atendidos en el centro de salud de la comunidad. Los entrevistados señalan que esta espera prolongada se debe principalmente a la falta de médicos; ante esta situación optan por el pago a un médico particular que los atienda a la brevedad. Existe un alto porcentaje de pescadores que tienen familiares directos con enfermedades crónicas, siendo la diabetes la principal afección. El contrapeso lo otorga el subcomponente de seguro médico: la mayoría cuenta con Seguro Popular, el cual permite el acceso a atención médica gratuita a ellos y a sus familiares.

Las redes sociales exhibieron índices con marcadas diferencias: tanto el subcomponente con el segundo índice más alto (confianza en los miembros de la comunidad, 0.79) como el más bajo (confianza en las autoridades municipales, 0.06) se encuentran dentro de este componente, reflejo de los fuertes vínculos sociales entre pescadores y una notoria desconfianza en las personas que representan al gobierno en la localidad. Existe un bajo nivel de préstamo, indicando que la mayoría de los pescadores han podido hacer frente a los gastos más indispensables de ellos y sus familias sin necesidad de recurrir a una deuda. La opinión sobre la percepción de la corrupción en el proceso de otorgamiento de permisos de pesca se encuentra dividida. Los pescadores señalan que, si bien el proceso se ha vuelto riguroso al ya no permitir nuevos permisos, las autoridades no han atacado el grave problema de la pesca furtiva ni imponen sanciones a las personas que emplean artes de pesca prohibidos. Fuera de las respectivas cooperativas a las que se encuentran adheridos la mayoría de los pescadores de la localidad, pocos se encuentran vinculados a otros grupos sociales.

La seguridad alimentaria en la localidad resultó ser uno de los componentes menos comprometidos (0.51). Sin embargo, existe una amplia dependencia de la pesca como única fuente de alimentos para ellos y sus familias, por lo que, si esta llegara a faltar por cualquier motivo, su seguridad alimentaria se vería seriamente comprometida. Debido a que la entrevista se dirigió a personas con una actividad económica específica, los porcentajes obtenidos tanto de personas que cuentan con animales de corral o cultivos son bajos. El promedio de meses con dificultades para conseguir comida fue el subcomponente que mostró el mayor valor de toda la

entrevista, siendo en promedio dos meses al año en los que ellos identifican una disminución en la pesca, señalando que se encuentra típicamente de febrero a abril.

El acceso al agua es un componente que puede colocar a la localidad en una situación vulnerable. La mayor parte de los pescadores depende del suministro de agua potable que existe en la localidad y no posee fuentes alternativas para obtenerla. El problema se ve agravado cuando el suministro de agua no es constante y esta es recibida en promedio una vez a la semana.

Respecto al componente de Desastres Naturales y Variabilidad Climática, en promedio ocurren 1.8 eventos anuales que impactan directamente en el área de estudio, indicando una baja vulnerabilidad respecto a este subcomponente. El resto de subcomponentes no reflejan amplias oscilaciones, por lo que este componente principal no compromete ampliamente la vulnerabilidad de los pescadores de la localidad.

El valor general del Índice de Vulnerabilidad de Medios de Vida (IVMV) es de 0.48, siendo el valor de 0 totalmente vulnerable y 1 no vulnerable, por lo que existe una ligera tendencia a la vulnerabilidad. El diamante generado por los componentes principales se muestra en la figura 4.

El cálculo del valor del IVMV-IPCC resultó en 0.04, donde la mayor vulnerabilidad se representa con -1, mientras que la menor vulnerabilidad se representa con 1, por lo que se considera que la localidad de Puerto Ángel se encuentra estable pese a las afectaciones que podría recibir. La figura 5 muestra el triángulo de vulnerabilidad que representa los valores de Exposición, Capacidad Adaptativa y Sensibilidad.

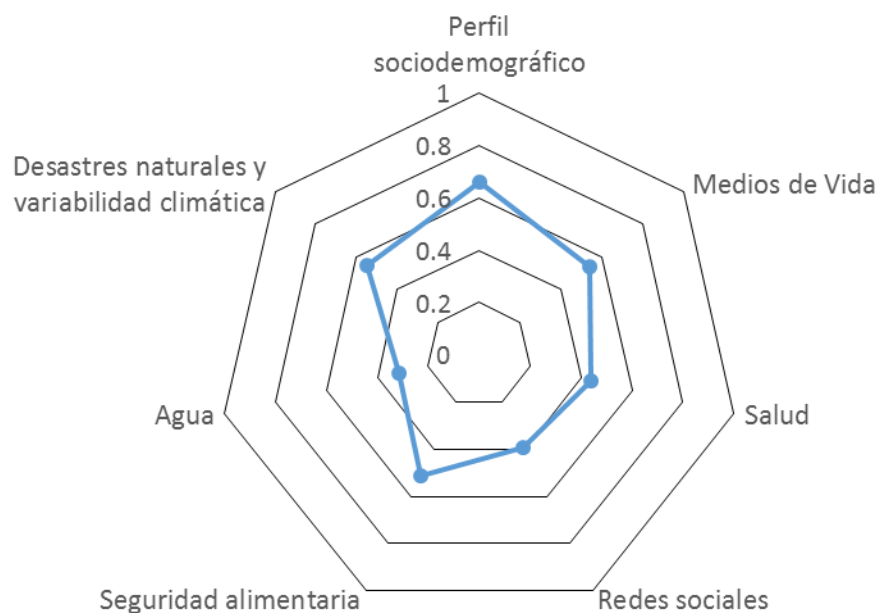


Figura 4. Vulnerabilidad de los Componentes Principales del Índice de Vulnerabilidad de Medios de Vida (IVMV) para Puerto Ángel, Oaxaca.

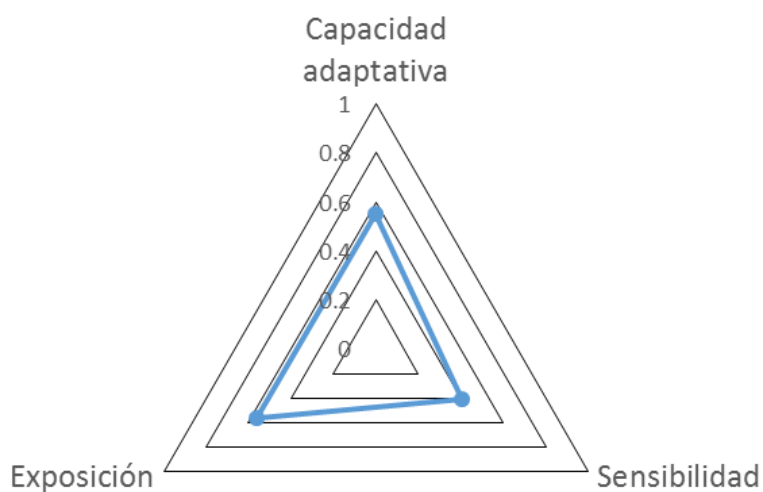


Figura 5. Factores contribuyentes al Índice de Vulnerabilidad de Medios de Vida del IPCC (IVMV-IPCC) para Puerto Ángel, Oaxaca.

## **Discusión**

### *Medios de Vida*

#### *Pobreza y bienestar*

Si bien típicamente se adopta la postura de que la pesca de pequeña escala es socorrida como la última ocupación de los más pobres (Pauly 1997; Allison y Ellis 2001; Kosamu 2015), esta visión está más relacionada con aspectos del aporte de esta actividad a la economía de los países, por lo que no se contempla la multidimensionalidad de la pobreza (económica, humana, política, sociocultural, de seguridad) y que esta depende de la percepción de la misma, es decir, de su construcción social (Roe *et al.*, 2011). De acuerdo con este argumento, el bienestar y las medidas que permitan hacer frente a las adversidades (resiliencia) en Puerto Ángel, también son socialmente construidas, por lo que el establecimiento de política pública en materia pesquera relacionada con los problemas regulatorios de la pesca y el contexto en el que los usuarios del recurso se encuentran, debe recuperar esta percepción.

#### *El contexto institucional*

El acceso a la diversa gama de recursos permite a los hogares marginados desarrollar sus propias estrategias de vida; dicho acceso se encuentra regulado por un marco institucional, que se constituye por leyes, normas, organizaciones y usos y costumbres de las comunidades (Ellis 2000; Robles-Zavala 2010). Cuando la aplicación de la normatividad no contempla a todos los sectores de la población, se crean huecos en la administración pública, volviendo a esta inoperante y por consecuencia, un aspecto limitante, para los hogares que se encuentran en un esquema de vulnerabilidad por pobreza.

Las entrevistas realizadas tanto a los pescadores como a los actores principales de la pesca en Puerto Ángel revelaron aspectos institucionales que restringen o podrían limitar el goce completo de los diversos capitales que determinan las estrategias de vida de los pescadores y sus hogares:

- Actualmente, las autoridades han retirado la apertura de nuevos permisos de pesca y sólo pueden ser otorgados a familiares de aquellas personas que ya cuentan con un permiso por lo que muchos pescadores libres no tienen una vía de acceso a la legalidad, manteniendo un acceso limitado a los beneficios y, por tanto, generando un ambiente de marginación.

*“Uno pesca así, como se puede, no hay oportunidad de entrarle (a la pesca legal) porque los permisos son para los mismos”* (Pescador libre, 38 años).

- No existe un control estricto que regule la pesca en la localidad, tanto en situaciones operativas de la vigilancia de los permisos de pesca, equipamiento de seguridad de las embarcaciones, los artes de pesca empleados, los volúmenes de captura, hojas de arribo, así como en las sanciones que se imponen, considerándose que estas sólo se ejecutan cuando existen situaciones de conflicto personal entre autoridades y pescadores.

*“Las hojas de arribo por lo regular sólo son entregadas cuando los pescadores necesitan beneficiarse de los apoyos gubernamentales... las rellenan justo antes de ser entregadas”* (Responsable de la oficina de pesca)

*“En mis atribuciones se encuentra vigilar la seguridad marítima... no tengo porque ir tras de ellos (los pescadores) pidiéndoles que usen su equipo de seguridad, ellos ya lo saben y se molestan cuando se levantan sanciones”* (Capitán de Puerto).

- Los servicios públicos fueron considerados como ineficientes y de baja cobertura, señalando de manera expresa que las personas más pobres son aquellas que no los poseen. Particularmente, se señalan dos problemas de atención prioritaria: la cancelación del servicio de drenaje dentro de la localidad y su posterior escorrentía al mar y el abasto de agua potable, la cual ha escaseado debido al incumplimiento en los pagos de este servicio por parte de las autoridades locales a las comunidades adyacentes de donde se extrae el recurso.

- Las instituciones de la sociedad civil tienen una marcada presencia en la localidad, influyendo en las decisiones de los habitantes en la promoción de un ambiente más sano y limpio o en la intervención de la dinámica intrafamiliar en grupos de ayuda como Alcohólicos Anónimos. Las instituciones religiosas también se hacen presentes, generando atmósferas de compañerismo, respeto y de festividad, sobre todo en las celebraciones patronales de la localidad.
- Los servicios de salud que provee la clínica de la localidad son vistos como regulares, debido a la carencia de medicinas y a la falta de atención inmediata ante una emergencia. No obstante, aprecian el valor de esta institución y la labor de los médicos que ahí laboran.
- El aprecio por la actividad pesquera tiene un profundo arraigo como medio de vida. Los beneficios obtenidos por el desarrollo de esta actividad no sólo contemplan aspectos económicos, sino en el grado de satisfacción que esta actividad otorga.

*“Lo que más me gusta es el mar, me gusta porque aquí me siento libre, me da de comer, me da dinero y tengo amigos. Me despierto, me tomo mi café y me voy a pescar, eso es lo mejor”* (Pescador, 56 años).

- Existe un fuerte apego por los medios de explotación tradicionales del barrilete como la línea y el curricán, por lo que algunas iniciativas enfocadas en aumentar los volúmenes de pesca con artes de pesca como las redes de arrastre han generado polémica entre los pescadores. También se señala un profundo rechazo a las malas prácticas de pesca relacionadas con artes de pesca prohibidas, así como la explotación de recursos que se encuentran en veda.

*“Parece que no tienen llenadera, siempre quieren más... el mar da a todos de comer, pero no, ellos quieren pescar todo de una vez, ¿y luego?, ¿Cuándo los demás quieran pescar? ¡Ya no va a quedar nada para los demás!... Con estos curricanes saqué adelante a mi familia, le di escuela a mis hijos y he podido*

*construir mi casa, sí se puede vivir respetando las reglas... esa gente sólo tiene ambición” (Pescador, 62 años).*

*“Tu podías ver hace tiempo como se pescaba la langosta y el pulpo aquí en la bahía con puro buceo con visor. Luego trajeron los compresores y empezaron a sacar todo lo que había. Dígame, ¿usted ha visto langosta, ostiones o pulpo en Puerto Ángel? Se lo acabaron. (Pescador, 56 años)*

### *Estrategias de política pública*

Se recomienda fuertemente tomar acciones de política pública que atiendan las principales problemáticas señaladas por los pescadores de esta localidad. Este trabajo pretende servir como un instrumento facilitador de información para los tomadores de decisiones; las propuestas presentadas parten del análisis integral de las condiciones de los usuarios que hacen uso del recurso, por lo que se espera que estas observaciones permitan mejorar las condiciones de bienestar de las personas al tiempo de preservar los recursos para las siguientes generaciones.

- Son necesarias acciones que incentiven y permitan la expansión del mercado, con el fin de mantener tarifas de compraventa justas, que permitan el sano desarrollo de las condiciones económicas de las personas que se dedican a esta actividad. Se recomiendan campañas de promoción del barrilete y otros productos marinos que se capturan en la localidad con el fin de permear en un mercado más amplio.
- Se recomienda realizar acciones que permitan el acceso a mercados regionales, nacionales e internacionales que permitan competir en calidad y precio los productos que aquí se capturan sin intervención de intermediarios del estado o particulares.
- Es imperativo mejorar los servicios de vivienda, con énfasis en el servicio de drenaje de la localidad, con el fin de evitar escorrentías de aguas negras y grises directamente al mar y todos los problemas que esta situación acarrea.
- Es de suma importancia realizar estudios que permitan conocer el estado de la pesquería del barrilete, las condiciones que este presenta y un monitoreo de la actividad pesquera, con el fin de mejorar el conocimiento del capital

natural de la región y saber con precisión si se puede aumentar o no el esfuerzo pesquero.

- Es importante realizar acciones de vinculación y mejorar los canales de comunicación de todos los niveles de gobierno con los pescadores, con la finalidad de incentivarlos a desarrollar sus actividades económicas en un marco de respeto y apego a la ley.
- Se recomienda mejorar las condiciones de seguridad médica de los pescadores, permitiendo que las personas que se dediquen a esta actividad productiva tengan acceso a un servicio médico de calidad.
- Se exhorta a llevar a cabo programas de mejora educativa y comercial relacionadas con la actividad pesquera, con la finalidad de no perder el talento humano y que vincule al sector educativo con el productivo.

### *Vulnerabilidad*

Los componentes principales de vulnerabilidad presentados en la Fig. 4 proporcionan información sobre los componentes que más contribuyen a la vulnerabilidad al cambio climático en Puerto Ángel, por lo que pueden ser abordados directamente como estrategias de política pública para la comunidad.

La dependencia que existe de los miembros trabajadores en los hogares resultó ser baja y la mayoría de los pescadores y sus familias parecen no convivir en situaciones de hacinamiento, sin embargo, en tiempos de escases, los miembros de la familia se apoyan en los hogares en los que típicamente se pesca, aumentando el número de miembros del hogar y su dependencia del mar; aunado a esto, la mayor parte tienen una baja escolaridad, por lo que cuentan con pocas alternativas de trabajo. Ante tal situación, se hace prioritario incentivar las actividades de capacitación para el trabajo dentro y fuera de la pesca, con la finalidad de mejorar el acceso a un portafolio más diverso de actividades productivas tanto a los pescadores como sus familias, puesto que a mayor cantidad de activos menor será la vulnerabilidad, en cambio, en cuanto mayor es la carencia de los bienes, mayor será su inseguridad (Moser 1998).

La literatura académica ofrece abundantes ejemplos sobre estrategias de diversificación para la población rural (Allison y Ellis, 2001; Cinner *et al.*, 2010; Wuoterse y Taylor, 2008). Cinner *et al.*, (2010) afirman que las comunidades costeras siguen dos principales estrategias de diversificación: la primera es aquella donde los hogares muestran una progresión desde una situación donde impera un bajo bienestar, hasta alcanzar un nivel de vida satisfactorio, transitando de la diversificación de sus medios de vida hasta especializarse en una única fuente de ingreso. Bajo este argumento, la diversificación se considera como una regresión en el bienestar, donde la multiplicación de actividades es una forma de adaptación para asegurar la supervivencia. En la segunda estrategia, la diversificación es vista como una acción deliberada por la que optan los hogares proactivos, basada en el principio de multiplicar su portafolio de ingresos. En Puerto Ángel, la falta de oportunidades ha generado una amplia migración entre los familiares de los pescadores, con la esperanza de encontrar empleos más redituables que la pesca, por lo que la segunda estrategia es la más desarrollada para aquellos que migran, sin embargo, no representan a la mayoría de los miembros, quienes por lo regular se aferran a esta actividad económica, esperando mejores días de trabajo.

Ante la dificultad para ser atendido con prontitud en la clínica de la localidad, la mejor alternativa se convierte en pagar un médico privado que atienda la urgencia requerida en la población. En los hogares de los pescadores existen personas en edad laboral con dependencia económica debido a los múltiples casos de enfermedades crónicas incapacitantes, como la diabetes, la hipertensión, problemas cardíacos o de discapacidad intelectual. Un problema permanente son los casos de transmisión de enfermedades causadas por mosquitos, principalmente el dengue y chikunguya, ya que todos los entrevistados aseguraron que ellos mismos o miembros cercanos han requerido atención médica por estas causas. En situaciones incapacitantes, los pescadores permiten la renta de sus lanchas cuando ya no les es posible operarlas o recurren al apoyo de los ahorros generados en las cooperativas, por lo que de esta manera pueden hacer frente a la enfermedad y disminuir los efectos negativos que esta tiene.

Estos hallazgos sugieren que las enfermedades como el dengue generan impactos negativos en el ingreso de las personas al limitar la cantidad de días de trabajo en condiciones saludables. En el caso de las personas con enfermedades crónicas, por lo regular se delega el cuidado a las mujeres que viven en el hogar. Mejorar las condiciones de seguridad social y el seguimiento puntual de los enfermos podría disminuir la presión generada por estas condiciones, así mismo, el reforzamiento de las campañas de control de vectores, así como la distribución de mosquiteros son recomendables para Puerto Ángel, evitando que los pescadores abandonen su actividad por falta de salud. Así mismo, se recomienda facilitar y mejorar la oferta en salud por parte de los centros de salud.

Sí bien se mantiene un alto índice en Redes Sociales, existen ciertas condiciones que ven limitado este componente. En Puerto Ángel existe un bajo índice de préstamo de dinero. De acuerdo con Hanh *et al.*, 2009, esto refleja la condición de aquellos que tienen mejores condiciones para subsistir y pueden apoyar a otros. La baja tasa de préstamo en este caso se puede relacionar con la seguridad alimentaria que provee la actividad y el compañerismo que se vive en la pesca, ya que, al asegurar la pesca, el gasto de alimentación en las viviendas de los pescadores ya ha sido cubierto; el compañerismo se hace presente cuando alguno de los miembros de la cooperativa tuvo un mal día de pesca y el resto deciden donar de su pesca a aquellos que pasan necesidad, siendo más importantes los apoyos en especie que en dinero.

La confianza transmitida entre los pescadores es selectiva, reflejando que las titularidades que permiten el acceso al aprovechamiento de los recursos no sólo se rigen por aspectos, sino también por aspectos sociales (Sen 1982). Aquellos que no pertenecen a ninguna cooperativa son mucho más vulnerables que aquellos que pueden pagar una membresía dentro de las sociedades pesqueras. Los pescadores libres no están sujetos a apoyos económicos, ni en especie por parte de ninguna entidad. Este carácter ilícito ha generado brechas entre los pobladores por lo que son visibles condiciones de discriminación y marginación, puesto que los pescadores libres no son incluidos en ningún acuerdo que permita su incorporación

a un régimen formal de aprovechamiento pesquero. Se recomienda realizar acciones que permitan el acceso a la pesca formal del recurso, así como a condiciones de seguridad social a los pescadores que se encuentren en vías de la legalidad y de este modo reducir la desigualdad y marginación.

En concordancia con la percepción de la corrupción en México, en la localidad se experimenta un fuerte rechazo a las autoridades que se encargan de llevar a cabo las acciones normativas de la pesca, aumentando la atmósfera de tensión que se vive en la localidad. Ante tal rechazo, podrían abordarse alternativas en el sistema de gobernanza, como el comanejo, en el que tanto gobernados como autoridades proveen retroalimentación en las normas que enmarcan el aprovechamiento de los recursos, disminuyendo las tensiones entre ambos sectores (Borrini-Feyerabend *et al.*, 2000).

Si bien en primera instancia la pesca es una actividad que contribuye de manera directa a la seguridad alimentaria, la alta dependencia a este recurso aunada a la desconocida dinámica ambiental, aumentan la vulnerabilidad de los pobladores. La diversificación del portafolio productivo en otras actividades primarias es una alternativa seguida por pocos pescadores, ya que la mayoría centra todos sus esfuerzos productivos en esta sola actividad.

Si bien los conocimientos sobre los meses más y menos productivos se basan en el conocimiento empírico de quienes realizan la actividad, estos muestran similitud con los resultados obtenidos en esta investigación, reflejando que la experiencia personal puede tener impacto en el diseño de estrategias de aprovechamiento del recurso, eficientizando los recursos con los que se cuentan y previniendo con antelación la posible escasez del recurso. Por lo anterior, se hace recomendable el desarrollo de seguros pesqueros, que permitan mantener ingresos a los pescadores en aquellos meses del año en los que los meses escasean o bien, permitir el acceso a otros recursos pesqueros (previamente analizados y con el conocimiento de la capacidad de carga de estos), que permitan generar una dinámica de alterna a la explotación permanente del barrilete.

La implementación de medidas de aprovechamiento de semillas para el cultivo y apoyo a hortalizas podría conllevar un esfuerzo extra que difícilmente podría beneficiar a esta población, ya que típicamente no se identifican con actividades relacionadas con el campo, sino que, bajo cualquier medio, buscan aprovechar los recursos que el mar les ofrece. En resumen, un medio de vida arraigado como es la pesca en Puerto Ángel no será abandonado: el total de los entrevistados aseguró que lo que más les gusta de su comunidad es el mar y la pesca.

A pesar de la localidad mantiene una condición de tipo rural, la mayor parte de los entrevistados cuentan con acceso a la red de distribución de agua potable, y en algunos casos, pueden disponer de agua dentro de sus casas mediante la implementación de pozos. De acuerdo con Sullivan *et al.*, (2002) la disponibilidad o falta de recursos hídricos, está vinculada al progreso económico y social, lo que sugiere que es probable que el desarrollo esté influenciado por el manejo de los recursos hídricos, por lo que es imperativo palear las situaciones que comprometen el abastecimiento, así como la calidad del recurso y mantengan a la localidad en un constante escenario de vulnerabilidad.

Ante la carencia, la población recurre a medidas de almacenamiento, las cuales varían de acuerdo con las condiciones de cada persona. Se propone que aquellos que pueden mantener mayores cantidades de agua en estanques cerrados son menos vulnerables que aquellos que no poseen infraestructura especializada y almacenan el agua en botes y cubetas destapadas, pues esta condición permite mantener aislada el agua de agentes contaminantes, al tiempo que previene la generación de sitios potenciales para el desarrollo del mosquito transmisor del dengue.

Otro problema que compromete la disponibilidad de agua potable es el de la falta de un sistema de drenaje en la localidad. Las filtraciones en el subsuelo de las aguas residuales, así como las escorrentías generadas en temporada de lluvias, aumenta drásticamente el riesgo de contraer enfermedades debido a la contaminación del agua. Se espera se tomen medidas que permitan mejorar la red de distribución de agua y se realicen mejoras de los sistemas de drenaje. Dichas acciones repercutirán

directamente en la pesca, pues es en las inmediaciones de la costa donde se desarrollan las actividades pesqueras y donde desembocan las aguas residuales.

Los oficios de la población rural tales como la pesca, la agricultura y el desarrollo forestal, son sensibles al clima (OCDE 2001). Los eventos climáticos adversos han puesto de manifiesto la resiliencia que las personas son capaces de llevar a cabo en estos eventos. Posterior a las afectaciones causadas por el huracán Paulina en 1997, se adoptó entre la población la sustitución de casas hechas con madera y palma por casas con muros de tabique y techos de concreto. Si bien este recambio conllevó un gran esfuerzo, también añadió seguridad a los pobladores. Esto podría evidenciar que los primeros en adoptar medidas de seguridad en sus viviendas son aquellos pescadores con más y mejores capacidades económicas, pues los grupos más vulnerables ante eventos climáticos estacionales son los más pobres de la comunidad (Paavola 2008; Deressa *et al.*, 2011), en los cuales, la capacidad de adaptación está limitada por la falta de capital físico y financiero, además de una baja diversificación de los medios de vida pesqueros. Estos factores están relacionados con el bajo ingreso del hogar y el poco acceso a créditos, lo cual evita que los hogares aumenten su capital físico o diversifiquen sus medios de vida (Islam *et al.*, 2013).

No obstante, el cambio gradual en las viviendas deja de manifiesto el verdadero propósito del análisis de la vulnerabilidad de cualquier comunidad: ante un disturbio en el medio, las personas podrán realizar acciones que prevengan, aminoren o permitan adaptarse a las circunstancias adversas, haciendo uso de su capacidad autoorganizativa, la adaptación y el aprendizaje de estos eventos, siendo estos los elementos que permiten identificar a la resiliencia en los ecosistemas (Holling 1973).

## **Conclusión**

Se realizó el análisis de los medios de vida y vulnerabilidad en la localidad de Puerto Ángel respecto a la pesca del barrilete. Se propusieron métodos complementarios a los análisis presentados con el objetivo de ampliar la visión general de las condiciones en las que los usuarios del recurso llevan a cabo su actividad.

El análisis de los MVS resultó ser una herramienta analítica útil para explorar las condiciones de bienestar y marginación en la localidad, al igual que los vacíos institucionales que comprometen el desarrollo de una adecuada actividad pesquera.

Se reconoce que la pesca es una actividad particularmente arraigada pese a las condiciones que podrían limitar la actividad, como enfermedades, falta de agua potable, ilegalidad en el aprovechamiento del recurso, conflictos con las autoridades que regulan la actividad, entre otros.

El análisis complementario del capital natural permitió observar de manera amplia las condiciones ambientales que rodean a la pesca.

Los modelos holísticos de explotación pesquera revelan una condición de pesca artesanal, con tres momentos de explotación, el primero subexplotado, de 2005 a 2008, un segundo sobreexplotado, de 2009 a 2013 y un tercer momento con subexplotación de 2013 a 2017. Se infieren incongruencias en los registros recientes debido a la drástica recuperación poblacional del barrilete pese al aumento en el esfuerzo pesquero realizado.

Se realizó la regionalización de los registros de la CI a y la TSM del Golfo de Tehuantepec desde el 2005 hasta el 2017. El área en la que se desarrollan las actividades de pesca del barrilete muestra condiciones típicas de  $1.25 \pm 0.8 \text{ mg} \cdot \text{m}^3$  CI a y  $29.75 \pm 0.26 \text{ }^\circ\text{C}$  TSM.

valor de 7.

Se reconocen los meses de como los meses con mayor abundancia del recurso, así mismo, se observa un típico aumento de la CI a con máximos de  $2.8 \text{ mg} \cdot \text{m}^3$  de marzo a abril y mínimos de  $0.6 \text{ mg} \cdot \text{m}^3$  de junio a agosto. La TSM alcanza sus máximos entre mayo y septiembre y mínimos entre diciembre y enero siendo estas de  $30.4^\circ\text{C}$  y  $28.8^\circ\text{C}$ , respectivamente.

El diamante generado por el análisis de los MVS reveló que los capitales con mayor colapso son el capital financiero y el capital natural con valores de 5, mientras que el capital físico es el capital menos colapsado con un valor de 7.

Se calculó el Índice de Vulnerabilidad de Medios de Vida (IVMV) basado en los componentes principales de Perfil Sociodemográfico, Medios de Vida, Salud, Redes sociales, Seguridad alimentaria, Agua y Desastres naturales y variabilidad climática, obteniendo un valor general de 0.48, exhibiendo una ligera tendencia a la vulnerabilidad. El componente que exhibe el mayor colapso es el del Agua con valor de 0.1 y el menos colapsado el Perfil sociodemográfico, con valor de 0.7.

El cálculo del IVMV-IPCC resultó en 0.04, por lo que se considera que la localidad de Puerto Ángel se encuentra en un estado estable. Se observa una exposición a la vulnerabilidad de 0.6; debido a que la sensibilidad es baja (0.2) existe una buena capacidad adaptativa en la localidad ante los eventos que pueden vulnerar a la población.

## Referencias

- Adger N., N. Brooks, G. Bentham, M. Agnew y S. Eriksen. 2004. New indicators of vulnerability and adaptive capacity. Tyndall Centre for Climate Change Research. Technical report. 128pp.
- Adger, N. 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change* (16) 268–281 pp.
- Aguilar-Cordero, W., N. Castro-Castillo y J. Couoh-Cab. 2011. El manejo del área marina protegida Actam Chuleb y los beneficios económicos que genera a los usuarios del municipio de San Felipe, Yucatán, México. *Estudios Sociales*. 20 (40): 27-153 pp.
- Alam, G., K. Alam y M. Clarke. 2017. Vulnerability to climatic change in riparian char and river-bank households in Bangladesh: Implication for policy, livelihoods and social development. *Ecological Indicators* 72: 23-32.
- Allison, E. y F. Ellis. 2001. The livelihoods approach and management of small-scale fisheries. *Marine Policy*. 25 (5).
- Ansoms, A. y A. McKay. 2010. A quantitative analysis of poverty and livelihood profiles: the case of rural Rwanda. *Food Policy* 35: 584-598.
- Bacon, C., W. Sundstrom, I. Stewart y D. Beezer. 2017. Vulnerability to Cumulative Hazards: Coping with the Coffee Leaf Rust Outbreak, Drought, and Food in Nicaragua. *World Development* 93: 136-152.
- Badjeck, M., E. Allison, A. Halls y N. Dulvy. 2010 Impacts of climate variability and change on fishery-based livelihoods. *Marine Policy* 34: 375–383 pp.
- Basurto, X., J. Virdin, H. Smith y R. Juskus. 2017. Strengthening Governance of Small-Scale Fisheries: An Initial Assessment of Theory and Practice. Oak Foundation: [www.oakfnd.org/environment](http://www.oakfnd.org/environment).
- Béné, C., G. Macfayden y E. Allison. 2007. Increasing the Contribution of Small-scale Fisheries to Poverty Alleviation and Food Security (FAO Fisheries Technical Paper No. 481. 125 pp.

- Berkes, F. y C. Folke. 1998. Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. *In*: Berkes, F., Folke, C. (Eds.), Linking Social and Ecological Systems. Cambridge University Press, Cambridge, 1–25 pp.
- Berkes, F., J. Colding, and C. Folke. 2003. Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Borrini-Feyerabend, G., M. Farvar, J. Nguingiri y V. Ndangang. 2000. Comanagement of Natural Resources: Organising, Negotiating and Learning-by-Doing. GTZ and IUCN. Kasperek Verlag, Germany.
- Brander, K. 2006. Assessment of possible impacts of climate change on fisheries. Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU), Berlin.
- Cahn, M. 2002. Sustainable livelihoods approach: Concept and practice. Massey University.
- Cantor, C. y Domínguez M., Emmanuel. 2006. Los Medios de Vida Sostenibles y la Aplicación de la Metodología SocMon: Estudio de Caso de la Comunidad Pesquera Punta Allen. Proyecto Especial del Programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Zamorano, Honduras. 29 p.
- Carney, D. 2002. Sustainable Livelihoods Approaches: Progress and Possibilities for Change. Department for International Development. London.
- Cerdenares-Ladrón de Guevara, G., M. Alejo-Plata, G. González-Medina y D. Audelo. 2003. Pesquerías de pelágicos y condiciones oceanográficas asociadas en la costa chica de Oaxaca. Informe final de investigación, Instituto de Recursos Universidad del Mar, México, 40 pp. *In*: Ramos-Cruz, S. 2009. Relación longitud-peso y factor de condición en el barrilete negro *Euthynnus lineatus* (Kishinouye, 1920) (Perciformes: Scombridae), capturado en el litoral de Oaxaca, México. Rev. Invest. Mar. 30(1): 45-53 pp.

- Cerdenares-Ladrón de Guevara G., M. Alejo-Plata y G. González-Medina. 2004. Hábitos alimentarios del barrilete negro *Euthynnus lineatus* capturado frente a la Bahía de Puerto Ángel, Oaxaca. Conferencia de Pesquerías Costeras en Latinoamérica y el Caribe: Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones. Mérida, Yucatán.
- Cerdenares-Ladrón de Guevara G., E. Morales-Bojórquez, S. Ramos-Carrillo, G. González-Medina. 2012. 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 (3): 551-562.
- Cervantes-Hernández, P. 2008a. Method to obtain índices of the abundance in the population of Brown shrimp from the Gulf of Tehuantepec, Oaxaca, México. Revista Biología Marina y Oceanografía 43 (1): 111-119.
- Cervantes-Hernández P., M. I. Gallardo-Berumen, S. Ramos-Cruz, M. A. Gómez-Ponce & A. Gracia. 2008b. Análisis de las temporadas de veda en la explotación marina de camarones del Golfo de Tehuantepec, México. Revista de Biología Marina y Oceanografía 43 (2): 285-294.
- Cervantes-Hernández, P. y A. Egremy-Valdez. 2013. Variación de la captura del recurso camarón, en relación con la disposición geográfica de los sedimentos en la zona 90 de pesca, Golfo de Tehuantepec, Oaxaca, México. Hidrobiológica 23 (1): 111-123.
- Cervantes-Hernández, P. y Manzano-Sarabia M. 2017. Procesamiento y análisis satelital Windows Image Manager. Universidad Autónoma de Sinaloa. 125.
- Chambers, R. 1983. Rural Development: Putting the Last First. London, Longman. 236 pp.
- Chambers, R. y G. Conway. 1991. Sustainable rural livelihoods: Practical concepts for the 21st Century” IDS Discussion Paper 296. Brighon, United Kingdom.
- Chapa-Balcorta, C., J. Hernández-Ayon, R. Durazo, E. Beier, S. Alin y A. López-Pérez. 2015. Influence of post-Tehuano oceanographic processes in the

- dynamics of CO<sub>2</sub> system in the Gulf of Tehuantepec, México. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 120.
- Chien-Hsiung, W. 2004. Improvement of the Schaefer model and its application. *In*: 17th Meeting of the standing committee on tuna and billfish. Institute of Oceanography National Taiwan University, Taipei, Taiwan. 1-11.
- Cinner J., T. McClanahan y A. Wamukota. 2010. Differences in livelihoods, socioeconomic characteristics, and knowledge about sea between fishers and non-fishers living near and far from marine parks on the Kenyan coast. *Marine Policy* 34.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2014. Herramienta para el análisis de vulnerabilidad social a los impactos climáticos a nivel local en áreas naturales protegidas. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 94 p.
- Czerwinski I., J. Gutiérrez-Estrada y J. Hernando-Casal. 2007. Short-term forecasting of halibut CPUE: Linear and non-linear univariate approaches. *Fisheries Research* 86: 120–128.
- Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID). 1999. Sustainable livelihoods guidance sheets.
- Deressa T., R. Hassan y C. Ringler. 2011. Assessing household vulnerability to climate change: the case of farmers in the Nile Basin of Ethiopia. International Food Policy Research Institute, Washington.
- Ellis, F. 2000. The Determinants of Rural Livelihood Diversification in Developing Countries. *Journal of Agricultural Economics* 51 (2): 289-302.
- Evans, L. y N. Andrew. 2011. Diagnosis and the management constituency of small-scale fisheries. *In*: Small-scale Fisheries Management: Framework and Approaches for the Developing World. CAB international, Oxfordshire. 35-58.

- Fierros, I. y S. Ávila-Foucat. 2017. Medios de vida sustentables y contexto de vulnerabilidad de los hogares rurales de México. *Revista Problemas del Desarrollo* 191 (48) 107-131.
- Folke, C., T. Hahn, P. Olsson y J. Norberg. 2005. Adaptive governance of social-ecological systems. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 30: 441-473.
- Fox, W. 1970. An exponential yield model for optimizing exploited fish population. *Transactions of the American Fisheries Society* 99:80-88.
- Gulland, J. 1964. The abundance of fish stocks in the Barents Sea. *Rapp. P.-v. Nun. Cons. perm. int. Explor. Mer*, 155: 126-137.
- Hahn, M., A. Riederer y S. Foster. 2009. The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change A case study in Mozambique. *Global Environmental Change* 19 (1): 74-88.
- Hinton, M., y M. Maunder. 2003. Methods for standardizing CPUE and how to select among them. Secretariat of the Pacific Community, Oceanic Fisheries Programme, 16th meeting of the Standing Committee on Tuna and Billfish, MWG-7: 11 p.
- Horemans, B. 2004. The work of the Sustainable Fisheries Livelihoods Programme (SFLP) in West Africa. *In*: Neiland, A. y C. Béné (ed), *Poverty and small-scale fisheries in West Africa*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 229–244 pp.
- Instituto Nacional de la Pesca (INAPESCA). 2012. Carta Nacional Pesquera. Acuerdo por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. *Diario Oficial de la Federación*. México. 236.
- Islam M. 2013. Vulnerability and adaptation of fishery-based livelihoods to the impacts of climate variability and change: insights from coastal Bangladesh. Thesis, University of Leeds.
- Kharu, M. 2005. Anomalies EOF/PCA with WAM. Consultado el 20 de agosto de 2018. <http://wimsoft.com/course.htm>.

- Kharu, M. 2013. Time series of satellite data. Consultado el 20 de agosto de 2018.  
<http://wimsoft.com/course.htm>.
- Kessler S. 2006. The Circulation of the Eastern Tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* 69: 181-217.
- Kosamu, B. y M. Ishmael. 2015. Conditions for sustainability of small-scale fisheries in developing countries. *Fisheries Research* 161: 365-373.
- Moser C. 1998. The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies. *World Development* 26(1):1-19.
- Nunan, F. 2010. Mobility and fisherfolk livelihoods on Lake Victoria: Implications for vulnerability and risk. *Geoforum* 41: 776–785.
- Odum, E. 1971. *Fundamental of Ecology*. 3rd Edition, W.B. Saunders, Philadelphia.
- OCDE. 2001. Glossary of statistical terms. Organisation for Economic Cooperation and Development. <http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=993>.2016.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 1994. Examen de la situación mundial de las especies altamente migratorias y las poblaciones transzonales. *FAO Documento Técnico de Pesca No. 337*, 75 pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2012. *State of World Fisheries and Aquaculture 2012*. Food & Agriculture Org. Roma, 241 pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2014. *State of World Fisheries and Aquaculture 2014*. Food & Agriculture Org. Roma, 240 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2015. Enfoque ecosistémico pesquero: Conceptos fundamentales y su aplicación en pesquerías de pequeña escala de América Latina. *Documento Técnico de Pesca y Acuicultura No. 592*. Roma, 94 p.

- Ortega-García, S., J. Trigueros-Salmerón, R. Rodríguez-Sánchez, S. Lluch-Cota y H. Villalobos. 2000. El Golfo de Tehuantepec como un centro de actividad biológica y su importancia en las pesquerías. *In*: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S. Lluch-Cota y G. Ponce-Días (Eds.). BAC: Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano. CIBNOR. México, 335-356.
- Paavola J. 2008. Livelihoods, vulnerability and adaptation to climate change in Morogoro, Tanzania. *Environmental Science & Policy* 11(7):642–54.
- Pauly, D. 1997. Small-scale fisheries in the tropics: marginality, marginalisation, and some implications for fisheries management. *In*: Pikitch E., D. Huppert y M Sissenwine. *Global trends: fisheries management*. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society. 40–49.
- Ramos-Carrillo, S., V. Anislado-Tolentino, G. González-Medina, G. Cerdenares-Ladrón de Guevara, P.A.M. Gama, y Y. De La Rosa-Domínguez. 2011. Informe del proyecto de investigación: Análisis de la biodiversidad y de los efectos de la pesca para determinar la factibilidad de establecer una zona de refugio para túnidos frente a la costa de Oaxaca. Universidad del Mar, Puerto Ángel Oaxaca. 122 pp.
- Ramos-Cruz, S. (2000): Estructura por tallas y mortalidad de *Euthynnus lineatus*, en las capturas comerciales de Puerto Escondido y Puerto Ángel, Oaxaca, México. (Pisces:Scombridae). *Memorias del VII Congreso Nacional de Ictiología*, México, 387 pp.
- Ramos-Cruz, S. 2009. Relación longitud-peso y factor de condición en el barrilete negro *Euthynnus lineatus* (Kishinouye, 1920) (Perciformes: Scombridae), capturado en el litoral de Oaxaca, México. *Rev. Invest. Mar.* 30(1): 45-53 pp.
- Robles-Zavala, E. 2014. Coastal livelihoods, poverty and well-being in Mexico. A case study of institutional and social constraints. *Journal of Coastal Conservation* 18(4): 431-448.

- Roe, D., D. Thomas, J. Smith, M. Walpole y J. Elliot. 2011. Biodiversity and Poverty: Ten Frequently Asked Questions-Ten Policy Implications. International Institute for Environment and Development. London.
- Rodarte, R. 1997. Ecosistemas y biodiversidad de la costa oaxaqueña. Acercamiento descriptivo altitudinal. Ciencia y Mar Vol. I Núm. 2. 44-48 pp.
- Ruíz-Pérez, N., G. Cerdanarés-Ladrón de Guevara, D. López-Herrera y I. Altamirano-Ramírez. Relaciones tróficas entre cinco especies de peces pelágicos que cohabitan en las costas de Oaxaca, México. 2016. Hidrobiológica 26 (1): 77-85 pp.
- Sen, A. 1982. Poverty and famines: An essay on entitlements and deprivation. Oxford: Clarendon Press. 266 pp.
- Schaefer, M. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. Bulletin Inter-American Tropical Tuna Commission 1 (2):27-56 pp.
- Scoones, I. 1998. Sustainable Rural Livelihoods: A Framework for Analysis, Working Paper 72, Brighton, UK: Institute for Development Studies.
- Shah, K., H. Dulal, C. Johnson y A. Baptiste. 2013. Understanding livelihood vulnerability to climate change: Applying the livelihood vulnerability index in Trinidad and Tobago. Geoforum 47 125–137.
- Sparre, P. y S. Venema. 1995. Introduction to tropical fish stock assessment. Doc. Tec. Pesca. No 306. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Sullivan C. 2002. Calculating a water poverty index. World Development 30:1195–1210.
- Sumaila, U., W. Cheung, V. Lam, D. Pauly y S. Herrick. 2011. Climate change impacts on the biophysics and economics of world fisheries. Nature Clim Chang 1(9):449–456.

- Teh, L. y U. Sumaila. 2013. Contribution of marine fisheries to worldwide employment. *Fish and Fisheries*. 1(4):77-88.
- Trigueros-Salmerón J. y S. Ortega-García. 2001. Spatial and seasonal variation of relative abundance of the skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) in the Eastern Pacific Ocean (EPO) during 1970-1995. *Fisheries Research* 49 227-232.
- Walker, P. 2005. Political ecology: where is the ecology? *Progress in Human Geography*, 29(1), 73–82.
- WCED. 1987. Our common future. World Commission of Environment and Development. Oxford, Oxford University Press.
- Wood L., L. Fish, J. Laughren y D. Pauly. 2008. Assessing progress towards global marine protection targets: shortfalls in information and action. *Oryx*. 42:340–51.
- World Bank. 2000. World Development Report 2000/2001. Attacking poverty. New York: Oxford University Press.
- Wouterse, F. y T. Taylor. 2008. Migration and income diversification: evidence from Burkina Faso. *World Development* 36 (4).

## Anexos

### Anexo I. Entrevista tipo a pescadores

|      |  |      |  |
|------|--|------|--|
| Edad |  | Sexo |  |
|------|--|------|--|

Lugar de nacimiento:

---

Último grado escolar obtenido:

---

Por favor, marque la casilla que corresponda a su ingreso mensual:

| Ingresos mensuales | \$ 0-1500 | \$ 1501-3000 | \$ 3001-5000 | \$ 5001-8000 | \$ 8001-en adelante |
|--------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|---------------------|
|                    |           |              |              |              |                     |

1. ¿Cuántas personas adultas viven en su casa? \_\_\_\_\_

2. ¿Cuántos niños viven en la casa? \_\_\_\_\_ ¿Qué edades tienen? \_\_\_\_\_

3. ¿Viven adultos mayores en la casa? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Edades \_\_\_\_\_

4. ¿Cuántos cuartos para dormir tiene su casa? \_\_\_\_\_

5. ¿Algún familiar de ustedes vive fuera de la comunidad por cuestiones de trabajo?  
Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ ¿En dónde vive su familiar? \_\_\_\_\_

6. ¿Cuántos años tiene pescando barrilete? \_\_\_\_\_

7. ¿Con qué equipo de pesca cuenta? \_\_\_\_\_

---

8. ¿Por lo general, a que distancia de la costa se adentra para pescar?

---

9. ¿Cuánto llega a pescar en un buen día de pesca? \_\_\_\_\_

10. ¿Cuáles son los mejores meses para la pesca? ¿Y los malos?

---

11. En los últimos 5 años, ¿ha habido más o menos barrilete? \_\_\_\_\_

¿Por qué cree usted? \_\_\_\_\_

12. En los últimos 5 años, ¿las tallas del barrilete son iguales o han presentado algún cambio? ¿Por qué cree usted? \_\_\_\_\_

---

13. ¿Ha recibido algún apoyo económico del gobierno para la pesca? \_\_\_\_ ¿De qué institución? ¿En qué consistió el apoyo? \_\_\_\_\_

---

14. ¿Recibe apoyos económicos de algún intermediario o comercializador? \_\_\_\_\_

15. ¿A parte de su actividad principal, recibe algún ingreso extra por otra actividad o sólo se dedica a la pesca? \_\_\_\_\_

16. ¿De qué material está constituido el techo? \_\_\_\_\_ ¿Paredes?

---

17. ¿Hasta qué año de escuela estudió su cónyuge? \_\_\_\_\_

18. ¿Recibe apoyo de algún programa social? \_\_\_\_\_ ¿Cuánto recibe aproximadamente al mes? \_\_\_\_\_

19. ¿Desde hace cuánto tiempo recibe este apoyo? \_\_\_\_\_

20. ¿Cuenta usted con animales de corral, ganado, etc? \_\_\_\_ ¿Cuántos?

---

21. ¿Tiene algún cultivo, hortaliza, etc? \_\_\_\_\_ ¿De que consta?

---

22. Cuándo se enferma alguien de su familia, ¿a dónde acude? ¿Cuenta con seguro médico? \_\_\_\_\_

23. Por lo regular, ¿cuánto espera para ser atendido ante una emergencia?

\_\_\_\_\_

24. ¿Algún miembro de su familia tiene alguna enfermedad crónica (diabetes, hipertensión, cáncer)?

\_\_\_\_\_

25. ¿Algún miembro de su familia se ha enfermado por nadar en la playa?

\_\_\_\_\_

26. En el último año, ¿usted o algún miembro de su familia se han enfermado de dengue/chikungunya/zika? \_\_\_\_\_

27. En el último año, ¿usted o algún miembro de su familia se ha enfermado de cólera/enfermedades gastrointestinales? \_\_\_\_\_

28. ¿De dónde consigue su familia la mayor parte de la comida?

\_\_\_\_\_

28. ¿Qué desayunó su familia hoy? \_\_\_\_\_

29. ¿Qué comieron ayer? \_\_\_\_\_

30. Su casa cuenta con:

|               |              |          |           |             |
|---------------|--------------|----------|-----------|-------------|
| Estufa de gas | Refrigerador | Lavadora | Licuadora | Microondas  |
| Radio         | Televisión   | Dvd      | Celular   | Motocicleta |

31. ¿Con cuál de los siguientes servicios cuenta su hogar?

|            |              |         |          |
|------------|--------------|---------|----------|
| Piso firme | Agua potable | Drenaje | Internet |
|------------|--------------|---------|----------|

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|

32. ¿De dónde obtiene el agua que usa en su casa? \_\_\_\_\_

33. ¿Esta agua está disponible todos los días? \_\_\_\_\_

34. ¿Usted o su cónyuge cuenta con algún crédito? \_\_\_\_\_

35. ¿Pertenece usted o su conyugue a algún grupo dentro de la comunidad (Deportivo, religioso, A.C.)? \_\_\_\_\_

36. ¿Cuánto confía en los miembros de su comunidad?

| Nada | Muy poco | Poco | Algo | Mucho |
|------|----------|------|------|-------|
|------|----------|------|------|-------|

37. ¿Pediste o prestaste dinero a parientes o amigos el mes pasado?

\_\_\_\_\_

38. ¿Le parece transparente el proceso de otorgamiento de permisos de pesca?

| Nada | Muy poco | Poco | Algo | Mucho |
|------|----------|------|------|-------|
|------|----------|------|------|-------|

39. ¿Cuánto confía en las autoridades municipales?

| Nada | Muy poco | Poco | Algo | Mucho |
|------|----------|------|------|-------|
|------|----------|------|------|-------|

40. ¿Qué es lo que más le gusta de su comunidad? \_\_\_\_\_

41. ¿Qué es lo que menos le gusta de su comunidad? \_\_\_\_\_

42. Desde su experiencia, ¿cuál es el evento natural que más afecta a usted y a su familia?

| Mar de fondo | Huracán | Sismos | Periodo de<br>lluvias | Periodo de<br>secas |
|--------------|---------|--------|-----------------------|---------------------|
|--------------|---------|--------|-----------------------|---------------------|

¿Por qué? \_\_\_\_\_

*Preguntas para actores locales*

1. ¿Cómo se realiza el otorgamiento de permisos para la explotación del recurso?

---

---

2. Una vez realizada la actividad, ¿A quién se reporta lo capturado?

---

3. ¿Existe un límite en el volumen de captura del recurso?

---

4. Debido a su cargo, ¿qué facultades y obligaciones le otorga la ley para el manejo del recurso?

---

---

5. Debido a su cargo, ¿usted entra en conflicto con los pescadores?

---

6. Debido a su cargo, ¿usted entra en conflicto con otras autoridades?

---

7. ¿Conoce cuáles son los artes de pesca permitidos/prohibidos para la captura del recurso?

---

8. ¿Los pescadores se capacitan para conocer las normas de pesca (artes de captura permitidos, volúmenes de captura)? \_\_\_\_\_

¿Cada cuánto? \_\_\_\_\_ ¿Cómo se realiza la capacitación? \_\_\_\_\_

9. ¿Qué tanto acatan los pescadores las normas de pesca? \_\_\_\_\_

10. ¿Qué tan grande es la pesca ilegal en la zona?

\_\_\_\_\_

11. ¿Existen conflictos entre las cooperativas por el acceso a los permisos de pesca? \_\_\_\_\_

12. ¿Cree que los pescadores son un grupo marginado o pobre comparado con la comunidad? \_\_\_\_\_

¿Por qué? \_\_\_\_\_

13. Como tomador de decisiones, ¿Ha solicitado estudios sobre la dinámica y estado de explotación del barrilete?

\_\_\_\_\_

## *Anexo II. Modelos de producción excedentaria*

El principal objetivo del modelo de Schaefer es modelar un escenario del estado del recurso con base en el esfuerzo óptimo ( $f_{opt}$ ) que produce el máximo de capturas ( $Y_{max}$ ). Schaefer (1954) señaló que durante un cierto tiempo y de forma lineal, existe una reducción en la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) al aumentar el esfuerzo de pesca ( $f_i$ ), de modo tal, que a un valor de  $f_i = - (b_0/b_1)$  la CPUE es igual a 0. Fox (1970) estimó con base en un modelo no lineal, que a un valor de esfuerzo infinito, el descenso en la CPUE nunca es cero.

$Y_{MAX}$  se calcula a partir de los siguientes datos de entrada:

$$Y/f = Y_{(i)} / f_{(i)}$$

Dónde:

$Y/f = CPUE$ .

$f_{(i)}$  = esfuerzo aplicado en el año 1, 2, ...,  $n$ .

$Y_{(i)}$  = rendimiento (captura en peso) aplicado en el año 1, 2, ...,  $n$ .

La manera más simple de expresar el rendimiento por unidad de esfuerzo, en función al esfuerzo, es a través del modelo lineal de Schaefer (1954):

$$CPUE = b_0 + (b_1 \cdot f_i) \quad \text{si } f_{(i)} \leq - b_0/b_1$$

La pendiente de la ecuación ( $b_1$ ) debe ser negativa si la CPUE decrece a medida que aumenta el esfuerzo pesquero. El valor de la ordenada al origen ( $b_0$ ) es el valor de CPUE que se obtiene inmediatamente después de extraer la primera captura del stock (valor positivo), así el valor de  $- b_0/b_1$  es positivo y cuando  $f = - b_0/b_1$  la CPUE es igual a cero. Como no existen valores negativos de la CPUE, el modelo solo se aplica a valores menores a  $- b_0/b_1$  (Figura 2).

El modelo alternativo de Fox (1970), resulta una línea curva que al graficar la CPUE respecto al esfuerzo, se obtiene una línea recta cuando al graficar los logaritmos de CPUE contra el esfuerzo

$$\ln (CPUE) = b_0 + b_1 \cdot f_{(i)} \quad \text{si } f_{(i)} \leq -b_0/b_1$$

La diferencia entre ambos modelos es que en el modelo de Fox (1970), la CPUE se aproxima a cero asintóticamente a valores altos de esfuerzo (Figura 2).

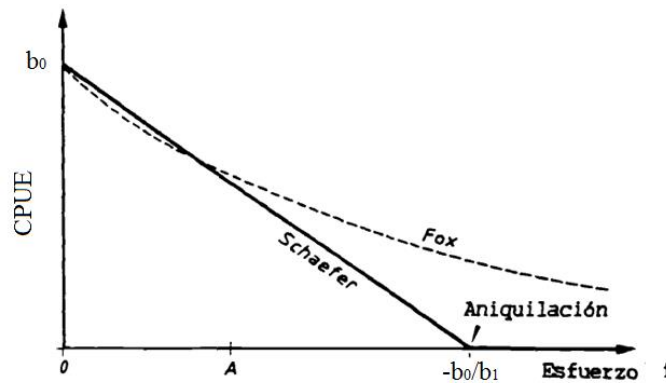


Figura 1. Ilustración de los supuestos de los modelos de Schaefer y Fox. Modificado de Seijo *et. al.* (1997).

Para estimar  $Y_{MAX}$  y su captura asociada ( $f_{OPT}$ ), se deben reformular los modelos, expresando la captura como una función del esfuerzo, quedando de la siguiente forma:

$$\text{Schaefer} \quad Y(i) = b_0 \cdot f_{(i)} + b_1 \cdot f_{(i)}^2$$

$$\text{Fox} \quad \ln(Y_{(i)}) = f_{(i)} \cdot \exp[b_0 + b_1 \cdot f_{(i)}]$$

La ecuación correspondiente al modelo de Schaefer es una parábola (Figura 2) que tiene su valor máximo de  $Y_{MAX}$ , equivalente al RMS, en un nivel de esfuerzo de pesca óptimo ( $f_{OPT}$ ) que se determina por:

$$f_{OPT} = -0.5 \cdot b_0/b_1$$

$$Y_{MAX} = -0.25 \cdot b_0^2/b_1$$

La ecuación correspondiente al modelo de Fox, representa una curva asimétrica con un máximo, en el RMS, con una pendiente relativamente inclinada en su lado

izquierdo y una declinación mucho más gradual en el lado derecho del máximo (Figura 2). Los valores del  $f_{OPT}$  y  $Y_{MAX}$  se calculan como:

$$f_{OPT} = -1/b_1$$

$$Y_{MAX} = -(1/b_1) \cdot \exp^{(b_0 - 1)}$$

Un valor de esfuerzo menor al óptimo ( $f < f_{OPT}$ ) permitiría año tras año capturas sostenibles, ya que se capturará una cantidad menor al incremento biológico de la población (por reproducción y reclutamiento a la pesquería), manteniendo su capacidad de incremento biológico constante. Por el contrario, si el esfuerzo de pesca sobrepasa o es mayor al óptimo ( $f > f_{OPT}$ ), las capturas no serán sostenibles y si se mantienen año tras año se llegará a la extinción del recurso y el colapso de la pesquería.

En ambos escenarios se ajustó un modelo de regresión lineal simple entre el esfuerzo pesquero ( $f_{(i)}$ ) y las respectivas CPUE ( $Y_{(i)}$ ) y  $\ln$  CPUE ( $\ln(Y_{(i)})$ ). Se obtienen los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de cada regresión. El mayor valor del  $R^2$  y el menor valor de  $p$  se utilizan como criterio de decisión para elegir entre los dos modelos.

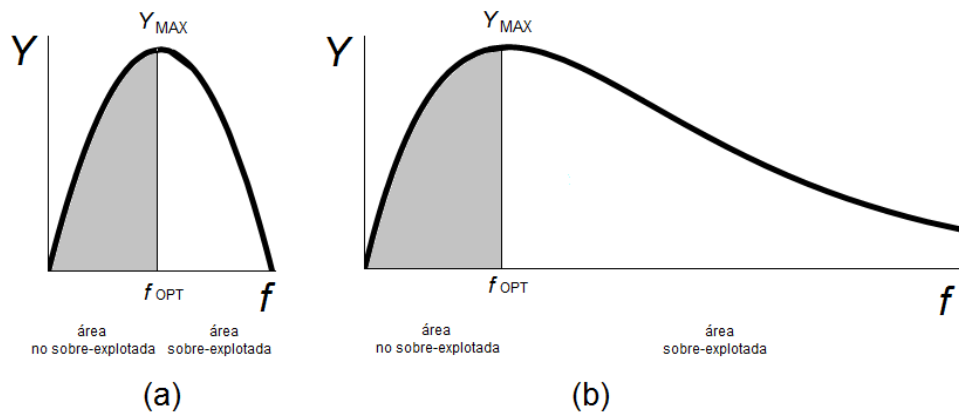


Figura 2. Curvas de evaluación teóricas a nivel de recurso, Schaefer (a), Fox (b).  $f_{OPT}$  = esfuerzo óptimo,  $Y_{MAX}$  = máximo de capturas o rendimiento máximo sostenible,  $f$  = esfuerzo (número de embarcaciones),  $Y$  = captura (Kg).

De acuerdo a la figura anterior, los resultados para la evaluación del estado de explotación del recurso barrilete, se interpretan de la siguiente manera:

- El recurso resultará no sobreexplotado, si toda la variación anual de  $Y$  coincide desarrollarse en las áreas grises de ambos tipos de modelos.
- El recurso resultará sobreexplotado, si toda la variación anual de  $Y$  coincide desarrollarse en las áreas blancas de ambos tipos de modelos.
- Cuando ocurra movilidad de  $Y$  entre las áreas gris y blanca, la evaluación final se decidirá con base en la posición en la que el año final se encuentre en una respectiva área.

Además, la captura por unidad de esfuerzo estimada ( $Y/f$ ), se asume que es proporcional a la abundancia de la población, por lo que se incluye en la evaluación como un índice de abundancia relativa (Hinton y Mauder, 2003).

#### Regionalización: técnica de ACP

La regionalización consiste en la subdivisión de una región en  $n$  subregiones delimitadas espacialmente por diferencias en la magnitud para un particular tipo de información satelital, pero a su vez, son persistentes en el  $t_1$  y  $t_2$ . La regionalización puede ser estimada a partir de la técnica estadística del Análisis de Componentes Principales (ACP). Así mismo, la técnica de ACP puede ser implementada en series de tiempo en forma de anomalías; una anomalía es la desviación significativa de un particular tipo de información satelital, con relación al comportamiento promedio de aquella (Kahru 2005; Cervantes-Hernández y Manzano-Sarabia 2017).

El Análisis de Componentes Principales (ACP) se utiliza para ordenar información del mismo tipo dentro de  $n$  cajones denominados Componentes Principales (CP). La base principal del análisis del ACP son las matrices de correlación o covarianzas en las que sólo se incluye un grupo de variables  $X_n$ . El ACP evalúa las magnitudes de correlación que se registren entre las variables  $X_n$ , para ordenar a éstas en  $n$  Cp. Lo anterior se realiza tomando en cuenta los siguientes criterios:

- El  $n$  número de CP a utilizar para ordenar  $X_n$  variables independientes, es:  $n_{CP} = X_n$ .
- Las variables  $X_n$  que tienen una alta correlación o covarianza, se ordenarán en un primer CP. Con una menor magnitud a las anteriores, pero aún

significativa, otras variables  $X_n$  se ordenarán en otro CP; y así sucesivamente, hasta que todas las variables  $X_n$  hayan sido ordenadas en los  $n$  CP.

- Las variables  $X_n$  que resulten ordenadas en cada  $n$  Cp, es un indicativo de que entre ellas se registró un alto grado de multicolinealidad (Hair *et al.* 1999).
- Nunca una variable  $X$  podrá ser ordenada en dos Cp a la vez.
- Si una variable  $X$  se muestra ordenada en un Cp, pero sin estar presente otra variable  $X$ , entonces para la primera no se generó ninguna ordenación. La recomendación para esa variable  $X$ , es que se deba trabajar de modo libre.

En la Matriz de componentes principales, la  $ij$  carga factorial es la magnitud de correlación (positiva o negativa) que cada  $X_n$  tiene en cada  $n$  Cp (Hair *et al.* 1999). Para cada Cp, se estima un el Eigen-valor que cuantifica, al interior de cada uno de éstos, el número de variables  $X_n$  ordenadas. Cuanto mayor es el número de variables  $X_n$  ordenadas en cada  $n$  CP, mayor será el Eigen-valor; e inverso, en el caso contrario. El Eigen-valor se obtiene al sumar cada  $ij$  carga factorial elevada al cuadrado (Cervantes-Hernández & Manzano-Sarabia, 2015). Para cada  $n$  Cp, se estima la varianza total de ordenación, que es el resultado de dividir su Eigen-valor entre el número total de variables  $X_n$  contenidas en cada  $n$  CP (Cervantes-Hernández y Manzano-Sarabia 2015).

En el proceso de regionalización realizado en el programa WIM/WAM no se incluye el Porcentaje de Varianza Estadística Explicada ( $\%EvarSta_n$ ) de cada CP, no obstante, este resultado puede estimarse así:

$$\%EvarSta_n = Eigen-valor_n / n,$$

Dónde:

$n$  = número de imágenes analizadas;

$Eigen-valor_n$  = Eigen-valor estimado para cada CP $n$

Así mismo el Eigen-valor se utiliza para identificar los CP $n$  estadísticamente más significativos y se estima

$$\text{Eigen-valor}_n = \text{suma } (cf_j * SD_n)^2$$

Dónde:

$cf_j$  = Cargas factoriales para cada CPn

$SD_n$  = Desviación estándar estimada para cada CPn

La  $j$  carga factorial define la correlación de cada imagen incluida en el análisis de regionalización tiene en relación con su correspondiente CPn (Hair *et al.* 1999; Cervantes-Hernández y Manzano-Sarabia 2017).

Una serie de tiempo es una progresión de registros con variación espacio-temporal (Kahru 2013; Cervantes-Hernández y Manzano-Sarabia 2017). Las áreas de pesca pueden ser utilizadas como áreas de muestreo en el estudio de regiones oceanográficas. La variación de una o más variables oceanográficas en  $n$  áreas de muestreo puede analizarse con información satelital, conservando la simultaneidad espacial y temporal (Cervantes-Hernández y Manzano-Sarabia 2017).

Al sobreponer los registros de observación del barrilete sobre un área regionalizada en términos de sus características ambientales se puede inferir si existe relación entre la abundancia de los organismos y características puntuales del ambiente.