



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

Unidad Mérida

Departamento de Ecología Humana

**Gobernanza del sistema socioecológico del pulpo Maya
en la costa norte de Yucatán, México**

Tesis que presenta

M.C. José Antonio Santamaría Reyes

para obtener el Grado de

Doctorado en Ciencias

en la Especialidad de

Ecología Humana

Director de tesis

Dra. Julia Elena Fraga Berdugo

Mérida Yucatán

Abril, 2024

Agradecimientos

Al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) y al Departamento de Ecología Humana Unidad Mérida por permitirme cumplir este objetivo de vida.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca otorgada para realizar mis estudios.

A la Dra. Julia Fraga por haberme permitido cumplir una meta de vida, su orientación fue fundamental para cumplir con cada una de las etapas de la investigación. Lo más importante, desarrollamos una forma de trabajo que no solo permitió profundizar en el conocimiento de cómo se relaciona el pescador con su medio ambiente, también nosotros, lo que me ha hecho crecer como estudiante y profesionalmente.

A mi comité de tesis, Dr. Jorge Euan, Dr. Miguel Munguía, Dr. Romeo Saldívar y el Dr. Batllori, quien se integró recientemente al comité evaluador. A todos ellos por cuestionar, revisar y hacer sugerencias, proceso que me permitió aprender y desarrollar mi trabajo sobre un tema de pesquería endémica, desconocido en mi trayectoria previa.

A la Dra. Tere Castillo, Dr. Sudip Datta Banik, Dra. Dolores Cervera, Dr. Lane Fargher, Dr. Salvador Montiel y al Dr. Carlos Ibarra, estos últimos por haber aceptado estar en el comité evaluador de mi examen predoctoral; Al M.C. Miguel Cabrera, Dr. Anaximandro Gómez, M.C. Celeste Vorrath y M.C. Ligia Uc. Al igual que al Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Yucalpetén (CRIPY) y compañeros del doctorado. A todos ustedes, mi agradecimiento eterno.

Especialmente a los pescadores de pulpo Maya de Progreso (El Playón), Chicxulub, Chuburná y Chelem, por haberme permitido conocer sus vidas. La forma que ven el mar, sus recursos y al mundo. Sus problemas, los riesgos, sus percepciones, la manera de afrontarlos y resolverlos fueron una gran enseñanza.

José Antonio Santamaría Reyes

Dedicatoria

A mis padres José Antonio y Magdalena, su apoyo incondicional y su ejemplo han contribuido al logro de esta etapa en mi vida.

A mis hijos Frida y Leonardo; a mi compañera y esposa Lila, ellos me motivaron y me mantuvieron de pie hasta el final.

A mis hermanos y sus familias Juan Carlos, Rodrigo, Ernesto, Alicia, Rodri, Laila, Regina, Netito, Marianita, Chequito, Coque, Nancy y Sergio gracias por su apoyo, afecto y cariño.

Contenido de la tesis

Índice de Figuras y Tablas*	7
Capítulo 1	12
1.1 Introducción	12
1.2 Organización de la Tesis	17
Capítulo 2 Antecedentes y problemática del sector pesquero artesanal del pulpo Maya	20
2.3 Unidad del Recurso (UR)	25
2.3.1 Distribución del pulpo maya	26
2.3.2 Alimentación del pulpo maya y su influencia en la pesquería	27
2.4 Sistema del Recurso (SR)	29
2.4.1 Variabilidad climática	30
2.4.2 Variabilidad climática y el pulpo maya	31
2.5 Sistema de Gobernanza (SG) e Interacciones (I)	35
2.5.1 Normas regulatorias de la pesquería del pulpo maya	36
2.5.2 El gareteo, método de captura permitido para el pulpo maya	37
2.5.3 Cuotas permisibles y cuotas registradas de pulpo maya 2016-2023	39
2.6 Ecosistemas relacionados (ECO)	40
2.7 Actores del sistema (A)	42
Capítulo 3 Marco Teórico	45
3.8 Los Sistemas Socioecológicos complejos	45
3.9 Marco de Análisis de los Sistemas Socioecológicos	47
3.10 Conceptualización del Sistema de Gobernanza	50
3.10.1 Gobernanza	51

Planteamiento del problema.....	55
Objetivos	57
Hipótesis general y específicos:.....	58
Capítulo 4 Material y Métodos	60
4.11 Limitante del estudio	60
4.12 Diseño y tipo de estudio.....	60
4.13 Área de estudio	63
4.14 Número de entrevistas y tipo de muestreo.....	65
4.14.1 Objetivos de las entrevistas Fase I y Fase II	65
4.14.2 Variables de investigación, ítems o variables observables.....	66
4.14.3 Características del Instrumento	67
4.14.4 Declaración de ética	69
Capítulo 5 Variabilidad ambiental y gobernanza en la pesca del pulpo Maya..	71
.....	71
5.15 Resumen.....	71
5.16 Material y métodos.....	72
5.16.1 El modelo estructural y de medida PLS-SEM.....	72
5.16.2 Criterios y parámetros de análisis del PLS-SEM	73
5.17 Resultados.....	74
5.17.1 Factores ambientales relacionados con la abundancia del pulpo maya, según la percepción de los pescadores durante el 2020	74
5.17.2 Estimación del modelo de medida y estructural para la comprensión del sistema socioecológico del pulpo maya	75
5.17.3 Capacidad reproductiva y veda natural, su influencia en la percepción de los pescadores.....	77
5.17.4 Factores físicos del medio ambiente y su influencia en las decisiones de pesca	78
5.18 Discusión.....	80

5.19 Conclusiones.....	87
5.20 Recomendaciones.....	88
Capítulo 6 La Influencia de la carnada, los permisos de pesca, y el método de captura en la pesquería del pulpo Maya	91
6.21 Resumen	91
6.22 Material y métodos.....	92
6.23 Resultados.....	93
6.23.1 Preferencias en el uso de carnada en la captura de pulpo maya temporada 2021	95
6.23.2 Comportamiento del precio de la carnada y pulpo Maya en la temporada 2021	97
6.24 Discusión	97
6.25 Conclusiones y recomendaciones	103
Capítulo 7 La regulación pesquera y su efecto en la pesquería del pulpo maya en la costa norte de Yucatán.....	105
7.26 Resumen	105
7.27 Material y métodos.....	106
7.28 Resultados.....	109
7.28.1 Capturas menores a 450 gramos	110
7.28.2 Capturas y pescadores participantes.....	111
7.28.3 Captura promedio por pescador menor a 450 gramos	113
7.28.4 Captura menor a 450 gramos	114
7.28.5 Análisis de medias de las capturas menores a 450 grs.....	115
7.29 Discusión	117
7.30 Conclusiones y recomendaciones	125
Capítulo 8 Discusión general.....	126

Bibliografía.....	136
Glosario	154
Anexos	155
Anexo I. Capturas de pulpo 2021 Progreso	155
Anexo II. Prueba ANOVA de un factor captura total y captura promedio por pescador	158
Anexo III. Análisis de varianzas, captura media de pulpo mayor y menor a 450 gramos de peso	164
Anexo IV.- Componentes y variables de segundo nivel del MASS.....	173
Anexo V. Aspectos biológicos y fisiológicos del pulpo maya tomados en cuenta para diseñar las NOMs	175
Anexo VI. Diferencia entre la pesca de baja escala vs industrial.....	177
Anexo VII. Valoración Económica exportaciones/importaciones de productos pesqueros 2017	178
Anexo VIII. Condiciones de analfabetismo, seguridad alimentaria y marginación de las familias de pescadores de pulpo en México al 2017.	179
Anexo IX. Aportes de Kahneman y Tversky a la Teoría de la Racionalidad Limitada	181
Anexo X. Procesos estadísticos del Capítulo 6, valorado con SPSS	182
Anexo XI. Instrumento de investigación y resumen de respuestas de entrevistas realizadas en la costa norte de Yucatán, temporada 2021-captura <i>O. maya</i>	186
Anexo XII. Publicación	192

Índice de Figuras y Tablas*

Figura 2-1. <i>Producción pesquera por captura y acuicultura a escala mundial 1990-2020</i>	21
Figura 2-2. <i>Ilustración de pulpo maya, rojo, negro o mexicano</i>	25
Figura 2-3. <i>Caparazones de bivalvos perforados recolectados en la playa de Progreso</i>	28
Figura 2-4. <i>Algunas presas del pulpo maya en su ambiente natural, también utilizadas como cebo</i>	29
Figura 2-5. <i>Plataforma continental sumergida al norte y oeste de Yucatán</i>	30
Figura 2-6. <i>Longitud de manto permisible en la captura (110 mm)</i>	37
Figura 2-7. <i>Embarcación pequeña con jimbos utilizada en la captura de pulpo maya</i>	38
Figura 2-8. <i>Okol (Ucides cordatus) utilizado como cebo</i>	41
Figura 2-9. <i>Cangrejo herradura (Limulus polyphemus)</i>	42
Figura 3-1. <i>Marco de Análisis de los Sistemas Socioecológicos, componentes e interacciones (figura con los conceptos en inglés)</i>	48
Figura 4-1. <i>Área de estudio</i>	64
Figura 4-2. <i>Aproximación de variables observables al Sistema Socioecológico del O. maya e incorporación de la Variabilidad Ambiental (VA) al sistema</i>	67
Figura 4-3. <i>Diagrama resumen de procesos del desarrollo de la investigación Fase I y Fase II</i>	68
Figura 5-1. <i>Estimación del modelo estructural (gris) y de medida (blanco)</i>	79
Figura 5-2. <i>Ciclo de vida del pulpo maya, la NOM-008-SAG/pesc-2015 y variabilidad climática intraestacional</i>	83
Figura 5-3. <i>Pulpos capturados eviscerados exponiendo la bolsa de huevos (ovario) que es constantemente monitoreada</i>	84
Figura 5-4. <i>Vista más de cerca del ovario o gónada en donde el pulpo hembra transporta sus huevos</i>	84
Figura 5-5. <i>Acumulación de "basura" o "sargazo" en el Playón, Progreso</i>	86
Figura 6-1. <i>Preferencia de los pescadores en el uso de la carnada por especie y localidad</i>	96
Figura 6-2. <i>Ucides cordatus atado como cebo y desechado en la playa de Progreso (2021)</i>	102
Figura 7-1. <i>Área de estudio</i>	107
Figura 7-2. <i>Tendencia de las capturas de pulpo Maya por peso mayor a 450 g (barras verdes) y menor a 450 g (barras negras) en el Playón, Progreso</i>	110
Figura 7-3. <i>Capturas de pulpo y pescadores participantes, temporada 2021</i>	112

Figura 7-4. <i>Captura promedio por pescador, 2021</i>	113
Figura 7-5. <i>Captura promedio por pescador < 450 gramos</i>	114
Figura 7-6. <i>Captura de pulpo maya < 450 gramos</i>	115
Figura 7-7. <i>Capturas, apareamiento, puesta e incubación del O. maya, vientos del norte y días festivos durante periodo de captura 1 de agosto al 15 de diciembre, 2021</i>	122
Figura 7-8. <i>Cadena de valor y el uso de la talla mínima de captura como criterio de valor y clasificación del pulpo Maya, Progreso (2021)</i>	123
Figura 8-1. <i>Proceso de respuestas adaptativas que pueden conducir a la sustentabilidad o insostenibilidad de un sistema socioecológico</i>	133
Figura 8-2. <i>Periodo de mayor y menor abundancia de pulpo maya y esfuerzo pesquero en sincronía con factores ambientales</i>	135
Figura 8-3. <i>Marco de análisis de sistemas socioecológicos desde un enfoque institucional-ambiental</i>	135
Tabla 2-1 <i>Cuota permisible de captura vs captura registrada de Octopus maya en la península de Yucatán 2016-2023</i>	40
Tabla 3-1. <i>Modos de Gobernanza</i>	51
Tabla 3-2. <i>Situaciones de acción en los SSE</i>	55
Tabla 5-1 <i>Variables observables y decisiones de captura</i>	75
Tabla 5-2 <i>Estimación del modelo de medida (cargas factoriales)</i>	76
Tabla 5-3. <i>Nivel de efecto en la percepción de pescadores (coeficiente path y R²)</i>	77
Tabla 6-1. <i>Estatus de residencia general y por localidad</i>	93
Tabla 6-2. <i>Especies identificadas utilizadas como carnada en la pesquería del pulpo Maya 1993-2021</i>	98
Tabla 6-3. <i>Estimación del volumen de carnada utilizada en la pesquería del O. maya 2016-2023</i>	101
Tabla 7-1 <i>Capturas de pulpo menores a 450 gramos de peso respecto a la captura total</i>	111
Tabla 7-2. <i>Diferencia de medias de capturas de pulpo menores a 450 gramos de septiembre respecto a octubre, noviembre y diciembre</i>	116
Tabla 7-3 <i>Talla y peso mínimo de captura para el pulpo maya</i>	117

Nota: * Las Figuras y Tablas tienen como referencia dos números, el primero representa el número del Capítulo y el segundo el número de la Figura o Tabla según corresponda. Por ejemplo: “Figura 2-3”, en este caso la figura corresponde al Capítulo 2 y el número de referencia subsecuente dentro del capítulo es el 3.

Lista de Abreviaturas

Abreviatura	Significado
CC	Cambio Climático
CNP	Carta Nacional Pesquera
DOF	Diario Oficial de la Federación
ENOS	El Niño Oscilación del Sur
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
IMIPAS	Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables (antes INAPESCA [Instituto Nacional de Pesca])
MASS	Marco de Análisis de los Sistemas Socioecológicos
NOM	Norma Oficial Mexicana
IPCC	The Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergovernmental sobre el Cambio Climático)
PLS	Partial Least Squares
SADER	Secretaría de Desarrollo Rural
SSE	Sistemas Socioecológicos
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TMC	Talla Mínima de Captura
VA	Variabilidad Ambiental
VC	Variabilidad Climática

Resumen:

Los recursos pesqueros proporcionan alimento y trabajo a millones de personas en todo el mundo, en el caso de Yucatán son miles las personas beneficiadas con la actividad pesquera, una de las pesquerías más importantes con efectos económicos y sociales es la del *Octopus maya*. Esta especie endémica es reconocida, local, regional e internacionalmente. Sin embargo, diversos factores ambientales han ido moldeando la relación entre los pescadores y el octópodo conduciéndolo hacia un futuro incierto. El objetivo general de esta investigación es conocer las interacciones entre los pescadores artesanales y el pulpo maya en un contexto de variabilidad climática y gobernanza, desde la percepción de los pescadores. Para ello se siguió una investigación de tipo mixto, transversal. Para obtener información se utilizaron métodos y técnicas como las entrevistas semiestructuradas, observación participante y la conversación informal. Las variables de investigación se generaron en campo en una fase exploratoria, posteriormente se aproximaron a sus respectivas variables de segundo nivel y componentes del marco de análisis de los sistemas socioecológicos para configurar el instrumento de investigación. Con dicha estructura metodológica se profundizó y conocieron interacciones clave de la pesquería entre el sistema social y ecológico. Con base en la percepción de los pescadores, se identificaron factores físicos del clima, biológicos del pulpo maya y regulatorios de la pesquería que han influido de manera muy importante en las decisiones de captura. Se concluyó que las respuestas de los diversos actores del sistema de pesca del pulpo Maya, si bien cuentan con algún tipo de gobierno que les permite resolver problemas y necesidades en el corto plazo; en el largo plazo la actividad se ve comprometida para las futuras generaciones de pescadores.

Palabras clave: pesquerías, pulpo maya, variabilidad climática, gobernanza, percepción, decisiones de captura, sustentabilidad, respuestas adaptativas.

Abstract

Fishing resources provide food and work to millions of people around the world. In the case of Yucatan, thousands of people benefit from fishing activity. One of the most important fisheries with economic and social effects is the Mayan Octopus. This endemic species is recognized locally, regionally, and internationally. However, various environmental factors have been shaping the relationship between fishermen and the octopod, leading it towards an uncertain future. The general objective of this research was to understand the interactions between artisanal fishermen and the Mayan octopus in a context of climate variability and governance, from the perception of the fishermen. For this purpose, a mixed, cross-sectional investigation was followed. To obtain information, methods, and techniques such as semi-structured interviews, participatory observations and informal conversations were used. The research variables were generated in the field in exploratory phase, subsequently they were approximated to their respective second-level variables and components of the socioecological systems analysis framework to configure the research instrument. With this methodological structure, key interactions of the fishery between the social and ecological system were deepened and outlined. Based on the perception of the fishermen, physical, climatic, biological, and regulatory factors of the Mayan octopus fishery were identified as importantly influencing on capture decisions. It was concluded that the responses of the actors in the Mayan octopus fishing system, although they have some sort of government that allows them to solve problems and needs in the short term. In the long term, the activity is compromised for future generations of fishermen.

Keywords: fisheries, Mayan octopus, climate variability, governance, perception, capture decisions, sustainability, adaptive responses.

Capítulo 1

1.1 Introducción

Esta tesis se coloca en el otro extremo de los estudios científicos sobre los aspectos relacionados con la biología, taxonomía y ecología del *Octopus maya* (Voss y Solís, 1966). Aborda la gobernanza, entendido de manera general como el manejo, administración y participación de los actores en los procesos de diseño, implementación y evaluación de las reglas y normas. En donde las costumbres y los factores biofísicos influyen en una amplia diversidad de actores socioeconómicos que tienen interés sobre la explotación de este recurso pesquero. En la captura del octópodo convergen relaciones técnicas y sociales dentro del ecosistema marino tropical en estrecha relación con factores ambientales y ciclos climáticos a los que se enfrentan de manera directa los pescadores artesanales cada temporada de pesca.

El conocimiento de las relaciones entre los diversos factores ambientales a partir de las percepciones de los pescadores entrevistados en la costa norte de Yucatán, relacionadas con las dinámicas socioeconómicas tienen el potencial de incidir en el manejo de la pesquería del *Octopus maya*; cuyas capturas se realizan frente a las costas de Campeche (litoral de 523 km), Yucatán (litoral de 378 km) y costa norte de Quintana Roo (litoral de 125 km [Municipios de Lázaro Cárdenas e Isla Mujeres]). El pulpo maya al ser una especie endémica implica que tiene una dispersión limitada si lo comparamos con otras especies de interés pesquero que son consideradas cosmopolitas, por ejemplo, otras especies de pulpos o calamares. Este recurso

limitado se encuentra bajo una gran presión no sólo durante la temporada permitida de captura, también durante la temporada de veda. Además, el cambio de uso de suelo de áreas estuarinas por la urbanización impacta en los ciclos de vida de muchas otras especies como los crustáceos que son un alimento básico para los pulpos. En este contexto se suma la marcada sensibilidad a los cambios ambientales como lo han hecho notar algunos científicos expertos en la biología y ecología del pulpo maya, lo que coloca a este sistema socioecológico como vulnerable y de un futuro incierto.

Las preguntas que acompañaron esta tesis doctoral desde el componente *sistema de gobernanza* del sistema socioecológico del octópodo fueron las siguientes: ¿Cómo está gobernada la pesquería del pulpo maya y cuáles son las interacciones establecidas por los actores con los otros componentes del sistema socioecológico en un contexto de variabilidad ambiental que asumen los pescadores ante las fuerzas del mercado y las normas que regulan el uso del cefalópodo? y ¿Cuáles son las estrategias y procesos adaptativos de los pescadores artesanales dedicados al pulpo maya en la costa norte de Yucatán cuyo insumo principal para incursionar en la pesquería, es la carnada?

Antes de responder las preguntas de investigación, vale la pena explorar dentro del sector pesquero mundial cómo se incrusta la pesquería del pulpo maya. En primera instancia, la captura de pulpos se contabiliza en el grupo de los moluscos, en el que se incluyen calamares, sepias, jibias y vieiras principalmente. En 2020, según la FAO (2022), se capturaron 5.923 millones de toneladas de moluscos, lo que representó el 7.51% de las capturas pesqueras marinas mundiales. Se destaca la

importancia de los calamares por el volumen de captura a nivel mundial. Por ejemplo, del calamar *Dosidicus gigas*, se capturaron 877,000 t y del *Ilex argentinus* 345,000 t (FAO, 2022). Las capturas de pulpo a nivel mundial se concentraron en el *Octopus vulgaris* principalmente, durante 2022 se capturaron 424,000 t. Esta pesquería en crecimiento pasó de 3,500 t capturadas entre 1950 y 1970, a 60,000 entre 1972 y 2015 en promedio (Domínguez, 2015).

México se ha convertido en los últimos años en uno de los principales productores de pulpo, solo detrás de China y Marruecos, esta pesquería se lleva a cabo principalmente en Yucatán, Campeche, Jalisco y Baja California Sur. En el Pacífico mexicano se capturan el pulpo verde (*Octopus hubbsorum*), pulpo café (*O. bimaculatus*) y pulpo ocelado (*O. bimaculoides*) y en el Golfo de México y Mar Caribe se capturan el pulpo maya (*O. maya*) y pulpo patón que puede estar representado por diversas especies como el *Octopus vulgaris*, *O. insularis* u *O. americanus* (AGRICULTURA, 2018; INAPESCA, 2019).

Esta investigación busca profundizar en la comprensión de cómo se relacionan los pescadores con el pulpo maya, desde la captura hasta la entrega en las congeladoras en un contexto de variabilidad ambiental, entendiendo que entre los muchos elementos que conforman el ambiente, la variabilidad climática y la gobernanza pueden influir en las percepciones y decisiones de los pescadores de pulpo maya de manera importante. Para ello, el estudio se realizó en cuatro comunidades pesqueras ubicadas al norte del Estado de Yucatán, Chuburná, Chelem, Progreso y Chicxulub. Después de haber generado un nivel de confianza suficiente en las comunidades antes mencionadas, se realizaron 41 entrevistas, al

profundizar en el entendimiento de la pesquería a través de la percepción de los pescadores se identificaron aspectos que han ido moldeando la actividad día a día. Dichos aspectos fueron categorizados por el investigador como variables, que, a través de la observación participante, entrevistas abiertas y semiestructuradas se profundizó en cada una, haciendo posible la comprensión de algunos factores poco estudiados que impactan de manera importante en las interacciones del Sistema Socioecológico (SSE). Entre ellas la variabilidad ambiental, la carnada y cómo la Norma (NOM) que regula la captura del pulpo es entendida de facto por los actores del sistema.

Un factor limitante en la investigación fue la pandemia por COVID-19, ya que los pescadores, después de haber tenido una etapa económica difícil en el 2020, preferían concentrarse en la captura en lugar de dar entrevistas en el 2021. Ante dicha problemática, la estrategia que se siguió fue vivir en una localidad pesquera para poder convivir con ellos el mayor tiempo posible, lo que contribuyó en la generación de confianza hasta ser integrado de alguna manera a la red de pescadores. Aclarando que siempre se manifestó que las intenciones del investigador tenían un fin académico. El mayor nivel de confianza se logró con un grupo de pescadores ubicados en Progreso, fue a través de ellos que se pudo entrevistar a pescadores de las otras localidades. Por otro lado, en la comunidad que se tuvo mayor resistencia a las entrevistas fue en Chelem. Una vez que fue habitual la presencia del investigador, este se integró y participó en muchas de las actividades que los pescadores realizaban en grupo, a cambio de ello pudieron ser entrevistados. El proceso que se siguió fue el siguiente: conforme las actividades

del pescador se fueron realizando, también se abordaron los diferentes temas de interés, con lo que se logró por parte de los pescadores una explicación con mucho mayor detalle de sus actividades y toma de decisiones. Por ejemplo, antes de salir a la faena, es común que el pescador observe las condiciones del tiempo, el viento, los recales, las nubes, las posibilidades de lluvia etc. En ese momento se abordaba el tema de las condiciones físicas climáticas, sus percepciones y cómo influían en sus decisiones; ya en plena faena, durante la captura del pulpo se abordaban los temas relacionados con el método de captura, los plomos, las corrientes marinas, y la forma de usar la carnada; al regresar a la playa, surgían otro tipo de decisiones, como por ejemplo, las posibilidades que había de regresar o no al mismo sitio de pesca y por qué, este tipo de respuestas dependían si la captura fue buena o mala en un determinado lugar o si el agua estaba clara o turbia. Muchas de estas decisiones dependían de las posibles condiciones climáticas del siguiente día; casi por terminar la jornada, ya de regreso en la playa, se abordaban los temas sobre el pesaje del pulpo, su calidad, tamaño y precio. Otros actores muy importantes en el proceso de captura, acopio y distribución del pulpo maya fueron los comerciantes, empresarios y cooperativistas, ya que representan un nodo a través del cual se concentran las capturas y se dispersan los recursos financieros entre los pescadores.

Este es un trabajo de tipo mixto, transversal, las percepciones de los pescadores se valoraron, categorizaron y analizaron con el apoyo de software especializado. Se identificaron y revisaron tres categorías en lo general: 1) las condiciones físicas ambientales en relación con procesos de captura y algunos aspectos reproductivos

del pulpo maya; 2) la carnada, su disponibilidad y uso, derivado de la organización y conformación de redes sociales de los pescadores en torno a quienes poseen los permisos de captura y; 3) el uso de la NOM pesquera del pulpo maya en relación con la interpretación y uso “simbólico” del peso mínimo de captura en la cadena de valor de la pesquería del octópodo.

En lo general se estudió cómo se ven influenciadas las decisiones de captura de los pescadores en relación con tres factores ambientales: la variabilidad climática, la regulación pesquera y el mercado. Por sus características, este trabajo se enmarca en los estudios de variabilidad ambiental, Sistemas Socioecológicos y gobernanza. Los resultados pueden contribuir a la sustentabilidad y resiliencia de la pesquería al incorporar elementos que normalmente no son tomados en cuenta por los tomadores de decisiones, producto de la interacción de los actores con los otros componentes del sistema.

1.2 Organización de la Tesis

En el Capítulo 1 se planteó la introducción y la organización de la tesis; en el Capítulo 2, se plantearon antecedentes de la pesquería del pulpo maya por componente, siguiendo la estructura del marco de análisis de los sistemas socioecológicos, en donde se resaltan aspectos de variabilidad y cambio climático; algunos aspectos biológicos y la distribución del pulpo maya; se revisaron capturas registradas por las autoridades y cuotas permisibles de acuerdo con la norma del 2016 al 2023; se abordaron las normas que regulan la pesquería y algunos efectos socioeconómicos en las familias de los pescadores de pulpo al 2017, de acuerdo

con Contreras (2019). En el Capítulo 3 se abordó el enfoque teórico, el Marco de Análisis de los Sistemas Socioecológicos (MASS), proporcionó una guía no solo teórica. Se hace énfasis en su complejidad y sus componentes, entre los cuales destacamos el componente, sistema o subsistema de gobernanza. También se hace una aproximación teórica para explicar el comportamiento que asumen los actores del sistema al tomar decisiones. Posteriormente se establece de manera resumida la problemática, los objetivos y la hipótesis general. En el capítulo 4 se plantean los materiales y métodos.

En la estructura de la tesis, los capítulos 5, 6 y 7 dan respuesta a las interrogantes planteadas y que fueron guías mentales y concretas en el trabajo de campo y gabinete. En cada uno de estos capítulos se establecieron los objetivos, hipótesis específicas, y material y métodos específicos; El Capítulo 5 corresponde a lo publicado en la revista *Frontiers in Marine Science*, cuya referencia se cita en la bibliografía, en este capítulo traducido al español, se abordó cómo la variabilidad climática y la regulación pesquera influyen en el gobierno de la pesquería del pulpo maya a través de las percepciones y consecuentemente la toma de decisiones; el Capítulo 6 explora cómo se organizan los pescadores en torno de quién posee el permiso de captura y cómo se deriva de esa interacción el manejo de la carnada, lo que representa un punto crítico en el sistema, ya que genera otras dinámicas de sobreexplotación y acaparamiento del recurso, lo que puede provocar que en un momento dado algunos pescadores artesanales no puedan salir a la captura. Además, se muestra cómo la interacción de pesquerías puede promover el uso de métodos de captura no permitidos; en el Capítulo 7, se aborda el uso de la NOM

respecto al peso mínimo de captura, que establece que los pulpos menores a 450 gramos no deben ser capturados. Se asume que en el caso de ser capturados deben ser devueltos al mar para permitir la madurez sexual y reproducción de los organismos. Sin embargo, se usa como un criterio económico, no tanto biológico ni ecológico, teniendo un efecto contrario para la preservación de la especie, ya que modula el comportamiento de los pescadores y otros actores al considerar el peso como uno de los referentes más importantes del precio a lo largo de la cadena de valor.

En el Capítulo 8, se plantea una discusión general orientada principalmente a las decisiones, conductas y respuestas -entendidos como *interacciones* y no en sentido estricto de una psicología de las actitudes- que asumen los diversos actores del sistema pulpo (pescadores, empresarios e intermediarios), dada su percepción del medio ambiente, en la que interaccionaron bajo condiciones de variabilidad climática, procesos de gobernanza y alta demanda de pulpo Maya.

Capítulo 2 Antecedentes y problemática del sector pesquero artesanal del pulpo Maya

La pesca, agricultura y recolección son actividades económicas que han contribuido en el desarrollo y subsistencia de los seres humanos; la pesca ha sido la base económica para sostener grandes concentraciones de poblaciones humanas en las costas a lo largo de su historia (Yesner, 1980; Bailey y Parkington, 1988). Los productos pesqueros a nivel mundial hacen grandes aportaciones a la alimentación, nutrición y empleo; contribuyen a la seguridad alimentaria desde el punto de vista de la disponibilidad y calidad y; se explotan tanto en aguas interiores como en aguas marinas. El pescado aporta casi el 20% de la ingesta promedio de origen animal a 3,200 millones de seres humanos (FAO 2018). Además, contribuye a la generación de empleos e ingreso económico. Sin embargo, en un contexto de crecimiento poblacional constante se ha generado una presión humana sobre los recursos pesqueros de origen natural (captura), dando paso al desarrollo de la acuicultura, permitiendo aportar a la producción mundial en el 2020 casi el 50% de la producción pesquera (Figura 2-1).

Los cambios inducidos por los seres humanos como la presión pesquera, cambio climático, regulación, contaminación en interacción con la variabilidad climática pueden asociarse a una redistribución de las poblaciones de peces y sus capturas (FAO, 2008; FAO, 2020). Debido a dichos factores, se pronostica una redistribución de algunas especies marinas, algunas de interés pesquero con repercusiones para los países en desarrollo, que generalmente se encuentran en los trópicos (Porter et al., 2014). Otros autores han documentado movimientos hacia el norte o sur, hacia

aguas más frías asociados a la variabilidad climática de escala interanual (Izzo et al., 2010; FAO, 2008). Así, la existencia o permanencia de muchas especies marinas en un determinado espacio marino está comprometida por efectos relativos a la explotación pesquera y forzamientos climáticos que actúan simultáneamente sobre los *stocks* pesqueros.

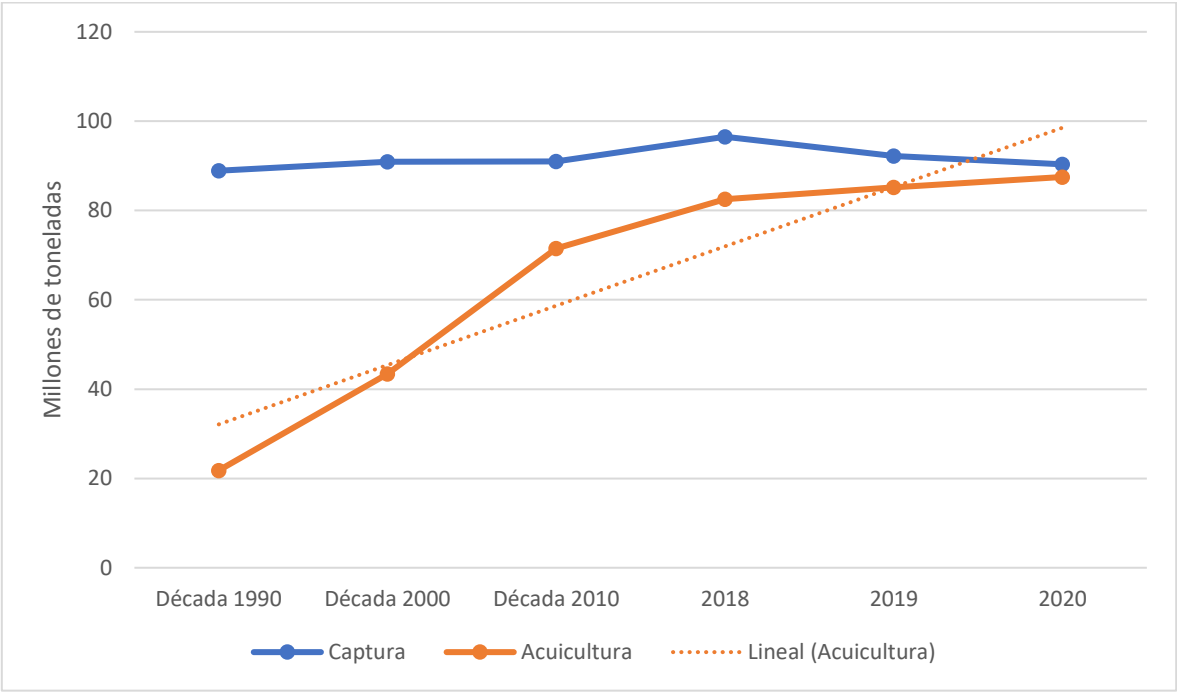


Figura 2-1. Producción pesquera por captura y acuicultura a escala mundial 1990-2020

Fuente: FAO, 2022.

En este contexto el sistema de gobernanza se suma como un factor que influye en la capacidad de resiliencia de la población humana para soportar, adaptarse y transformarse ante los cambios ambientales (Planque et al., 2010). Ante dicho reto, el manejo de los sistemas marinos representa un desafío que ha propiciado el establecimiento de un enfoque ecosistémico (Bianchi et al., 2008).

En el caso de la pesquería del pulpo maya, estudiar las interacciones, necesariamente implica la vinculación de la dimensión social y ecológica, lo que Berkes y Folke (1998) identificaron como sistemas socio-ecológicos, en los que, a través de una relación de retroalimentación mutua, definida en términos de interdependencia y complejidad en diferentes escalas espaciales, temporales y funcionales es que dichos sistemas se desarrollan (Cox, 2011). Sin embargo, las pesquerías como sistemas dinámicos experimentan rápidos cambios sociales y ecológicos lo que hace difícil predecir su rumbo; abordar sus problemas y; su estudio. Este es el caso de la pesquería del *Octopus maya* en Yucatán que se ha ido consolidando como una de las más importantes del mundo pero que se encuentra en una situación de gran incertidumbre de cara al futuro, dado el cambio ambiental inducido por la actividad humana (explotación de recursos, regulación, mercado).

En la medida que el ser humano es el principal impulsor de los cambios ambientales terrestres y marinos, implica abandonar el pensamiento lineal orientado a la eficiencia y optimización para centrarse en marcos más flexibles que reconozcan la resiliencia como factor clave para acercarse a la sostenibilidad. Para ello se necesitan marcos de análisis que permitan reducir la complejidad a niveles adecuados que permitan avanzar en la generación de conocimiento científico, así como en la gestión de dichos recursos (Ballesteros, 2018). No obstante, los SSE generan complejas relaciones interdependientes entre el sistema social y natural, lo que conlleva al reconocimiento de problemas, donde aspectos relacionados con la conducta suelen ser complejos e impredecibles, siempre múltiples, de naturaleza no-lineal, en el tiempo y espacio, con un carácter evolutivo. Esto es cierto para los

sistemas naturales y sociales, configurando un sistema con retroalimentaciones críticas. Por lo que, se requieren formas interdisciplinarias e integradoras de investigación para su comprensión (Holling et al., 1998).

Los SSE se definen como una unidad bio-geofísica y sus actores sociales e instituciones asociados, son complejos, adaptativos y delimitados por límites espaciales o funcionales que rodean ecosistemas particulares y su contexto del problema (Glaser et al., 2008; Cox, 2011). Bajo este concepto, todos los recursos utilizados por el ser humano constituyen un sistema socio-ecológico (Zietlow, 2010) que provee a la sociedad servicios esenciales como alimentos, energía, fibra y agua (Binder et al., 2013). En donde las interacciones plantean relaciones no-lineales positivas o negativas que depende de su contexto e historia (Becker, 2012), configurando sistemas complejos y adaptativos (Janssen y Ostrom, 2006). Lo que puede conducir sobre una trayectoria resistente o vulnerable y conducirse hacia la sostenibilidad o el colapso (Gallopín, 2006).

Dada la complejidad de los SSE, como lo es la pesquería del pulpo Maya en la costa norte de Yucatán, los marcos teóricos-metodológicos permiten establecer límites a la investigación de estudios teóricos y empíricos, proponiendo las variables importantes que el investigador debe identificar, así como las relaciones generales entre ellas (Ostrom, 2007; Schlager, 2007). Además, permiten identificar los actores relevantes, niveles, unidades de análisis apropiados y el alcance potencial de la investigación. Aunque no pueden predecir o explicar por sí mismos los resultados (Epstein et al., 2013), esto recae en las teorías y modelos (Schlager, 2007). Los marcos de análisis, en términos generales son entendidos como una manera de ver el mundo, el prisma mediante el cual se puede analizar un fenómeno proporciona

un conjunto de asunciones, conceptos, valores y prácticas (Binder et al., 2013). Por lo que la selección del marco de análisis se convierte en un proceso crítico de la investigación. Con el fin de orientar al investigador, Binder et al. (2013), comparó diez marcos de análisis (para mayores referencias, consultar la fuente), de sus resultados se desprende que sólo uno trata con profundidad y cierto equilibrio los sistemas sociales y ecológicos en distintos niveles de especificidad (*Ibid*), lo que permitirá responder a nuestras preguntas de investigación: el Marco de Análisis de los Sistemas Socioecológicos (MASS), cuyo objetivo es generar un lenguaje común para la comparación de casos que permitan organizar y proponer variables relevantes en el análisis de los SSE; identificar las relaciones interdependientes entre el sistema social y ecológico, los actores que utilizan los recursos y el impacto que pueden causar en el mismo sistema y en los relacionados, externalidades que retroalimentan al sistema social en el que la productividad del sistema cambia afectando los ratios de captura; este marco tiene una perspectiva antropocéntrico, pero de las comparadas por Binder et al., (2013) es la que logra un mayor equilibrio entre lo social y ecológico; posee una orientación más de análisis que de acción lo que permite profundizar en la dinámica de los procesos sociales y sus interacciones con el sistema ecológico (Ostrom 2007; 2009). El MASS propone una serie de componentes y variables de estudio que deben adecuarse a las preguntas de investigación. En el presente estudio, utilizando como guía el MASS, los componentes de la pesquería del pulpo Maya como SSE, quedaron conformados y conceptualizados como se describen a continuación:

2.3 Unidad del Recurso (UR)

Octopus maya (Voss y Solís, 1966), también conocido como pulpo rojo, negro o mexicano, es la principal especie objetivo de la pesquería de pulpo en la península de Yucatán. Esta especie endémica de la Sonda de Campeche es un molusco cefalópodo (del griego *kephalo*: cabeza y *podós*: base o pie) (Figura 2-2).



Figura 2-2. Ilustración de pulpo maya, rojo, negro o mexicano

Fuente: <https://www.gob.mx/inapesca/documentos/plan-de-manejo-pesquero-de-pulpo-en-el-golfo-de-mexico-y-mar-caribe>

El octópodo se distingue por tener un cuerpo blando de simetría bilateral y ojos desarrollados, posee ocho brazos con dos filas de ventosas, una característica de esta especie es la presencia de una mancha u ocelo bajo los ojos y entre estos y en la base de los brazos y a ambos lados de la cabeza (Voss y Solís, 1966; Solís-Ramírez et al., 1997). Actualmente, se distribuye en los fondos marinos frente a las costas de los Estados de Campeche, Yucatán y norte de Quintana Roo, pero no

siempre fue así; a lo largo de su vida evolutiva se ha enfrentado a cambios físicos ambientales que lo han ido configurando como especie. El origen del *Octopus maya* fue el resultado de un proceso de radiación adaptativa de un ancestro común que se encontraba en el Océano Pacífico. Dicho ancestro entró por lo que hoy se conoce como el istmo de Panamá a través de una corriente marina que hace 4 millones de años conectaba el Pacífico con el Atlántico. Esto permitió el proceso de especiación, dando origen a algunas especies que hoy habitan en el Pacífico, el Caribe y el Golfo de México (Juárez et al., 2012), entre ellos el *O. maya*. En este contexto, el octópodo ha demostrado tener una gran capacidad adaptativa a los cambios ambientales naturales.

2.3.1 Distribución del pulpo maya

Se han identificado dos zonas de alta concentración en la reproducción de la especie: Sabancuy Campeche hasta Sisal, Yucatán y frente a Río Lagartos, Yucatán. Estas concentraciones están relacionadas con la temperatura y otras condiciones ambientales, como los patrones de las surgencias, vientos (ej. “nortes”), la influencia de El Niño Oscilación del Sur (ENOS) en cada región. Además, de la interacción que estos factores pudieran tener con el cambio climático (Tello y Arena, 2011; Ángeles-González et al., 2017; CNP, 2022). Los desplazamientos de los pulpos, además de estar altamente influenciados por las temperaturas (ej. para procesos reproductivos), también tienen el propósito de encontrar alimento, refugios para desovar y protegerse de sus depredadores (Tsangridis et al., 2002). En consecuencia, pueden desplazarse hacia zonas de menor a mayor profundidad y

viceversa, en ocasiones generando áreas de agregación y periodos de abundancia o escasez a diferentes profundidades (Íbid). Comprender los desplazamientos del pulpo Maya es importante ya que pueden condicionar la distribución de las flotas pesqueras tanto de Campeche como de Yucatán. Se estimaba que para el 2020 había 638 embarcaciones mayores y 3,983 menores (Pescandodatos, 2020).

2.3.2 Alimentación del pulpo maya y su influencia en la pesquería

El pulpo maya es un carnívoro que ha desarrollado un proceso etológico y fisiológico muy peculiar, haciendo uso de las ventosas que le permiten la adhesión y sujeción con gran fuerza y presión. Una vez que sujeta a su presa, con la rádula realiza una abertura o perforación secretando una cefalotoxina desde las glándulas salivales con la que termina de inmovilizarla. Esta mezcla de enzimas proteolíticas es vertida sobre los tejidos iniciándose una digestión externa para ser prácticamente absorbida por el pulpo (Nixon et al., 1980; Nixon & Boyle, 1982).

Al pulpo se le considera un consumidor secundario, se alimenta básicamente de invertebrados entre los que destacan los crustáceos, bivalvos y gasterópodos, aunque se han encontrado escamas de peces en análisis de su contenido estomacal (Voss y Solís, 1966). Otro tipo de evidencias pueden ser observadas en conchas o caparazones perforados, ampliamente distribuidos a lo largo de las costas de Campeche, Yucatán y Quintana Roo, aunque dichas perforaciones también pueden ser ocasionadas por otros depredadores o parásitos (Nixon et al., 1980). Una proporción importante de restos de presas capturadas por pulpos, pertenecen a moluscos bivalvos (Figura 2-3).

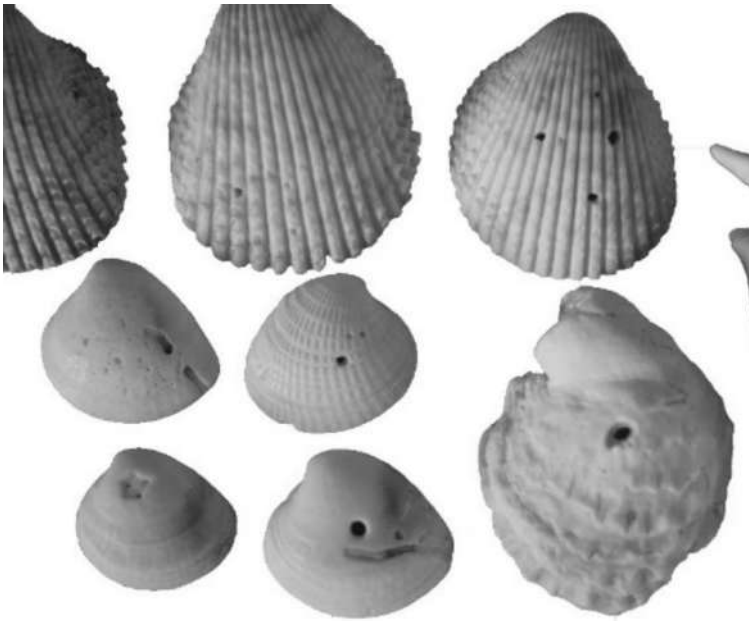


Figura 2-3. Caparazones de bivalvos perforados recolectados en la playa de Progreso.

Fuente: Trabajo de campo (2021).

Algunos de los crustáceos mencionados como presas del pulpo maya de manera natural, también han sido utilizados como carnada: el cangrejo azul, langostas y las centollas o “maxquil” (Voss y Solís, 1966; Galindo et al., 2014; Ávila et al., 2014) (Fig. 2-4).

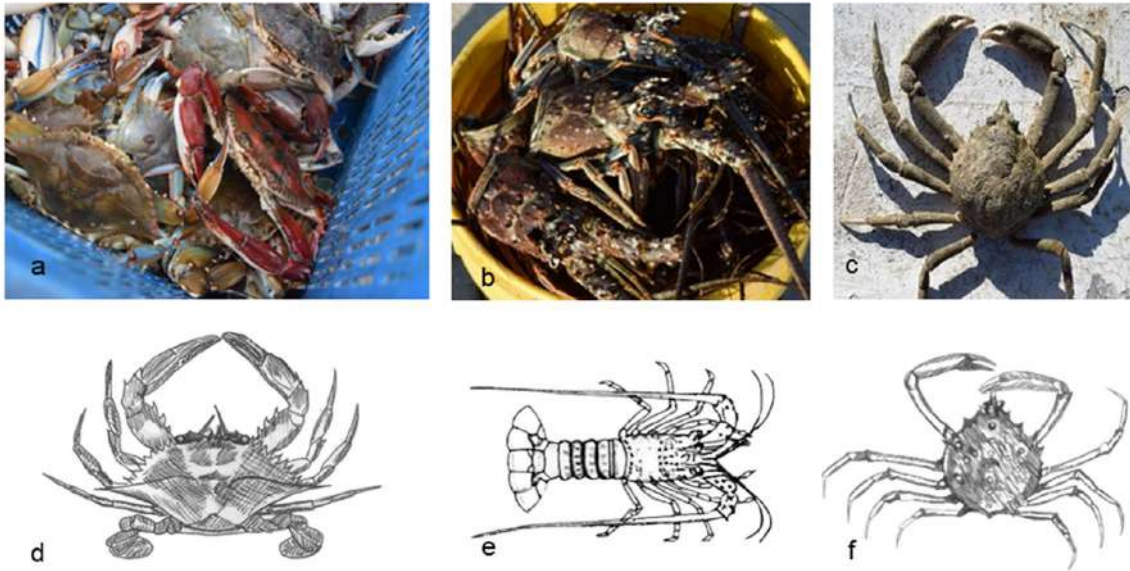


Figura 2-4. Algunas presas del pulpo maya en su ambiente natural, también utilizadas como cebo

(a) foto de cangrejo capturado en Chelem por pescadores locales (2021), (b) foto de cabeza de langosta utilizada por pescadores como cebo en Chicxulub (2021), (c) foto de ejemplar de maxquil (en idioma maya) encontrado en la playa en Progreso (2021), (d) ilustración del cangrejo azul (*Callinectes sapidus*); (e) ilustración de la langosta (*Panulirus argus*); (f) ilustración de maxquil (*Libinia dubia*). Autor de fotografía e ilustraciones: Antonio Santamaría.

2.4 Sistema del Recurso (SR)

El pulpo maya como especie endémica tiene una distribución limitada dentro de la Sonda de Campeche, esta corresponde a la parte sumergida del norte y oeste de la plataforma continental de Yucatán. Actualmente, arrecifes vivos, montículos biohermales, terrazas de ola y estructuras kársticas a pequeña escala dominan la topografía del área, la plataforma tiene una amplitud de 200 km, con una pendiente de 5° aproximadamente (Carranza, 2017). La Sonda de Campeche se ubica en la plataforma continental interna, al oeste es una región de alta expansión industrial donde destacan la explotación petrolera, pesquera y procesos petroquímicos en las zonas costeras (Figura 2-5). Las características ecológicas más importantes tienen

que ver con la circulación e intercambio de aguas oceánicas y costeras, descargas fluviales y la transición de materiales terrígenos y de sedimentos calcáreos, mismas que favorecen la presencia de una gran biodiversidad sobre las cuales inciden la explotación pesquera, destaca la flota camaronera de arrastre y la flota artesanal o ribereña que opera sobre la plataforma continental y se orienta principalmente a recursos pesqueros de escama y moluscos, entre estos últimos el pulpo maya (Ibid).

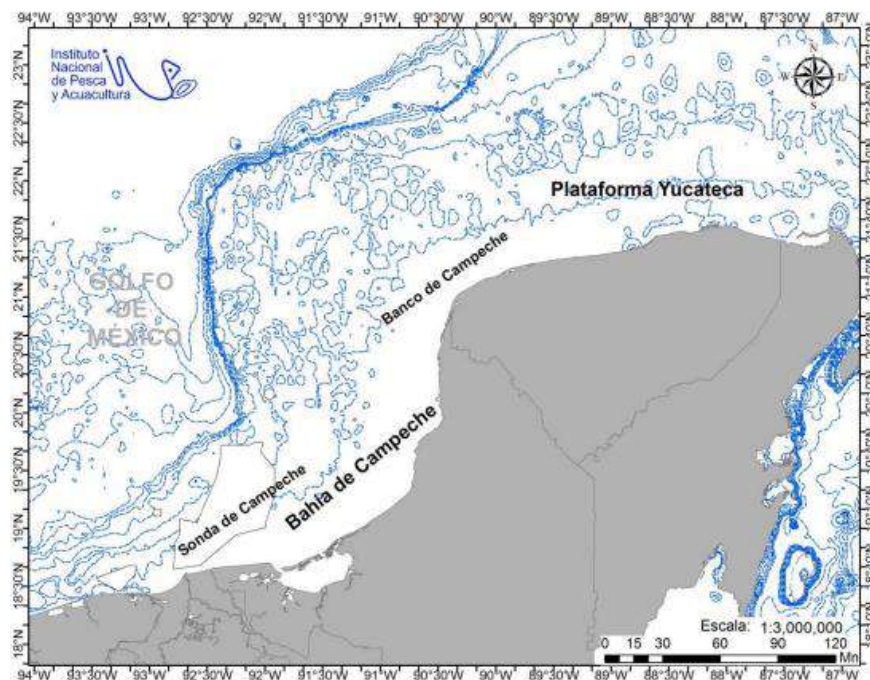


Figura 2-5. Plataforma continental sumergida al norte y oeste de Yucatán.

Fuente: Carranza, 2017.

2.4.1 Variabilidad climática

La variabilidad climática (VC) responde a fluctuaciones del clima a través de los años en diversas escalas de tiempo y espacio. Dichas fluctuaciones se originan por la interacción de los distintos componentes del sistema climático y los factores

radiativos forzantes (elementos que intervienen en la diferencia entre energía absorbida e irradiada de vuelta al espacio por la tierra; Haigh, 2011). La VC puede ser evidente en periodos largos o cortos y se pueden expresar en precipitación, temperatura o humedad, entre otras variables, presentándose desviaciones en torno a los valores normales o promedio (Pabón, 1998; Montealegre y Pabón, 2000). Se reconocen las siguientes escalas temporales: a) escala intraestacional o estacional (estaciones lluviosas y secas); b) el ciclo anual, es común el reconocimiento de estaciones (invierno, primavera, verano y otoño). En latitudes tropicales lo frecuente es la alternancia entre temporadas lluviosas y secas; c) escala interanual o multianual (tele-conexiones y ciclos de más de un año de duración), un ejemplo típico, el fenómeno conocido como El Niño o La Niña (ENOS); d) escala interdecadal o multidecadal como sucede con las fases de la Oscilación Multidecadal del Atlántico (Enfield et al. 2001; Boshell, León y Peña, 2011). A diferencia de las anteriores, el calentamiento global o Cambio Climático (CC) de origen antropogénico, se observa con el cambio de las condiciones promedio de varias décadas, pero debido a la influencia de actividades humanas (ej. acumulación de gases de efecto invernadero; IPCC, 2021).

2.4.2 Variabilidad climática y el pulpo maya

Algunos factores físicos intervienen en la alimentación, crecimiento y reproducción de diversas especies marinas como el pulpo maya, mismos que están relacionados con la VC y CC. Por ejemplo, la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el Golfo de México oscila entre 22 y 30°C actualmente, diversos escenarios muestran un

posible calentamiento de la superficie marina en la porción sur con incrementos entre 0.2-0.3 °C por década, es decir, de 1 a 2°C en los próximos 50 años (Rosas et al., 2021). Aunque muchas especies han mostrado diversas capacidades adaptativas mediante mecanismos bioquímicos y fisiológicos para desempeñarse adecuadamente ante posibles escenarios de calentamiento, como jaibas (*Callinectes sapidus* y *C. similis*); peces (*Centropomus undecimalis*, *Ocyurus chrysurus* y *Epinephelus morio*); langosta (*Panulirus argus*, *C. sapidus*, *C. undecimalis*). Otras como el *C. similis*, *E. morio* y *O. maya*, debido a su sensibilidad térmica, probablemente se vean obligadas a migrar a zonas de menor temperatura, ya sea a zonas más profundas o hacia el norte. Lo que podría repercutir en un cambio en las estructuras de las comunidades pesqueras costeras (Rosas et al., 2021).

De acuerdo con Noyola et al. (2015), la abundancia de pulpo maya durante la anomalía de El Niño o ENOS, asociado a altas temperaturas ha influido en una disminución en la abundancia de pulpo Maya en la zona oeste de la península (frente al Estado de Campeche). Mientras que en el lado este (al norte del Estado de Yucatán y Quintana Roo), las poblaciones de pulpo maya han permanecido estables, probablemente por las surgencias que modulan las temperaturas, favoreciendo a la población de pulpo Maya, sus presas y depredadores (Paredes, Cardoso y Tarazona, 2004). Las surgencias ocurren en pulsos provocando fluctuaciones en la Temperatura Superficial Marina (TSM) entre 22 y 26°C en la zona este (Enríquez et al., 2013), en el oeste las temperaturas pueden alcanzar los 30°C en verano con oscilaciones hasta de 4°C. Durante otoño e invierno -temporada

de vientos provenientes del norte-, las masas de agua alrededor de la península oscilan alrededor de los 22.5°C (Noyola et al. 2015). Sin embargo, según datos de la NOAA, entre 1998 y 2002 la TSM del océano subió 3°C por encima de la temperatura promedio registrada, asociada a la presencia de El Niño que interaccionó con otra anomalía térmica en la región del Atlántico conocida como “alberca cálida del hemisferio oeste”, cuya masa de agua excedió los 28.5°C, afectando al Golfo de México y el Mar Caribe (Wang y Enfield, 2003).

En la Península de Yucatán se presentan altas temperaturas medias anuales, sobre todo por la fuerte influencia de corrientes cálidas. Estas proceden como ramales de la Corriente Ecuatorial Norte (CEN) que deriva en la del Caribe y que eventualmente genera la del canal de Yucatán y la corriente del Golfo. Durante los meses calurosos se almacena calor generando tormentas tropicales y altas temperaturas. Durante la mitad fresca la temperatura es abatida por el paso de frentes fríos provenientes del norte. Se ha observado que la temperatura promedio anual más altas se localiza hacia el Golfo de México en el Estado de Campeche (26.75°C) y la más fresca (25.5°C) en el Oriente del Estado de Yucatán (Tizimín) (Orellana et al., 2009).

Las corrientes marinas dan origen al movimiento ascendente de parcelas de agua que se pueden mantener por varios días o semanas a una profundidad de 220-250 metros de profundidad y que ocasionalmente rompen la superficie del océano con un ciclo estacional durante primavera y verano. El agua que proviene de las profundidades (generalmente más fría) se introduce a la plataforma de Yucatán y sale de ella al noreste de arrecife Alacranes, estas aguas ricas en nutrientes provoca una explosión de fitoplancton teniendo un impacto positivo al hacer más fértiles y productivos los sistemas acuáticos (Díaz, 2017).

Es en este contexto de VC en el que se desarrolla la pesquería del pulpo maya, la Sonda de Campeche cuenta con un ecosistema propicio, con un fondo marino lleno de huecos para refugio y zonas de pastos marinos donde abundan crustáceos y moluscos de los que se alimentan los pulpos (Rosas, 2009). El pulpo Maya se desempeña en un hábitat térmicamente heterogéneo, lo que resalta su capacidad adaptativa a los cambios de temperatura (Johnson y Kelsch, 1998; Sokolova et al. 2012), aunque con ciertos límites. En pruebas de laboratorio se encontró que temperaturas superiores a los 27°C afecta de manera negativa al *Octopus maya*, con base en ello, Juárez (2016) sugirió que este nivel de temperatura podría representar un umbral para el éxito reproductivo y crecimiento de la especie, planteando un rango de temperatura óptima entre los 24 y 25°C (Juárez, 2016; Ángeles-González et al., 2021). No obstante, de acuerdo con Doubleday et al., (2016) los cefalópodos probablemente han sido beneficiados con el cambio ambiental ya que las capturas han aumentado de manera importante a escala mundial, aunque en su estudio no consideró al *Octopus maya*. Sin embargo, dicho incremento puede estar fuertemente influenciado por otros factores como el incremento del esfuerzo pesquero sobre los moluscos, otras especies ubicadas en niveles más altos en la cadena trófica u otras que pudieran representar competencia. Por ejemplo, una posible causa del incremento de las capturas del pulpo maya, además del incremento del esfuerzo pesquero, podría ser la sobreexplotación del mero negro (*Mycteroperca bonaci*, Poey 1860) y mero rojo (*Epinephelus morio*, Cuvier y Valenciennes 1828), depredadores naturales del octópodo.

En el hábitat del pulpo maya también hay sitios naturales de emanación de hidrocarburos fósiles y gas metano, los cuales han propiciado una gran industria extractiva y muy contaminante. Sin embargo, según Soto et al. (2004), dichas fuentes de gas e hidrocarburos representan productos biogénicos que pueden ser empleados en el metabolismo de bacterias hidrocarbonoclásticas y metanogénicas a través de mecanismos quimiosintéticos, estos microorganismos tienen la capacidad de transformar estos productos en importantes fuentes de carbono orgánico, el cual puede ser transferida a través de una trama trófica de organismos heterótrofos, asociada a una fuente natural de hidrocarburos. En la Sonda de Campeche el volumen estimado de hidrocarburos filtrado a través del fondo marino es de aproximadamente 61.5 m³/día (387 barriles por día), aproximadamente 141,255 barriles por año (Ibid).

2.5 Sistema de Gobernanza (SG) e Interacciones (I)

Diversas son las regulaciones que pretenden establecer límites en la pesquería del pulpo maya, de las más importantes son el establecimiento del periodo de veda y la talla mínima de captura, por sus implicaciones en la sustentabilidad de la pesquería. Otro límite menos conocido, pero no menos importante es el establecimiento de la cuota mínima permisible de captura, la cual puede ser mal interpretada por los actores del sistema, se establece cada año, previo a la temporada de captura por el Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables (IMIPAS, antes INAPESCA). El Estado y sus órganos centralizados y descentralizados pretenden regular el uso del recurso pesquero y el índice de mortalidad que genera

una pesquería con el propósito de mantener los niveles de abundancia, tamaño y estructura de las edades de las diferentes poblaciones marinas para garantizar su sostenibilidad. Las diversas aproximaciones teóricas y prácticas configuran dos tipos de gobernanza dominantes, la centrada en el gobierno (jerárquica o monocéntrica) y la orientada en los actores del sistema, incluyendo al gobierno denominada gobernanza policéntrica (Whittingham, 2010).

En el caso del pulpo maya, el IMIPAS, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), Instituto de Ecología y la Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura (CONAPESCA), en coordinación, derivaron una serie de Normas Oficiales Mexicanas (NOMs), destinadas a regular las pesquerías bajo criterios de protección ambiental y sustentabilidad mediante criterios de talla mínima de captura, peso, estado de las pesquerías y vedas (Marín, 2007).

2.5.1 Normas regulatorias de la pesquería del pulpo maya

Esta pesquería es regulada actualmente por: la NOM-008-SAG/PESC-2015 (DOF, 2015), que abroga la NOM-008-PESC-1993 (DOF, 1993), en ella se establece la veda del pulpo maya del 16 de diciembre al 31 de julio, la talla mínima de captura en longitud de manto (Figura 2-6) de 110 mm o 450 gramos de peso. Dichas normas se complementan con otras que tienen que ver con cuestiones de seguridad de las embarcaciones, el método de captura permitido y no permitido. Para mayor profundidad en las NOMs ver el Capítulo IV y V.

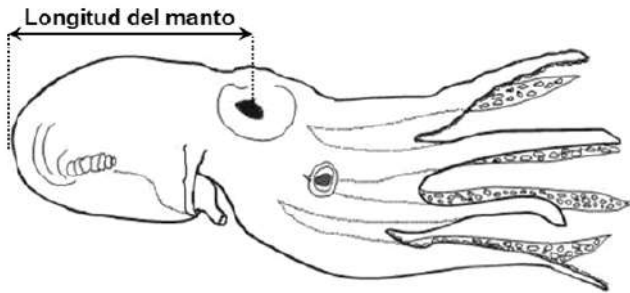


Figura 2-6. Longitud de manto permisible en la captura (110 mm)

Fuente: (DOF,1993)

2.5.2 El gareteo, método de captura permitido para el pulpo maya

El método de captura también está regulado en la pesquería del pulpo maya, también conocido como “gareteo” es practicado por dos tipos de flota pesquera: la flota de mediana altura y flota menor. Las embarcaciones de mediana altura entre 12 y 22 metros de eslora suelen utilizar hasta 12 alijos de 6 metros de eslora c/u con sus respectivas jimbas (varas de bambú) y un pescador por alijo. Es común que salgan a faenar por 15 días o más, dada su mayor capacidad de movilidad y almacenamiento (Anexo VI). Por otro lado, las embarcaciones menores son utilizadas por los pescadores artesanales, miden entre 7 y 12 metros de eslora con motores de 115 hp máximo con una capacidad de movimiento y almacenamiento muy limitado, por lo que faenan generalmente por un día. Participan hasta cuatro pescadores dependiendo del número de alijos y suelen tener ninguno, uno o dos alijos de hasta 6 metros de eslora sin motor (DOF, 2014).

En la pesca artesanal del pulpo maya con el método de gareteo, las embarcaciones se dejan a la deriva orientando la proa generalmente hacia el norte de tal manera que el viento y corrientes marinas arrastran la embarcación de este a oeste

(observación en campo 2021). De 5 a 7 líneas o cordeles se sujetan a las jimbos y a estribor entre 4 o 5, en dichos cordeles se sujeta la carnada dejando una extensión donde se colocan los plomos y carnada cuya cantidad lo determinan los pescadores de acuerdo con sus conocimientos y experiencia en relación con la velocidad, dirección del viento y las corrientes marinas (Figura 2-7).

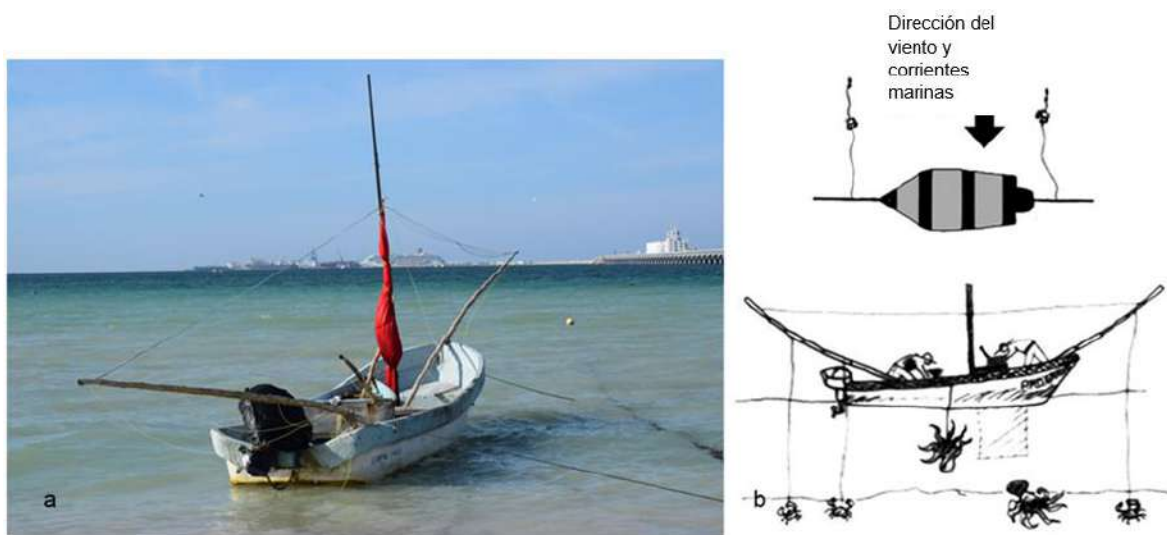


Figura 2-7. Embarcación pequeña con jimbos utilizada en la captura de pulpo maya
(a) foto de embarcación frente a la playa denominada “El Playón”, Progreso (2021), (b) ilustración del funcionamiento de la embarcación. Autor de fotografía e ilustraciones: Antonio Santamaría, con base en CNP (2022).

Las autoridades pesqueras federales consideran que el gareteo es sostenible porque prácticamente no hay capturas ni descartes incidentales (DOF, 2014). Este método es altamente especializado, como tal, su eficiencia depende de la calidad y el uso adecuado de la carnada siendo los crustáceos decápodos el principal grupo de organismos utilizados como carnada en esta pesquería.

2.5.3 Cuotas permisibles y cuotas registradas de pulpo maya 2016-2023

Los volúmenes de captura registrados por las autoridades entre 2016 y 2022 se han mantenido al alza, excepto durante el 2020, año atípico por COVID-19. Dichas capturas han llegado a duplicar la cuota permisible, aunque puede ser variable su comportamiento, generalmente se superan (Tabla 2-1).

Se reconoce que hay otros factores que pueden influir en la variabilidad de las capturas, por ejemplo, la pandemia por COVID-19 influyó disminuyendo aparentemente las capturas registradas; otro factor como el aumento de embarcaciones impulsa la captura, como sucedió en 2018 (Pescandodatos, 2020). El mercado es otro factor que puede influir positiva o negativamente en las capturas locales. El aumento de la demanda de pulpo por parte de países como España, Italia, Japón y USA (AGRICULTURA, 2018) impulsa las capturas, pero también puede tener un efecto contrario, propio de las mismas dinámicas del mercado. Por ejemplo, en 2023, un precio más bajo y disponibilidad suficiente del pulpo marroquí y pulpo gallego influyó para que disminuyera de manera importante la demanda de pulpo Maya por parte de los países europeos. En la actualidad, la presión pesquera y su regulación pueden influir en la dinámica poblacional del pulpo Maya. Sin embargo, al no contar con una estimación real sobre su población -proceso difícil de estimar, dada la movilidad y particularidad del ciclo de vida del pulpo maya-, la captura del octópodo se encuentra en un “mar de incertidumbre y vulnerabilidad” (Oceana, 2021). La incertidumbre sobre su sostenibilidad biológica se hace evidente

cuando se considera como una “preocupación menor” (Ramos-Miranda et al., 2021); o en “deterioro” (CNP, 2022) cuando ya se encontraba “aprovechado al máximo sustentable” a finales de la década de 2010 (Botello et al., 2010).

Tabla 2-1
Cuota permisible de captura vs captura registrada de *Octopus maya* en la península de Yucatán 2016-2023

Temporada	Cuota permisible de captura (toneladas) ¹	Captura registrada (toneladas)	Diferencia porcentual
2023	21,392	19,895	-7.52%
2022	18,995	25,817	35.91%
2021	18,600	31,906	71.54%
2020*	18,500	13,034	-29.55%
2019	17,348	22,656	30.60%
2018	17,348	35,552	104.93%
2017	12,000	23,000	91.67%
2016	12,000	24,000	100.00%

Fuente: INEGI, 2022; SADER (2016-2023)

Nota: aproximadamente 75% de las capturas registradas corresponden al Estado de Yucatán; *pandemia COVID-19.

¹ cuota establecida cada año antes del inicio de la temporada de captura, publicado en el Diario Oficial por la SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural).

2.6 Ecosistemas relacionados (ECO)

Este componente representa a otros sistemas con los que se puede relacionar el SSE objeto de este estudio. Por ejemplo, la captura del *Ucides cordatus*, crustáceo utilizado como carnada o el *Callinectes sapidus* o jaiba, el cual representa otro SSE pero que mantiene un cierto nivel de interacción con la pesquería del pulpo Maya. es la jaiba, el cual representa otro SSE.

En este trabajo se presta especial atención a la carnada que representa otro SSE con el que interacciona la pesquería del pulpo Maya. El método de gareteo es probablemente una de las más importantes interacciones entre el pescador y el pulpo maya. Para el gareteo, la carnada es particularmente importante, una especie muy utilizada es el *Ucides cordatus*, este crustáceo es muy popular entre los pescadores, su nombre común es el “okol” (Figura 2-8). Esta no es una especie local, se trae de los pantanos de Tabasco principalmente (Observación en campo, 2020), por lo que, puede convertirse en un factor limitante en la captura del pulpo maya, especialmente si las poblaciones de especies locales han disminuido, ya sea por sobreexplotación o por haber sido monopolizadas. Otra especie identificada como carnada por los pescadores es el cangrejo herradura (Figura 2-9), aunque no se observó su uso durante 2021 en el área de estudio.

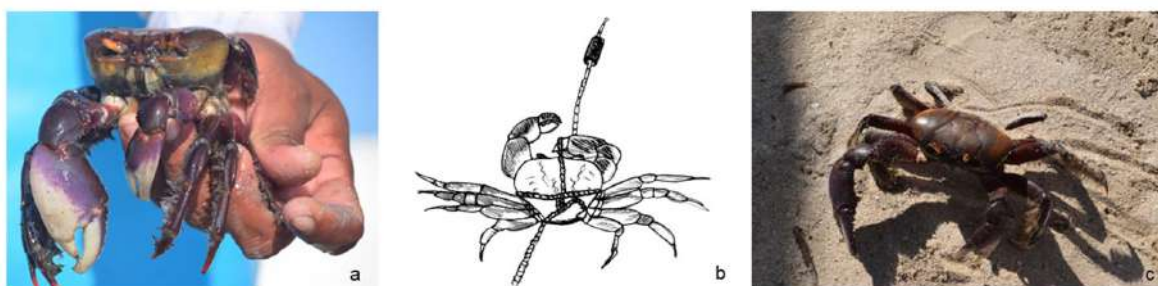


Figura 2-8. Okol (*Ucides cordatus*) utilizado como cebo

(a) foto de okol usado como cebo en manos de un pescador en Chuburná (2021), (b) ilustración que muestra el atado de cebo de okol, (c) foto de okol (*U. cordatus*) en la playa. Autor de fotografía e ilustraciones: Antonio Santamaría.



Figura 2-9. Cangrejo herradura (*Limulus polyphemus*)

Nota: Exoesqueleto encontrado en la playa de Progreso, producto del proceso natural de muda del cangrejo herradura. Autor de la foto: Antonio Santamaría.

2.7 Actores del sistema (A)

La pesca artesanal es relevante en términos de economía local y regional (subsistencia y artesanal comercial), en algunas comunidades costeras es la principal fuente de empleo e ingreso económico. Aunque suelen participar dos tipos de flota en Yucatán, la pesquería del pulpo se lleva a cabo principalmente por pescadores artesanales con embarcaciones menores, en el Anexo VI se plantean un mayor número de características y diferencias entre la pesca artesanal o de baja escala y la industrial (Jacquet y Pauly, 2008; Carvalho et al., 2011; FAO, 2016; DOF, 2023). Las exportaciones son otro aspecto que considerar, debido a que pueden impulsar el precio a pie de playa y por consecuencia aumentar la presión pesquera. La pesquería de pulpo en Yucatán destaca como una de las más importantes a nivel regional, nacional e incluso a nivel mundial (CONAPESCA, 2018). En este contexto los actores del sistema se pueden categorizar en tres grandes grupos: los pescadores artesanales, los empresarios intermediarios (individuos o cooperativas) y empresarios exportadores (individuos o alguna forma de persona moral, dueño (s) de las congeladoras exportadoras). Otro tipo de actores se involucran en diferentes

escalas a nivel nacional, estatal y municipal (sean gobierno, empresas paraestatales, e incluso consumidores que no forman parte del análisis en esta tesis).

Para los fines de esta investigación solo se trabajó con los pescadores artesanales, siendo la base en la cadena de valor. Como referencia, condiciones relacionadas con educación, seguridad alimentaria y marginación no han sido del todo resueltas por el gobierno, confederaciones o federaciones ni el mercado, históricamente han sido un grupo poco favorecido. De acuerdo con Contreras (2019), con una muestra de 1990 hogares y 8,100 personas, en los Estados de Campeche, Colima, Guerrero, Nayarit y Yucatán (Anexo VIII) encontraron evidencias que permiten analizar esta particularidad como grupo. En los hogares cuyos jefes de familia se dedican a la pesca, en particular a la del pulpo, se encontró un mayor nivel de analfabetismo en varones que en mujeres; el número de integrantes varones también fue mayor que de mujeres. Se destaca en el caso de Yucatán las familias donde la mujer que se encarga de la familia se promediaron dos integrantes y en el caso de los varones se promediaron cuatro. Siendo mayor el nivel de analfabetismo en los varones con un 10.28%. En lo que respecta a la seguridad alimentaria, se tiene seguridad alimentaria entre el 75 y 77% de los hogares, el problema es que alrededor del 25% tiene inseguridad leve y moderada. Las condiciones de marginación se refieren a los niveles de acceso a la educación, ingresos e infraestructura (alcantarillado y salud principalmente), las familias de los pescadores de pulpo, en aproximadamente un 75%, alcanzan niveles de marginación alta y media. El ingreso para los pescadores se dispersa en aproximadamente 15 mil individuos de forma directa y

el producto de las exportaciones se concentra en 22 empresas certificadas por el COFEPRIS para exportar a la Unión Europea (Ibid).

En este sentido, los SSE son estructuras complejas conformadas de comportamientos e ideas que incluyen a las instituciones políticas, económicas, sociales y tecnologías en estrecha relación con los valores, conocimientos, ideología, arte y cultura de los pescadores (dimensión social) y; los ecosistemas, clima, hidrología, minerales, variabilidad, procesos físicos, biodiversidad, aspectos biológicos y químicos (dimensión ecológica) (Raskin, 2008). Tomando en cuenta lo que dice este último autor, en el estudio se incorporó el concepto de Variabilidad Ambiental (VA) en términos más amplios e incluyentes, al integrar la variabilidad climática, factores biológicos, ecológicos y sociales, como hilo conductor de la investigación.

Capítulo 3 Marco Teórico

Con el propósito de dar el mismo peso a la dimensión social y ecológica Berkes y Folke (1998) utilizaron por primera vez el término “social-ecological system” o en castellano “sistemas sociales-ecológicos”, aunque no es habitual (Folke et al., 2005). En este trabajo se adoptó el término acostumbrado “sistemas socio-ecológicos”, “Sistemas Socioecológicos (SSE)” o “socio-ecosistemas”.

3.8 Los Sistemas Socioecológicos complejos

Por las interacciones y retroalimentaciones socioambientales aparecen configuraciones emergentes, capacidad de autoorganización y adaptación. Los SSE integran la teoría general de sistemas (Von Bertalanffy, 1968) y la ciencia de la complejidad (Holland, 1995; Levin, 1999; Costanza et al., 1993). Bajo este enfoque, los SSE son considerados adaptativos-complejos debido a las interacciones que permiten la autoorganización a través del tiempo, caracterizados por la no linealidad en umbrales definidos e indefinidos (Delgado et al., 2015). Así se orienta la atención a conceptos como: *escala, autoorganización, propiedades emergentes, resiliencia, no-linealidad, efectos de umbral; irreversibilidad o dependencia del camino*; un concepto muy utilizado en el análisis de los SSE es el efecto de umbral, lo que significa que el sistema cambia a tal punto que ya no puede regresar a su estado original (Berkes et al., 2003). La cibernética de Norbert Wiener al agregarse ha impulsado el desarrollo del pensamiento sistémico complejo que es fundamental para el estudio de las relaciones e interacciones de los seres humanos con la

naturaleza, incorporando conceptos como: *emergencia, resiliencia, vulnerabilidad, capacidad adaptativa y transformabilidad*, todos ellos utilizados en el estudio de los SSE complejos (Glaser et al., 2008). En la actualidad, la perspectiva de los ciclos adaptativos de Holling (1973, 1992) es aplicable a los SSE (Holling, 2001; Walker et al., 2002). Los sistemas adaptativos poseen una naturaleza evolutiva, conceptualizada por Holling (2001) como “*panarquía*”, que explica la estructura jerárquica que los sistemas adaptativos siguen en interminables ciclos de crecimiento, acumulación, reestructuración y renovación. Los postulados teóricos y conceptuales de resiliencia se han centrado en condiciones de equilibrio, balance o conservación, un paradigma del pensamiento ambiental clásico que sostiene que la naturaleza no cambia, solo se regula internamente por ciclos que retornan a una posición inicial de equilibrio donde los seres humanos son externos al SSE (Gunderson y Holling, 2002). No obstante, si se ponderan las interacciones de los sistemas como un todo, el énfasis se reorienta a comprender las capacidades de los diferentes elementos del sistema para permanecer en el tiempo (Chontasi et al., 2021), al igual que en los sistemas ecológicos, la resiliencia se reconoce en los sistemas sociales caracterizados por ser no lineales y heterogéneos, con múltiples interrelaciones propensos a recibir cambios inesperados lo que promueve a ver el cambio como una oportunidad en donde los seres humanos son considerados parte del sistema. De acuerdo con Folke (2006) el reto de los estudios de los SSE radica en el entendimiento de sus retroalimentaciones, relaciones e interacciones: por un lado, las que causan vulnerabilidad del sistema y por otro; las que fortalecen su resiliencia. Uno de los intentos analíticos por integrar las interacciones entre el ser humano y la naturaleza se encuentra en los modelos bioeconómicos para

pesquerías simples (Wilson, 2006). Por ejemplo, un pescador que captura un organismo ya sea un pez o un pulpo es probablemente la forma más adecuada y simple de definir interacciones socioecológicas (Bodin y Tengö, 2012).

3.9 Marco de Análisis de los Sistemas Socioecológicos

Desde el enfoque institucional Ostrom (2009) propone un marco anidado multinivel para el estudio de los SSE. Este marco enfatiza en la integración de los humanos en la naturaleza, ambos elementos tienen poderosas retroalimentaciones recíprocas que actúan como complejos sistemas adaptativos (Berkes y Folke, 1998). Este enfoque teórico-metodológico destaca la importancia de la resiliencia en la gestión de los SSE para orientarse a la sustentabilidad (Ludwig et al. 2001; Westley et al., 2002). Su estructura integra una serie de componentes, subsistemas y variables, cuyas interacciones determinan su complejidad, parte de componentes generales o variables de primer nivel que dan paso a variables de segundo nivel. Pueden generarse variables de tercer o cuarto nivel, dependiendo de los objetivos y preguntas de investigación (Ostrom, 2009; Cox, 2011; Ostrom et al., 2014; McGinnis y Ostrom, 2014), dichos componentes y variables de segundo nivel pueden consultarse en el Anexo IV y están esquematizados en la Figura 3-1, tal como lo proponen los autores McGinnis y Ostrom.

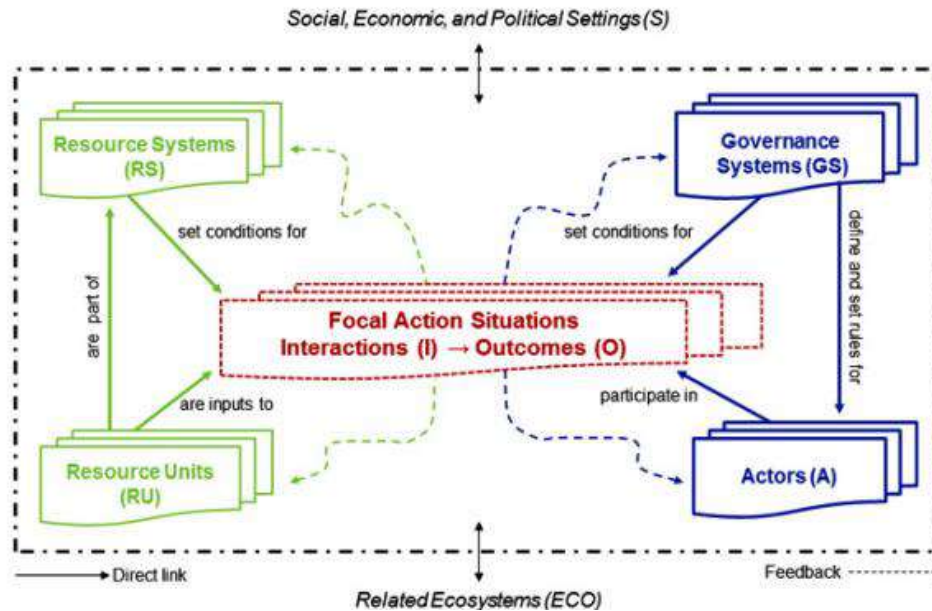


Figura 3-1. Marco de Análisis de los Sistemas Socioecológicos, componentes e interacciones (figura con los conceptos en inglés)

Fuente: McGinnis y Ostrom (2014).

En la estructura del Marco de Análisis de los Sistemas Socioecológicos (MASS), los componentes se identifican y conceptualizan de la siguiente manera: el *Sistema de Recurso* (SR) o *Resource Systems* en inglés, representan el territorio, el espacio físico en el cual se encuentra distribuido el recurso; la *Unidad de Recurso* (UR) o *Resource Units* en inglés representa el recurso o la especie objeto de explotación, los árboles, flujos de agua, el pulpo maya o el mero, es decir la unidad como objeto de uso o proveedor de un servicio a la sociedad; *Sistema de Gobernanza* (SG) o *Governance Systems* en inglés, en este componente se pueden identificar el gobierno, normas y/o reglas relacionadas con el uso del recurso, de alguna manera determina el comportamiento del usuario respecto de un recurso; otras organizaciones involucradas y; *Actores* (A) o *Actors* en inglés, usuarios o individuos que utilizan los recursos para recreación, sustento o fines comerciales. Las

Interacciones (I) o *Interactions* en inglés, estas generan niveles de captura, intercambio de información, conflictos entre usuarios, procesos de deliberación, procesos de negociación y cabildeo, redes o grupos. Los *Resultados* (R) o *Outcomes* en inglés se expresan en: medidas de rendimiento social como eficiencia, equidad, responsabilidad, sostenibilidad y/o medidas de rendimiento ecológico como sobrepesca, resiliencia, biodiversidad y; externalidades hacia otros *Ecosistemas relacionados* (ECO) (*Related Ecosystems* en inglés) o Contextos Sociales (CS) o Social, *Economy and Political Settings* en inglés, que a su vez influyen en los ecosistemas y funcionamiento de los SSE (Ostrom, 2009).

Así, los SSE plantean la complejidad a través de sus interacciones entre los ámbitos social y ecológico, bajo ciertos contextos o circunstancias espaciales, temporales y funcionales (Balvanera et al., 2017). El modelo se enfoca en las interacciones que producen los diversos elementos, desde la perspectiva institucional, lo que puede inducir la robustez o vulnerabilidad del sistema partiendo de las interacciones entre los usuarios de los recursos y los proveedores de las infraestructuras públicas; aunque históricamente el enfoque se había centrado entre los diferentes usuarios de los recursos y sus efectos y consecuencias en los recursos (Anderies et al., 2004).

Los umbrales o también llamados puntos de inflexión establecen los puntos en los que un sistema cambia de un estado a otro, generalmente de manera irreversible. Los umbrales biofísicos o ecológicos se definen por elementos físicos, químicos y biológicos. En este punto, la resiliencia ecológica plantea que un sistema puede llegar a un punto de no retorno. Sin embargo, desde un enfoque social hay

elementos que definen los límites de las capacidades de los individuos como sociedad para aprender y adaptarse (Kaplan-Hallam et al., 2017). Después de analizar 98 artículos relacionados con el Marco de Análisis de Sistemas Socioecológicos Complejos, Refulio-Coronado et al., (2021), identificaron que los principales elementos que permiten analizar los vínculos e interacciones entre el sistema social y ecológico son: vulnerabilidad, resiliencia y capacidad adaptativa. Estos atributos pueden fortalecerse o debilitarse como resultado de las políticas establecidas por los tomadores de decisiones, fuertemente vinculados al sistema de gobernanza.

3.10 Conceptualización del Sistema de Gobernanza

Para mantener los servicios ecosistémicos de los cuales se benefician las personas es necesario gestionarlos. El sistema de gobernanza, entendida como la forma en la que se estructuran reglas, normas y procesos de aplicación (situaciones de acción), permite ejercer cierto control sobre los bienes comunes. Como constructo social, la gobernanza tiene la característica de cambiar, le permite a las personas y sociedades en general aproximarlo y enriquecerlo desde sus propias necesidades, experiencias y conocimientos (Whittingham, 2010). De tal manera que, puede llevar a un recurso a la recuperación o sostenibilidad, pero también al colapso o insostenibilidad, depende del nivel de organización, cooperación y consecución de los objetivos comunes planteados.

En el sistema de gobernanza de los SSE se determinan las políticas, programas y normas que rigen el comportamiento de los actores respecto al uso de los bienes

de uso común, privados o de la nación. Sin embargo, la gobernanza como constructo social se transforma, cambia a través del tiempo ajustándose al contexto social, económico y político.

3.10.1 Gobernanza

En las diferentes aproximaciones existentes de la gobernanza una constante que se toma en cuenta es el rol del gobierno y la disciplina desde la que se utiliza el concepto, lo que da por resultado una diversidad de combinaciones en un espectro amplio de significados, así tenemos: 1) centrada en el gobierno (monocéntrica o jerárquica) y; 2) la perspectiva policéntrica enfocada en los actores del sistema; y entre ellas, una amplia gama de variaciones (Tabla 3-1) (Whittingham, 2010).

**Tabla 3-1.
Modos de Gobernanza**

Monocéntrica	GOBERNANZA					Policéntrica
Jerárquica	Co-manejo					Autogestión
Centralizado	Instructivo	Consultivo	Cooperativo	Asesorad o	Informativo	Autogestión
	Diálogo Decisiones por el Estado	Consulta Decisiones por el Estado	cooperación	Usuarios asesoran Gobierno aprueba y respalda	Responsabili dad de usuarios Usuarios informan al gobierno	
Manejo por el gobierno				Manejo por las comunidades junto con el gobierno		
Monocéntrico				Policéntrico		

Fuente: Berkes et al., (2001); Aguilar, (2008); Whittingham, (2010); Pomeroy y Rivera (2005); Jentoft y Chuenpagdde (2015).

De acuerdo con Berkes et al., (2001) las diferentes modalidades de gobernanza: **a) instructivo**, centralizado en donde las decisiones las toma el gobierno; **b) consultivo**, se consulta a los actores pero en definitiva las decisiones las sigue tomando el gobierno; **c) cooperativo**, bajo un marco normativo dado el gobierno y actores (usuarios) llegan a acuerdos; **d) asesorado**, los actores asesoran como una especie de staff y el gobierno respalda las decisiones tomadas; **e) informativo**, el gobierno delega la responsabilidad del manejo a los usuarios y estos informan las decisiones de manejo (autogestión).

El tipo de gobernanza a elegir dependerá en mayor medida de marcos normativos, estrategias del Estado, tradiciones y cultura, muchas veces en un mismo sistema pueden aparecer varios de ellos. No obstante, Schultz et al., (2019), plantean que la Gobernanza Adaptativa (GA) permite mejorar las respuestas a los desafíos de la sustentabilidad. Propone como elementos clave el aprendizaje y colaboración flexible en múltiples escalas estatales y no estatales a través del monitoreo, intercambio de información, construcción de redes y solución de conflictos.

En relación con la Gobernanza Interactiva (GI) se destaca que no hay una forma de gobernanza que funcione en todas las situaciones (Kooiman y Bavinck, 2005), en este sentido Jentoft y Chuenpagdde (2015) establecen diferencias entre los sistemas de gobernanza, sistemas a gobernar y modos de gobernanza, y es que lo observado por estos últimos autores en el caso de las pesquerías de pequeña escala es que, aunque comparten muchas características entre ellas, siempre hay rasgos distintivos que las diferencian, lo que debe considerarse en el análisis. Además, al hacer la diferenciación entre gobernanza y gobernabilidad, permite entender cómo el sistema de gobernanza aborda o hace cumplir los objetivos en

cuestiones básicas como la seguridad alimentaria, sostenibilidad, justicia o cuidado del medio ambiente. Lo que implica que la gobernabilidad depende de las características del sistema a gobernar a través de las interacciones (Ibid).

El sistema de gobernanza de los SSE influye o determina las decisiones de los actores o usuarios, marcando límites a las acciones que estos pueden realizar. Al estudiar la gobernanza, se pueden identificar aquellas variables (Anexo IV) que influyen más y en qué medida, haciendo posible una mejora en la gestión a los problemas de los SSE (García-Lorenzo y Varela-Lafuente, 2019).

Al desarrollarse este concepto de GI o sociopolítica que se basa en la interacción para solucionar problemas sociales y crear oportunidades, respuestas provenientes de las interacciones del Estado, el mercado y la sociedad civil como condición para que prevalezcan dichos sistemas (Kooiman, 2005), los contextos particulares emergen con base en las experiencias cotidianas, lo que conduce a que, para manejar los bienes comunes (en este caso las pesquerías), la gobernanza necesita adaptarse a condiciones siempre cambiantes (Dietz, Ostrom y Stern, 2013). La GA puede influir en la capacidad de reconfigurar las redes sociales, con equipos y grupos de actores cuyas experiencias y conocimientos los llevan a desarrollar un mejor entendimiento y políticas comunes (Folke et al., 2005).

Desde la perspectiva institucional, Ostrom (2009) el Marco de Análisis de los Sistemas Socioecológicos (MASS), consiste en cuatro subsistemas: 1) sistema de recurso; 2) unidad de recurso; 3) sistema de gobernanza y; 4) usuarios o actores. Cuando se trata del estudio de relaciones e interacciones de los SSE, las configuraciones institucionales son las que determinan el comportamiento de los usuarios, a través de las reglas de gobernanza (Costanza et al., 2001). Las reglas

y normas que pretenden guiar el comportamiento de los usuarios respecto al uso de los recursos surgen de la necesidad de mantener saludables los ecosistemas y bienestar de los seres humanos (Rincón-Ruíz et al., 2014).

Para Altomonte y Sánchez (2016), la gobernanza de los recursos naturales se ejerce a través de: a) instituciones formales, por medio de las cuales se establecen marcos constitucionales, leyes, contexto fiscal y regulación sectorial; b) instituciones informales que implican reglas implícitas en la práctica de uso común y; c) decisiones políticas soberanas. La acción conjunta de estos tres elementos de gobernanza rige el funcionamiento de los sectores extractivos, como es el sector pesquero y de manera concreta la pesquería del pulpo maya. En consecuencia, como lo indican los autores, la gobernanza es un sistema de relaciones y conductas entre actores gubernamentales y no gubernamentales orientados a la toma de decisiones y gestión de los recursos naturales en función del interés colectivo (Kumra, 2019).

Derivado de la relación entre usuarios, actores y el gobierno se generan situaciones de acción, que establecen a través de las interacciones efectos en los resultados del sistema. Estas situaciones de acción (Tabla 3-2) no solo se ven influidas por el sistema social e institucional sino también por el sistema ecológico (Ostrom, 2009; McGinnis y Ostrom, 2014).

Tabla 3-2.
Situaciones de acción en los SSE

Situaciones de acción	Variables de segundo nivel
I-Interacciones	I1-Captura/Producción/Recolección I7-Actividades de autoorganización I8-Actividades de red I9-Actividades de vigilancia o monitoreo
R-Resultados	R1-Medidas de desempeño social (eficiencia, equidad, responsabilidad, sostenibilidad, rendición de cuentas) R2-Medidas de desempeño ecológico (sobreeplotación, resiliencia, biodiversidad, sostenibilidad) R3-Externalidades de o a otros sistemas socioecológicos

Nota: variables de segundo nivel más relevantes para este estudio, para identificar todos los componentes y variables de los SSE ver el Anexo IV.
 Fuente: Ostrom, 2009; McGinnis y Ostrom, 2014

Planteamiento del problema

En el marco teórico conceptual abordamos una perspectiva de sistema socioecológico y las modalidades de la gobernanza de recursos comunes. Su complejidad, como se ha mencionado en los párrafos anteriores se deriva de las interacciones entre sus componentes. Así, se pueden identificar características muy particulares de la pesquería del pulpo Maya que pueden funcionar como variables

moderadoras en diferentes escalas espaciales y temporales. La pesquería de una especie endémica, como la del pulpo Maya, implícitamente sugiere que se trata de un recurso muy limitado en su abundancia, dado el espacio de su distribución, aunque genere la percepción de recuperarse poblacionalmente muy pronto ante factores como la explotación humana, el problema es que el umbral poblacional de la especie es desconocido.

El riesgo de colapso de las pesquerías generalmente se atribuye a la sobrepesca, pesca ilegal, incidental, contaminación de los océanos, ríos y lagos (Belhabib et al. 2017). Sin embargo, la política pesquera a través de sus programas, reglas, normas, incentivos, límites y subsidios parecen alentar la sobrepesca (Charles 2001; Gunderson y Holling, 2002). Por ejemplo, las cuotas permisibles de captura, por lo menos desde el 2016 en el caso de la pesquería del pulpo Maya, se han incrementado cada año, generando en la percepción de los actores del sistema la idea de una “meta” a superar. Además, factores físicos como la temperatura y/o precipitación entre otros, enmarcados en el cambio climático, de acuerdo con la FAO y el IPCC, inciden en la reproducción, abundancia, distribución y migración de especies marinas (FAO, 2022; IPCC, 2014). No obstante, la variabilidad climática *natural* interactúa con el cambio climático inducido por la actividad humana, afectando por periodos cortos o largos la disponibilidad de los recursos marinos y por consiguiente la forma de gobernarlos (Pinsky y Mantua, 2014). Esta diversidad de variables y componentes y sus interacciones los conceptualizamos en este trabajo como Variabilidad Ambiental (VA).

La distribución, abundancia y acceso a especies de interés pesquero como el pulpo maya, pueden generar problemas que generalmente no están alineados con las regulaciones y cuotas de captura (Pinsky et al., 2020). Un cambio en la distribución y abundancia de peces o cefalópodos podría implicar un cambio en las estructuras socioeconómicas de las comunidades costeras (Rosas et al., 2021). En consecuencia, el gobierno de las pesquerías plantea un reto en el presente y de cara al futuro ante la rapidez del cambio ambiental promovido por factores sociales y naturales. De lo anterior que, es necesario profundizar en el estudio de las capacidades y experiencias de los pescadores mediante los cuales, se han enfrentado, adaptado y transformado, con el propósito de crear y mejorar estrategias de resiliencia social ante los cambios por venir.

Objetivos

Objetivo general

Conocer cómo la variabilidad ambiental influye en la gobernanza y las interacciones (capturas, actividades de autoorganización y regulación) en la pesquería del *Octopus maya* tomando en cuenta los diversos atributos del sistema socioecológico.

Objetivos específicos

1. Conocer cómo los pescadores de las localidades de Chuburná, Chelem, Progreso y Chicxulub del Municipio de Progreso interactúan con el pulpo

Maya en función de la variabilidad ambiental y sus efectos en la percepción de abundancia, reproducción y gobernanza.

2. Analizar cómo se relacionan los pescadores de estas localidades con la carnada, dada su organización, los permisos de captura en posesión de los pescadores artesanales y la técnica de gareteo en la pesquería del pulpo Maya.
3. Conocer cómo influyó el peso mínimo de captura como criterio normativo en los pescadores y sus actividades de pesca, distribución y comercialización del pulpo Maya en la localidad de Progreso, principal sitio de acopio durante la temporada 2021.

Hipótesis general y específicos:

En la pesquería del pulpo Maya, la variabilidad ambiental generó diferentes formas de gobierno beneficiando a los actores del sistema a corto plazo, contribuyendo a una mayor incertidumbre e insostenibilidad de la pesquería a largo plazo.

Hipótesis específica 1

las decisiones de pesca están moduladas por factores físicos (ej. viento, temperatura de la superficie del mar) y biológicos (p. ej. reproducción, alimentación). Factores que influyen de manera determinante en las decisiones de captura asociados con el estado físico del medio ambiente y de las respuestas biológicas y

etológicas del *Octopus maya*, generando resistencia con respecto a la regulación pesquera estatal.

Hipótesis específica 2

En la pesquería del pulpo Maya en las localidades de Chuburná, Chelem, Progreso y Chicxulub la disponibilidad de carnada se ha convertido en un punto crítico, dada la escasez de especies locales comúnmente utilizadas en la pesquería.

Hipótesis específica 3

El peso mínimo de captura (450 g) es un criterio normativo cuya finalidad es permitir al pulpo Maya llevar a cabo su reproducción para contribuir a la sustentabilidad de la pesquería. Sin embargo, el peso mínimo de captura es utilizado para valorar y clasificar el pulpo capturado a lo largo de la cadena de valor.

Capítulo 4 Material y Métodos

4.11 Limitante del estudio

La pandemia derivada de la enfermedad causada por el virus SARS-Cov-2, *COVID-19*, declarada así del 30 de enero de 2020 al 5 de mayo de 2023, tuvo efectos en la vida económica, política, social y académica a escala mundial. Esta emergencia sanitaria representó un cambio de rumbo, no esperado y emergente en muchos aspectos de la vida cotidiana de las personas involucradas, planteando retos en el trabajo de campo realizado, debido principalmente a la desconfianza, limitaciones de movilidad durante 2020 y en parte en 2021, y los efectos económicos negativos en los pescadores de pulpo en Yucatán (de acuerdo con lo observado en campo durante el 2020-2021). En este contexto, los pescadores dedicaban el mayor tiempo posible a actividades que les permitieran mantener sus ingresos económicos, lo que hizo más complejo nuestro trabajo de investigación, pues no estaban dispuestos a distracciones, como conceder entrevistas.

4.12 Diseño y tipo de estudio

Las distintas posibilidades de estrategias de investigación basadas en análisis clásicos cuantitativos o cualitativos se plantean generalmente de forma excluyente. No obstante, el método mixto permite llevar adelante una investigación sin renunciar a las ventajas que ofrece cada uno de estos enfoques. Mientras que el enfoque cuantitativo permite obtener valores contrastables y replicables; el enfoque cualitativo es útil en aquellos casos en los que no hay un amplio cuerpo teórico

(Morse et al., 2002). La combinación de metodologías persigue un mejor resultado en comparación con el uso de una única metodología (Johnson y Turner, 2003). El enfoque mixto es pragmático, concurrente, secuencial, cuyos elementos flexibles permiten preguntas cerradas y abiertas, y enfoques predeterminados o emergentes (Creswell, 2014).

La investigación basada en la combinación de metodologías cualitativas y cuantitativas ofrece ventajas para el desarrollo de este estudio entre las que se destaca la teoría fundamentada o *Grounded Theory* (Glaser y Strauss, 1967). El carácter iterativo de esta teoría permite generar un modelo mixto donde ocurre de manera inductiva y deductiva el uso de la teoría para su verificación (Creswell, 2014). El principal objetivo de la teoría fundamentada es el desarrollo de teorías a partir de la información que emerge de los datos recopilados, “descubrir teorías a partir de los datos” (Glaser y Strauss, 1967).

En la búsqueda de herramientas que permitan garantizar la convergencia entre ambos enfoques cuantitativos y cualitativos, surge la triangulación (Jick, 1979), al trabajar con diversas fuentes de información y herramientas informáticas se busca reducir los sesgos inherentes a cada metodología (Creswell, 2014; Johnson et al., 2007; Carrero et al., 2012). La combinación de métodos, como exige la triangulación, evoluciona hacia la integración y conexión de datos que sirven de base para el otro, entendiendo que se establece una dinámica cíclica que ofrece garantía de validez y fiabilidad a los análisis presentados (Driessnack et al., 2007; Flik, 2004; Jick, 1979; Morse et al., 2002; Moscolini, 2005).

El diseño de este estudio es mixto, de tipo transversal, observacional y analítico de fuentes primarias y secundarias. El trabajo de campo se desarrolló en una primera etapa (Fase I) de manera exploratoria e intermitente durante el 2020 y primer semestre de 2021, bajo condiciones limitantes por la pandemia por COVID-19. en esta etapa el establecimiento de confianza permitió profundizar en el uso del lenguaje, sentimientos y emociones de los pescadores (Woodruff, 2004, Drew 2005).

La segunda etapa (Fase II), se realizó del 1 de agosto al 15 de diciembre del 2021, en lo que se refiere a la obtención de datos, periodo de captura del pulpo maya (aún en pandemia, pero con menos restricciones). Se siguió el ciclo de investigación cualitativa según Creswell (1994), quien sugiere que una vez definida el área de estudio es necesario 1) gestionar el acceso y establecer *rapport*; 2) desarrollar estrategias de muestreo; 3) operacionalizar el instrumento de medición, para lo cual, se utilizaron escalas tipo Likert (medición escalar: bajo, medio, alto) con variables de tipo ordinal para realizar análisis cuantitativo. Para la obtención de datos se realizaron entrevistas semiestructuradas, observación participante e investigación documental y; 4) mediante el ordenamiento, captura, almacenamiento, procesamiento de información y triangulación fue posible realizar ajustes cíclicos a través del aprendizaje.

Los resultados, producto de las entrevistas, se analizaron, categorizaron y modelaron con SmartPLS (Ringle, Wende, & Becker, 2015), con el apoyo de la teoría de sistemas socioecológicos como guía e identificación de ítems (Ostrom, 2009; Berkes y Folke, 1989; Cox, 2011), Excel y SPSS. En el caso del registro de capturas en la localidad de Progreso, se evaluaron también con los dos últimos

programas mencionados y con GPower 3.1 de acceso abierto. Esto permitió jerarquizar oraciones completas que los propios pescadores revelaron como ideas generales y que fueron significativas para nuevas hipótesis de trabajo y explicaciones de las anteriores. Ambas formas de abordaje en un proceso etnográfico, de teoría fundamentada (Glaser y Strauss, 1999) y convencional, en el que se reflejó profundamente el sistema socioecológico durante al menos un año (2020) antes del trabajo de campo realizado en 2021. Las conversaciones con los pescadores fueron analizadas desde una perspectiva de ecología humana (McCay, 1978; Berkes et al. 2001). La etnografía y el método conversacional a profundidad (Delin, 2000; Woodruff y Aoki, 2004; Drew, 2005) se realizó durante el periodo de captura del pulpo maya.

4.13 Área de estudio

El Estado de Yucatán se localiza en el sureste de la República Mexicana, en la parte norte de la península de Yucatán. Limita al norte y oeste con el Golfo de México y un espacio marino de aguas poco profundas denominado Sonda de Campeche; al sureste por el Estado de Quintana Roo, y al suroeste por el Estado de Campeche. La mayor parte de su territorio es una planicie, constituido en su mayoría por roca caliza. Lo integran 106 municipios y su capital es Mérida. La zona costera se define como el espacio comprendido en una franja hasta 20 km tierra dentro a partir de la línea litoral. Este territorio está integrado por trece municipios costeros y diez municipios colindantes sin tener salida al mar (POETCY, 2007). La superficie de

Yucatán es de 43,379 km², un litoral de 360 kilómetros y una población de 2,320,898 (INEGI, 2020)

En su zona costera se establecen relaciones sociales de producción pesquera en tres subregiones (Paré y Fraga, 1995): 1) subregión poniente: de Celestún a Sisal; 2) subregión centro (norte de Yucatán) (Figura 4-1): de Progreso a Dzilam de Bravo; 3) subregión Oriente: de San Felipe al Cuyo.



Figura 4-1. Área de estudio

Declaración de atribución: mapa realizado con QGIS 3.4 Madeira de acceso abierto; contiene información de OpenStreetMap y OpenStreetMap Foundation, que está disponible bajo la licencia Open Database.

4.14 Número de entrevistas y tipo de muestreo

Las entrevistas se realizaron a pescadores artesanales de pulpo maya, el carácter cíclico de este trabajo permitió cumplir con el principio de saturación, que establece que entre 30 y 60 entrevistas las respuestas suelen ser repetitivas, por lo que no se obtendrá información relevante después de superar este número (Crouch & McKenzie, 2006; Mason, 2010; Taylor & Bogdan, 1994), las 41 (N) entrevistas quedaron distribuidas en las siguientes localidades: Progreso=19, Chuburná=10, Chicxulub=10, Chelém=2. El diseño del muestreo fue dirigido, tipo bola de nieve (Salomón, 2016; Otzen y Manterola, 2017) e intencional (Otzen y Manterola, 2017).

4.14.1 Objetivos de las entrevistas Fase I y Fase II

En nuestro estudio, en la fase exploratoria o Fase I, se entrevistaron a 4 comerciantes, 1 tomador de decisiones (IMIPAS) y 10 pescadores (Chuburná, Chelem, Progreso y Telchac), en esta primera fase el objetivo fue tener una aproximación al conocimiento de la pesquería, actores e identificar la problemática. Un comerciante identificado en esta etapa colaboró en la Fase II y contribuyó a establecer contacto con otros pescadores locales y de otras localidades. Además, se comenzaron a identificar variables de investigación, proceso que se completó con las entrevistas realizadas en la Fase II.

En la Fase II se entrevistaron a 41 pescadores a profundidad, las entrevistas se realizaron con previa autorización de los entrevistados para cumplir con el código de ética (Rodríguez et al. 1996; Creswell, 1998; Mayan, 2001), aunque nunca

quisieron firmar un consentimiento, un resumen del trabajo de campo de la fase exploratoria (1) y a profundidad (2) puede observarse en la Figura 4-3.

4.14.2 Variables de investigación, ítems o variables observables

Una vez que se identificaron variables de investigación como resultado de entrevistas abiertas con los pescadores de las localidades mencionadas anteriormente, se procedió a aproximarlas y ajustarlas de acuerdo con los componentes y variables del MASS, con fines de validez, contrastación y verificación, de acuerdo con Ostrom (2009), McGinnis (2010) y Ospina (2012). No obstante, el modelo propuesto por dichos autores (Figura 3-1), se replantea en la Figura 4-2 con sus mismos componentes y variables de segundo nivel (Anexo IV). Con el propósito de tener un mejor entendimiento del MASS se agregó el componente Variabilidad Ambiental (VA), en el que se integran dos factores: variabilidad climática y las acciones de los usuarios como resultado de sus percepciones e interpretaciones del ambiente que les rodea y que modifica en muchas ocasiones las reglas que pretenden imponer las autoridades, para convertirse en otro tipo de reglas de uso.

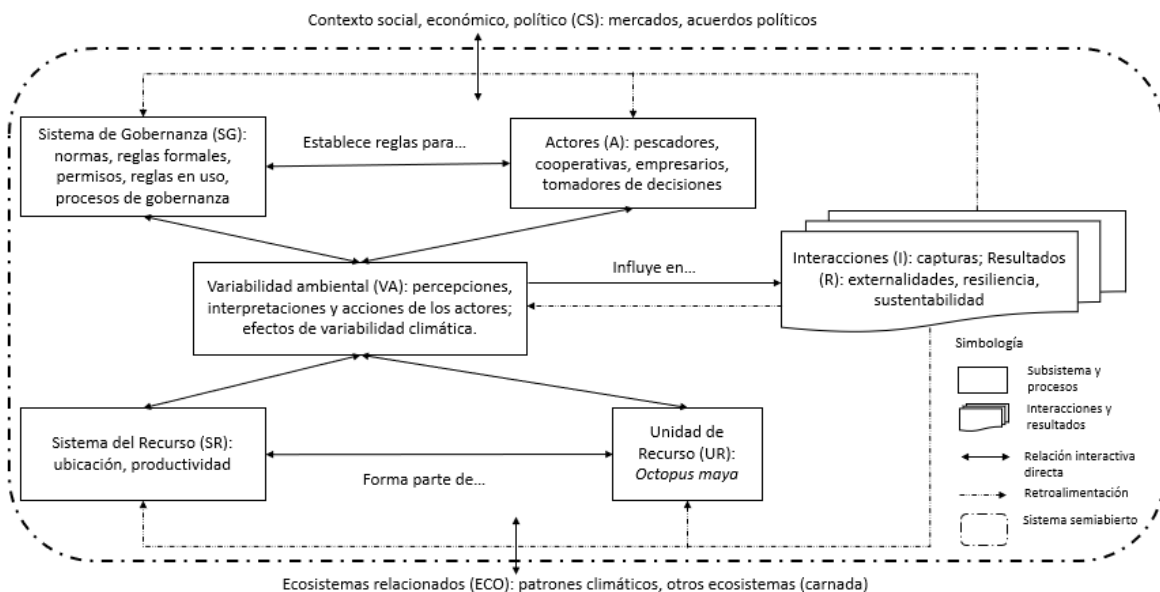


Figura 4-2. Aproximación de variables observables al Sistema Socioecológico del *O. maya* e incorporación de la Variabilidad Ambiental (VA) al sistema.

Elaboración propia con base en: Ostrom, 2009; McGinnis y Ostrom (2014); observación en campo, 2020, 2021.

4.14.3 Características del Instrumento

El instrumento utilizado para este estudio puede verificarse en el Anexo XI, se dividió en 3 partes y permitió dar respuesta a los objetivos específicos 1 y 2 correspondientes a los capítulos 5 y 6: parte 1) capta datos generales del entrevistado, seudónimo, género, actividad alternativa a la pesca, escolaridad, edad, tiempo de pescador y dependientes económicos; parte 2) esta parte del instrumento aborda las variables observables o ítems biofísicos, regulatorios y sociales que influyen en las decisiones de captura (Objetivo específico 1; Capítulo 5); parte 3) en esta parte del instrumento se pueden identificar las variables observables del estatus del pescador, categorizados en: pescador local, migrante y

temporal, lo que de acuerdo con las observaciones en campo (2020 y 2021), se relaciona con las preferencias de carnada (Objetivo específico 2; Capítulo 6).

Con este instrumento se utilizaron escalas tipo Likert, estableciendo tres niveles (1=bajo o poco; 2=medio o moderado; 3=alto o fuerte) en aquellos ítems que se midieron para realizar comparaciones y relaciones (Kerlinger, 1997; Hernández, 1998).

Para dar respuesta al objetivo específico 3 (Capítulo 7), se registraron en la localidad de Progreso, las capturas de los pescadores del Playón, dicho registro puede verificarse en el Anexo I. Es importante señalar que fueron los únicos pescadores que permitieron verificar una parte importante de sus capturas.

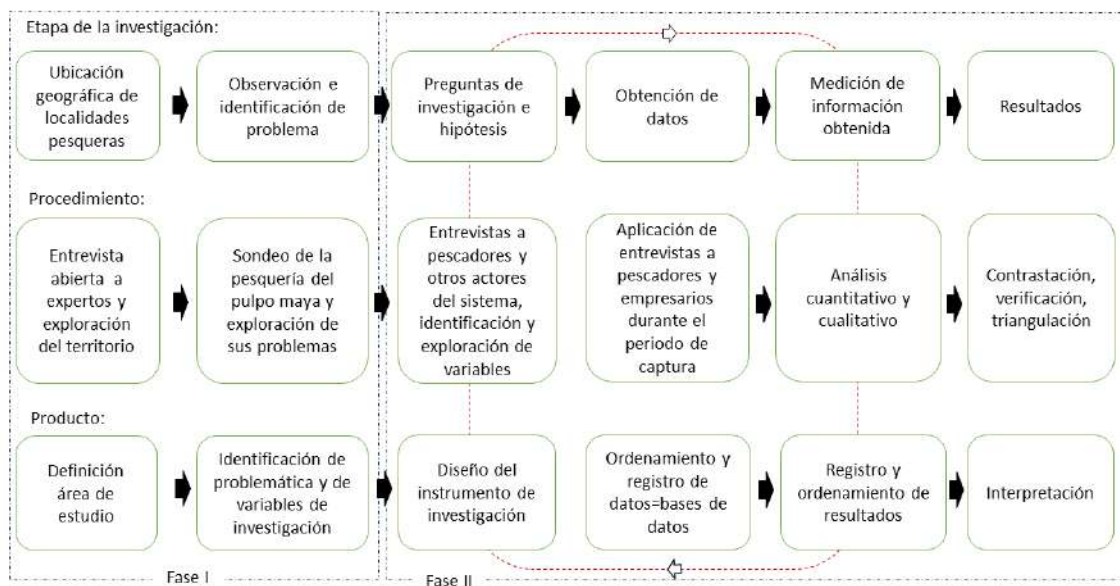


Figura 4-3. Diagrama resumen de procesos del desarrollo de la investigación Fase I y Fase II

Elaboración propia con base en García-Ruiz y Lena-Acebo, 2019; línea roja representa un ciclo.

4.14.4 Declaración de ética

Los pescadores aceptaron ser entrevistados. Sin embargo, para mantener el anonimato, no proporcionaron sus nombres, direcciones ni quedaron registrados. Por tanto, no firmaron ningún consentimiento. El principal motivo para no firmar fue la desconfianza, dado el contexto de pesca ilegal que prevalece en el mundo y el temor a represalias en el caso de hacer un comentario que pudiera hacer sentir incomodo a alguna autoridad.

Los organismos que fueron objeto de este estudio no fueron manipulados ni se experimentó con ellos. Todas las fotografías y observaciones fueron realizadas con autorización de los pescadores respecto de sus carnadas y herramientas de trabajo las cuales, son normadas de acuerdo con la NOM-PESC-008-1993, NOM-008-SAG/PESC-2015, NOM-006-SAG/PESC-2016 y NOM-059-SEMARNAT-2010.



Embarcaciones menores con jimbas de bambú en la orilla de la playa, Progreso.
Autor. A. Santamaría, temporada de captura, 2021.

Capítulo 5 Variabilidad ambiental y gobernanza en la pesca del pulpo Maya.

5.15 Resumen

En el sistema socioecológico del pulpo maya, la variabilidad ambiental impacta la dinámica y estructura poblacional del pulpo Maya. Dado que las decisiones de pesca se han tomado sin sincronía con respecto a la respuesta natural del pulpo, la insostenibilidad del sistema es un escenario posible de la pesquería. La sostenibilidad es un objetivo socialmente deseable, ambientalmente necesario y económicamente viable; ya que contribuye positivamente a la seguridad alimentaria, modos y estilos de vida. el objetivo fue conocer cómo los pescadores de las localidades de Chuburná, Chelem, Progreso y Chicxulub del Municipio de Progreso interactúan con el pulpo Maya en función de la variabilidad ambiental y sus efectos en la percepción de abundancia, reproducción y gobernanza. La hipótesis que se plantea es que las decisiones de pesca están moduladas por factores físicos (ej. viento, temperatura de la superficie del mar) y biológicos (p. ej. reproducción, alimentación). Factores que influyen de manera determinante en las decisiones de captura asociados con el estado físico del medio ambiente y de las respuestas biológicas y etológicas del *Octopus maya*, generando resistencia con respecto a la regulación pesquera estatal. Metodológicamente se abordó desde un enfoque mixto, los datos obtenidos se analizaron usando frecuencias, porcentajes y PLS-SEM. Se encontró que, si bien la cantidad a capturar está fuertemente influenciada por el mercado, entre los resultados se destaca la fuerte incidencia de los cambios en el ambiente en las decisiones de captura. Las experiencias y conocimientos de los pescadores sobre el medio marino representan una oportunidad para contribuir al proceso de evolución del sistema socioecológico del pulpo maya, hacia el establecimiento de normas y acuerdos entre los diferentes actores y contribuir a la construcción de resiliencia. y sostenibilidad frente a la sobreexplotación y la variabilidad ambiental.

5.16 Material y métodos

En este capítulo se siguió la metodología descrita en el Capítulo IV (ver para mayores referencias). Sin embargo, en este capítulo la evaluación y análisis de la información obtenida tuvo un tratamiento mediante una técnica no paramétrica, multivariable que permite estimar un modelo estructural y de medida mediante mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM).

5.16.1 El modelo estructural y de medida PLS-SEM

Para la estimación del modelo se calculó mediante el algoritmo de SmartPLS. Esta técnica estadística se caracteriza por dos componentes básicos: el modelo estructural y el modelo de medida. El modelo estructural contiene las relaciones entre variables exógenas (independientes) y endógenas (dependientes), mientras que el modelo de medida representa las relaciones entre los constructos (variables latentes) y los indicadores (variables observables).

El enfoque PLS se desarrolló para reflejar las condiciones teóricas y empíricas aplicadas en las ciencias sociales y las ciencias del comportamiento. Los procedimientos matemáticos de PLS son robustos y rigurosos, pero a la vez son flexibles porque no establecen premisas rígidas en la distribución de datos, escalas de medición o tamaño de muestra (Martínez y Fierro, 2018).

5.16.2 Criterios y parámetros de análisis del PLS-SEM

Los valores obtenidos con la estimación del modelo, en general, permitieron analizar y cuantificar la relación entre las variables y los criterios de calidad, entre los que se destacan: **a)** la cargas o pesos factoriales (pf), que muestran la relación entre las variables observables y las variables latentes, considerando adecuadas aquellas superiores a 0,7 (Carmines y Zeller, 1979); **b)** el coeficiente de trayectoria (Cp), que permite evaluar el nivel de causalidad entre constructos, aplicando el rango de -1 a 1, donde valores cercanos a 0 (cero) muestran menor convergencia y valores $\geq 0,7$ muestran una fuerte relación, según Bagozzi (1994) y Chin (2010); **c)** el coeficiente de determinación (R^2) refleja la cantidad de varianza del constructo que es explicada por los otros constructos, también llamados variables predictoras. Los parámetros que muestran una relación fuerte, moderada o débil oscilan alrededor de 0.67, 0.33 o 0.10 respectivamente, según Falk y Miller (1992) y Chin (1998); **d)** el valor de f^2 permite evaluar el impacto de un constructo cuando otro constructo es omitido del modelo, donde valores de 0.02, 0.15 y 0.35 indican un efecto pequeño, mediano y grande respectivamente (Cohen, 1998); **e)** consistencia interna, muestra la confiabilidad del constructo, en SmartPLS se genera el Índice de Confiabilidad Compuesto (IFC). Se sugiere considerar válido este índice cuando alcanza valores de 0.7, 0.8 o 0.9, que significan niveles moderado, adecuado y alto, respectivamente (Nunnally y Bernstein, 1994). El IFC es más adecuado para PLS que el alfa de Cronbach ya que no asume que todos los indicadores reciben el mismo peso (Chin, 1998); **f)** la evaluación del modelo, en general, se realizó con un único criterio, la Normalización de la Raíz Cuadrática Media Residual (SRMR), en la que un modelo correcto implica valores <0.08 (Hu y Bentler, 1999; Henseler et al., 2017).

5.17 Resultados

5.17.1 Factores ambientales relacionados con la abundancia del pulpo maya, según la percepción de los pescadores durante el 2020

En la comprensión de los componentes, atributos e interacciones del sistema socioecológico del pulpo maya, se encontró el valor e importancia de la variabilidad ambiental como atributo del sistema. Por ejemplo...

“... el año pasado hubo muchos huracanes, tormentas y nortes, esto influyó para que el pulpo se guardara, el exceso de lluvia y el agua más fría hizo que se refugiara antes. Lo que suele pasar entre noviembre y diciembre, la temporada pasada pasó entre septiembre y octubre, el huevo ya estaba grande para esas fechas y por eso escaseaba” (empresario-pescador del Playón, Progreso, 2021).

Esta percepción fue compartida por el 95% de los entrevistados y se pudo verificar que la precipitación alcanzó los 1802,2 mm/m² en 2020, mientras que el promedio registrado en el período 2014-2019 fue de 1051,2 mm/m², lo que representó un aumento del 58.33% (CONAGUA, 2021).

Otro factor fue la interrupción de las actividades por el COVID-19, lo que influyó en las bajas capturas y la disminución de los precios de mercado. El bajo precio que alcanzó el pulpo en la temporada fomentó cierta demanda del mercado local y empacadores de mariscos. En este contexto, el sector pesquero solicitó una

ampliación del plazo de captura, lo que derivó en un incremento del periodo de captura por 15 días más, acuerdo publicado el 15 de diciembre de 2020 (DOF, 2020). Las capturas registradas en 2020 fueron un 29% inferiores a la cuota establecida como captura máxima, lamentablemente este límite se ha superado en más del 100% de forma sistemática desde hace varios años, siendo el 2020 la excepción.

5.17.2 Estimación del modelo de medida y estructural para la comprensión del sistema socioecológico del pulpo maya

En el trabajo de campo realizado en 2021 se observaron las decisiones de pesca relacionadas con las variables observables con mayor frecuencia, así como el nivel de influencia (Tabla 5-1).

Tabla 5-1
Variables observables y decisiones de captura

Variables observables	Nivel de influencia	Proporción de n (%)	Decisiones de pesca observadas en campo
Competencia de pescadores	3 (fuerte)	75.60	Incremento de esfuerzo pesquero
Conocimiento acerca del gareteo	3	70.70	Determina el tipo de carnada, longitud y control de cuerdas, ubicación, percepción del entorno físico, orientación del viento y corriente marina, uso del freno en la embarcación.
Pesca "ilegal"	3	78	Incremento de esfuerzo pesquero
Normas pesqueras (regulaciones)	1 (Débil)	78	Inicio de periodo de captura, conocimiento de la cuota de captura como meta y el criterio de peso mínimo de captura como criterio para establecer el precio a pie de playa.
Permiso de captura	1	82.90	Funciona más como una condición que determina la forma de trabajo ya sea como pescadores independientes, incorporarse a grupos informales o emplearse en una cooperativa.
Turbidez del agua	2 (moderado)	58.50	Establecer el lugar de pesca

Temperatura Superficial Marina (TSM)	2	48.80	Establecer el lugar de pesca
Viento, dirección e intensidad	3	92.70	Ubicación, longitud y control de cuerdas. Orientación de la embarcación, uso del freno y aumento o reducción de la jornada de trabajo.
Corriente marina, intensidad y dirección	3	97.60	Ubicación, longitud y control de cuerdas. Orientación de la embarcación, uso del freno y aumento o reducción de la jornada de trabajo.
Alto precio del pulpo maya	3	95.10	Incremento del esfuerzo pesquero y captura de especímenes < 450 grs.
Capacidad reproductiva	3	92.70	Incremento del esfuerzo pesquero y justifica a los pescadores la captura de especímenes < 450 grs.
Veda natural	3	97.60	Incremento del esfuerzo pesquero e indica o establece el final del periodo de captura

Las variables observadas y las variables latentes se evaluaron cuantitativamente; las cargas factoriales permitieron estimar el modelo de medida, representado en la Tabla 5-2 y; el coeficiente *path* permitió estimar el modelo estructural representado en la Tabla 5-3. En conjunto, ambos modelos están representados en la Figura 5-1.

Tabla 5-2
Estimación del modelo de medida (cargas factoriales)

Variables observables	Variables latentes	GS	PF	A
	SC			
Competencia de pescadores	0.84			
Conocimiento del gareteo	0.77			
Pesca ilegal	0.69			
Normas pesqueras (regulaciones)		0.95		
Permisos de captura		0.57		
Turbidez de agua			0.42	
TSM			0.29	
Viento dirección e intensidad			0.92	
Corrientes marinas dirección e intensidad			0.95	
Alto precio del pulpo maya				0.93
Capacidad reproductiva				0.80
Veda natural				0.96

SC= "Contexto Social", GS= "Sistema de Gobernanza", PF= "Factores Físicos", A= "Actores"

Tabla 5-3.

Nivel de efecto en la percepción de pescadores (coeficiente *path* y R²)

Relaciones entre Componentes	Coefficiente <i>path</i> (Cp)	Coefficiente de determinación R²
PF→A	0.87	0.87
PF→SC	0.59	
PF→GS	0.37	
PF+SC+GS→A		
SC→A	0.10	0.35
SC→GS	-0.40	
PF→SC		
GS→A	-0.18	0.13
PF+SC→GS		

Coefficiente de trayectoria (Cp), permite evaluar el nivel de causalidad entre constructos, aplicando el rango de -1 a 1, donde valores cercanos a 0 (cero) muestran menor convergencia y valores $\geq 0,7$ muestran una fuerte relación, según Bagozzi (1994) y Chin (2010). El coeficiente de determinación refleja la cantidad de varianza del constructo que es explicada por los otros constructos, una relación fuerte, moderada o débil oscilan alrededor de 0.67, 0.33 o 0.10 respectivamente, según Falk y Miller (1992) y Chin (1998). Variables latentes= PF (Factores físicos); GS (Sistema de Gobernanza); SC (Contexto social); A (Percepción de los actores).

5.17.3 Capacidad reproductiva y veda natural, su influencia en la percepción de los pescadores

Según la percepción de los pescadores, la alta capacidad reproductiva de los pulpos y el cuidado de la madre sobre los huevos garantizan la abundancia del recurso.

Esto se pudo percibir en las entrevistas, por ejemplo:

“...el pulpo no se va a acabar nunca, hay muchos pulpos, y ponen miles de huevos, hasta 5,000”

“...no se va a acabar, pone miles de huevos, imagínense un solo pulpo pone mil y hay miles de pulpos”.

La aparente abundancia y el alto precio que alcanzó el pulpo durante la temporada 2021, provocó un incremento del esfuerzo pesquero. En la estimación del modelo de medida, la veda natural y la capacidad reproductiva inciden directamente en la percepción de los pescadores con valores de 0,96 y 0,80 (Tabla 5-2). Cuya decisión pesquera de todos los actores está orientada a incrementar el esfuerzo pesquero (Tabla 5-1). En contraste, los permisos de pesca ($pf=0.57$) y los asuntos regulatorios ($pf=0.95$) (Tabla 5-2) de acuerdo con la estimación del modelo de medida tiene una carga factorial de moderado a fuerte respectivamente. Sin embargo, el GS, de acuerdo con el modelo estructural tuvo un efecto débil ($Cp= -0.18$) en las percepciones y por consiguiente en las decisiones de captura (Tabla 5-3).

5.17.4 Factores físicos del medio ambiente y su influencia en las decisiones de pesca

Los factores físicos identificados en las entrevistas fueron la turbidez, la temperatura superficial del mar (TSM), el viento y las corrientes marinas, como los de mayor influencia en las decisiones de pesca. El constructo (PF) mostró las cargas factoriales más bajas a la turbidez (0.42) y temperatura (0.29) y las más altas al viento (0,92) y corrientes marinas (0,95) (Tabla 5-2). Como constructo, los Factores Físicos influyeron fuertemente en la percepción de los pescadores ($Cp=0,87$). Los dos factores físicos que más peso tuvieron fueron el viento a un 92,7% y las corrientes marinas a un 97,6% de los entrevistados (Tablas 5-1 y 5-3). Los factores que influyeron débil y moderadamente fueron la temperatura y la turbidez del agua de mar en el 58,5 y 34,1% de los entrevistados respectivamente (Tabla 5-1).

La precipitación es un factor que puede influir, de acuerdo con su intensidad, en las decisiones de captura. No obstante, no es un factor determinante en las decisiones de pesca para aumentar o disminuir el esfuerzo de pesca o cómo, dónde y cuándo capturar los pulpos, a menos que venga acompañado de un huracán o un “norte”. Por esta razón, la precipitación no se incluyó en el modelo, pero podría ser una variable que considerar para futuros análisis.

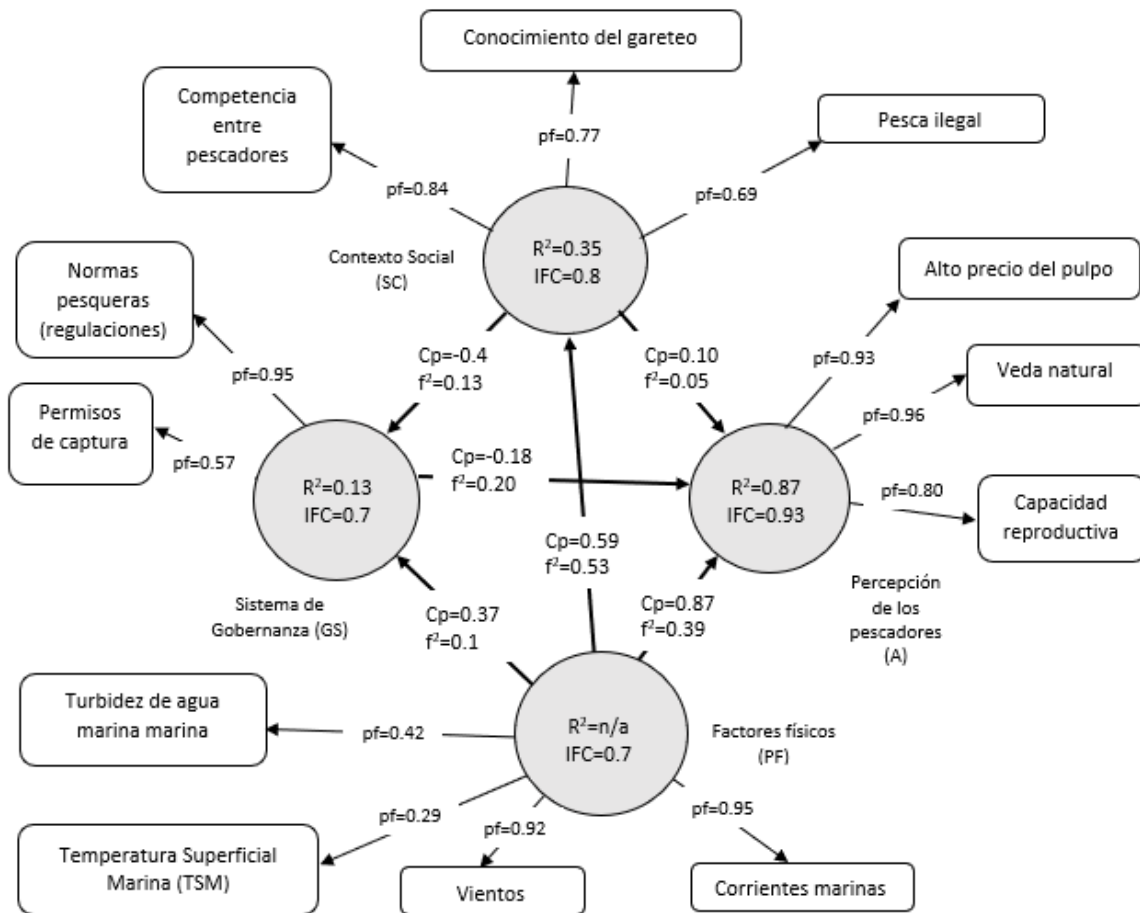


Figura 5-1. Estimación del modelo estructural (gris) y de medida (blanco)

Nota: círculos=variables latentes, rectángulos=variables observables; Coeficiente de determinación R^2 ; Índice de Fiabilidad Compuesta (IFC); Coeficiente *path* (Cp); Índice de efecto en R^2 (f^2); cargas o pesos factoriales (pf); método de análisis mediante el algoritmo PLS; elaborado con el software SmartPLS versión 3 Student.

5.18 Discusión

En este trabajo se reconoce a los pescadores de pulpo maya como el primer eslabón de la cadena de valor que no solo aporta capturas o un producto al mercado internacional. Esta pesquería también ha contribuido al bienestar de entre 12.000 y 15,000 pescadores y sus familias de manera directa, e indirecta a otros sectores económicos de la región. La acumulación del conocimiento empírico y científico permitió validar e identificar las variables estudiadas, difíciles de medir, pero identificadas por los pescadores que en conjunto pueden contribuir al avance de los procesos de gobernanza adaptativa en los que se incorporó la variabilidad del océano y el clima, entre diversos factores cambiantes.

El sistema socioecológico del pulpo maya es dinámico e impredecible, aunque el sistema de gobernanza tiende a ser estático. No reconocer la no linealidad y los límites del sistema podría llevar a la pesquería a un punto de no retorno, hacia una disminución significativa en la abundancia de pulpos, o llevarla de un estado estable a uno indeseable (Berkes et al. 2003; Hughes et al., 2005) con efectos sobre los ecosistemas y los actores sociales (Wiber et al. 2009). Desde este enfoque, el sistema pulpo maya no refleja un funcionamiento adecuado, encaminándose paulatinamente hacia un estado incierto. Si bien a la fecha esta pesquería no se considera en riesgo (Ramos-Miranda et al., 2021), ha estado constantemente sujeta a altos niveles de incertidumbre.

La incertidumbre como atributo del sistema puede ser causada por condiciones naturales tales como la variabilidad ambiental o por decisiones humanas como la estimación de cuotas de captura inapropiadas (Charles 2001; Gunderson y Holling,

2002). La no linealidad se puede observar a través de los efectos de umbral, que determinan puntos de inflexión que llevan a los ecosistemas a cambios en sus características originales para dar paso a ecosistemas degradados o estados alternos (Berkes et al., 2003). Por ejemplo, la pesquería de bacalao de Terranova (Charles, 2007), el bacalao explotado desde 1950 y sobreexplotado en la década de 1970, se intentó recuperar utilizando recursos técnicos convencionales como el establecimiento de cuotas. Sin embargo, colapsó en 1992 (Chantraine 1993; Walters 2007). Con la casi desaparición del bacalao, el lecho marino cambió de un estado estable a otro diferente.

Actualmente, este fondo marino se caracteriza por una fauna de invertebrados (cangrejos, camarones y langostas). Debido a su alto precio, el valor agregado por la actividad pesquera no ha disminuido. Sin embargo, los actores perdedores fueron los pescadores artesanales, ya que no tenían las capacidades técnicas para acceder a la pesca de invertebrados (Wiber et al. 2009; Berkes, 2010). La gestión orientada hacia el sistema político-económico, el menosprecio del conocimiento de los pescadores y la mala interpretación de las tendencias poblacionales llevaron al colapso la pesca del bacalao (Chantraine, 1993; Walters, 2007).

Los colapsos no ocurren de la noche a la mañana, son el resultado de procesos multifactoriales en los que las decisiones humanas juegan un papel trascendental. A lo largo del tiempo, los pescadores han generado un conocimiento detallado de su actividad y entorno, resultado de innumerables observaciones en condiciones ambientales cambiantes; este conocimiento gobierna su comportamiento (Johannes, 1993; Ostrom 2000, 2008). Durante el 2020, los pescadores percibieron

una disminución de la población del pulpo, lo que se atribuyó a las abundantes y anticipadas lluvias. En este caso, la disponibilidad del recurso pudo haber sido alterada por factores biofísicos (p. ej., exceso de lluvias y/o indisponibilidad de nutrientes) o como parte de una respuesta natural de la especie. La población de pulpos en ocasiones parece aumentar y en otras disminuir, aún no se sabe con certeza qué influye en estos cambios poblacionales, si son cíclicos o si un estado de la población lleva a un estado alterno. La variabilidad poblacional es una característica presente en muchas especies marinas como el salmón rojo (*Oncorhynchus nerka*) cuya similitud biológica con el pulpo maya es que se reproducen una sola vez en su vida, es decir, son organismos semélparos. La población de salmón rojo y, probablemente también la del pulpo maya, puede disminuir drásticamente de un momento a otro (Holling y Meffe, 1996; McCay, 1978). La imprevisibilidad y el cambio son parte de la variación natural y son una parte importante de los procesos de resiliencia de las especies (*Ibid*). Este tipo de procesos generalmente no son considerados por los tomadores de decisiones, lo que contribuye a aumentar la incertidumbre de los sistemas, poniendo en juego su gobernanza y gobernabilidad (Charles 2001; Gunderson y Holling, 2002), así como las capacidades sociales de adaptación de los pescadores.

En un ciclo normal, los procesos de puesta e incubación del pulpo maya tienen lugar entre noviembre y diciembre, por lo general (Figura 5-2), cuando las hembras se internan en sus cuevas o escondites para poner sus huevos. Una vez iniciado este proceso, ya no se alimentan y se dedican por completo al cuidado de los huevos hasta el momento de la eclosión, luego mueren las madres. Este proceso es un

indicador de cambio en el comportamiento del pulpo maya y significa que este se “esconde” o “refugia” dando lugar a una especie de “veda natural”, precedido por el crecimiento paulatino del ovario hasta alcanzar su tamaño máximo, aproximadamente 15 cm. El crecimiento del ovario es monitoreado constantemente por los pescadores (verificado en campo, 2021), y coincide con el período de intensificación de los vientos provenientes del “norte” (Figura 5-3 y 5-4).

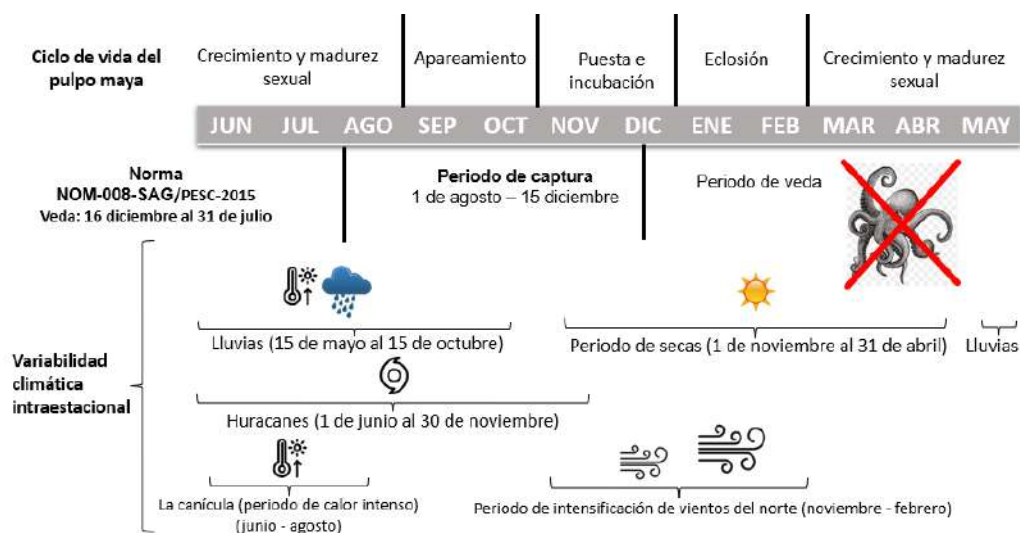


Figura 5-2. Ciclo de vida del pulpo maya, la NOM-008-SAG/pesc-2015 y variabilidad climática intraestacional

Fuente: Elaboración propia con base en Solís-Ramírez et al., 1997; DOF, 2019; CONAGUA, 2022.



Figura 5-3. Pulpos capturados eviscerados exponiendo la bolsa de huevos (ovario) que es constantemente monitoreada

Autor foto: Antonio Santamaría, 2021.



Figura 5-4. Vista más de cerca del ovario o gónada en donde el pulpo hembra transporta sus huevos

Autor foto: Antonio Santamaría, 2021.

En respuesta al proceso natural observado en los pulpos hembra, el 97% de los pescadores entrevistados decidió aumentar el esfuerzo de pesca (Tabla 5-1). El argumento encontrado para dicha conducta, decisión o respuesta de pesca fue, de acuerdo con un pescador de Progreso:

“... es la última oportunidad de la temporada antes de que se vede el pulpo”.

Durante la temporada de vientos provenientes del norte se ponen a prueba los conocimientos y destrezas de los pescadores, esto se debe a que el método de captura permitido conocido como “gareteo” implica un conocimiento detallado y profundo del comportamiento del viento y las corrientes marinas. Se comprobó en campo que, si ambos factores ambientales se alinean entre sí en la misma dirección geográfica, las posibilidades de captura aumentan considerablemente. Pero, en la medida en que la dirección del viento cambia, respecto a las corrientes marinas, las posibilidades de captura disminuyen. Cuando se produce la sincronía entre el viento y las corrientes marinas, la velocidad de la embarcación se controla mediante una adaptación técnica en sus embarcaciones conocida como "freno". En este sentido, las maniobras de captura no solo están determinadas por la abundancia estacional de peces o invertebrados marinos, sino también por el efecto de factores biofísicos y del conocimiento local (Rudle, 1993; Ehuan-Noh et al., 2020).

Los fuertes vientos y las corrientes marinas pueden influir en los pescadores para que no vayan a pescar. Sin embargo, los vientos del norte son valorados y deseados, siempre que no sean tan frecuentes ya que ayudan a retirar la "basura" del fondo marino cercano a la costa y limpian las cuevas donde se esconden los pulpos. El término “basura” se refiere a restos de algas, pastos marinos (Ehuan-Noh

et al., 2020) y desechos sólidos de origen humano. Dicho término comienza a cambiarse por los pescadores a "sargazo". Además, la recirculación del agua contribuye a bajar la temperatura y la turbidez, por contraparte, la frescura y claridad del agua, según los pescadores, es preferida por los pulpos. Así, una vez que el evento "norte" ha removido la basura del fondo, eventualmente los pulpos se acercan nuevamente a la costa para ocupar los refugios liberados, y con ellos muchos pescadores también se acercan a la costa a retomar sus actividades con menor riesgo y costo, especialmente aquellos que carecen de las capacidades técnicas y materiales para aventurarse en alta mar (Figura 5-5).

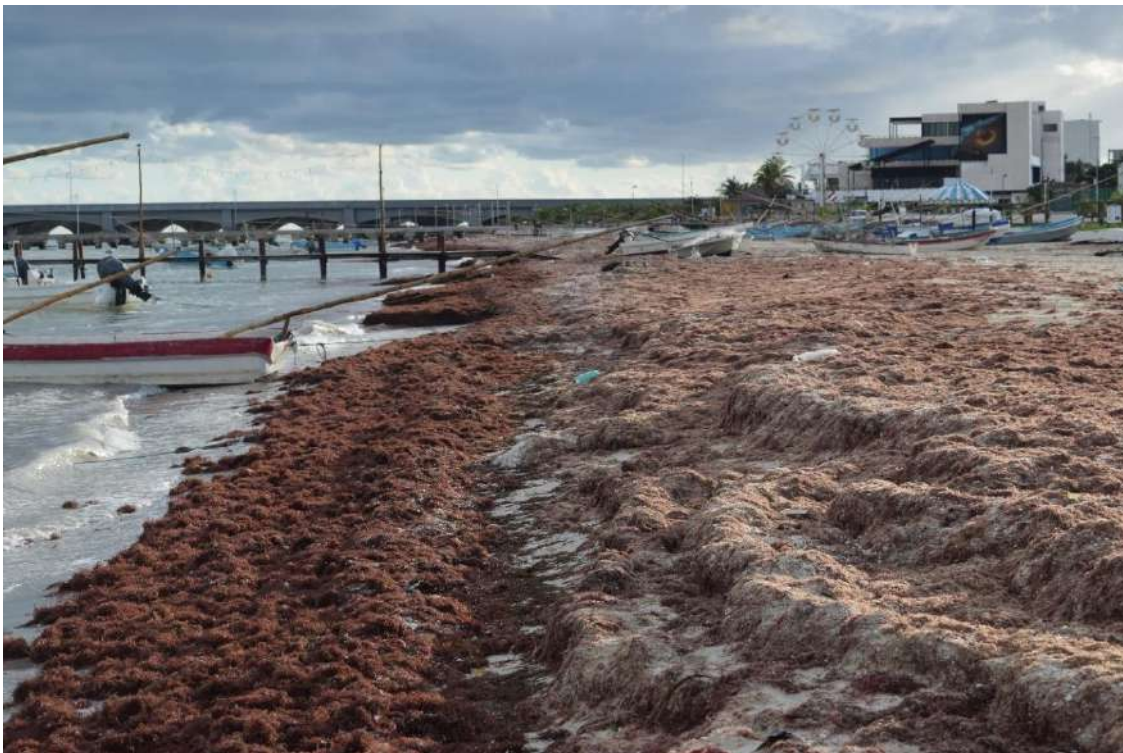


Figura 5-5. Acumulación de "basura" o "sargazo" en el Playón, Progreso.
Autor foto: Antonio Santamaría, 2021.

5.19 Conclusiones

La variabilidad de los componentes naturales y sociales forman parte de la incertidumbre en los sistemas socioecológicos, prueba de ello es que las decisiones de pesca se modulan en función de los cambios en el ambiente y el mercado. Dichos acuerdos alcanzados en grupo y en algunas ocasiones junto con las autoridades. Por ello, los pescadores han reiterado durante décadas que las vedas de pesca deben revisarse cada cierto tiempo (Fraga et al., 2013) y no dejarlas a perpetuidad, como si se tratase de un aspecto inmutable. Sin embargo, la rigidez de las NOMs frente a la necesidad de sobrevivir de los pescadores para adaptarse a la variabilidad del sistema abre las puertas a la aparición de conflictos, dilemas sociales y problemas perversos (Grundmann, 2018).

Las condiciones normativas establecidas para regular la pesquería del pulpo maya muestran un sesgo hacia el sistema económico-político, descartando la variabilidad ambiental, el conocimiento de los pescadores y los procesos no lineales, que pueden incrementar considerablemente el nivel de riesgo e incertidumbre de la pesquería. En el caso del bacalao de Terranova, la gestión a través del establecimiento de cuotas al igual que en el caso del pulpo Maya, en lugar de contribuir a la sostenibilidad del bacalao, la condujo al colapso en 1992. Sólo establecer cuotas, asumiendo que los actores del sistema las van a respetar sin ejercer ningún tipo de control efectivo, ya sea por parte de los propios interesados o de las autoridades, es insostenible. Si bien el bacalao de Terranova y pulpo Maya no son comparables, su gestión como pesquerías si lo es, pues es evidente que la generalización de criterios utilizados, como el establecimiento de cuotas si lo es. Lo

que permite hacernos la pregunta ¿Quiénes deciden cómo deben manejarse las pesquerías?

Se reconoce que la gobernanza implica la cooperación entre los actores (usuarios, consumidores, empresas y autoridades) para lograr la resiliencia y sostenibilidad del sistema socioecológico del pulpo Maya. Pero es necesario considerar el conocimiento y aprendizaje acumulado de los pescadores frente a la variabilidad ambiental en el diseño e implementación de regulaciones. Ante este escenario, los modelos de gobernanza emergentes, como la gobernanza adaptativa (Folke et al., 2005) y la gobernanza interactiva (Kooiman et al., 2005), pueden proporcionar elementos clave para guiar el curso de una pesquería altamente dinámica con niveles crecientes de incertidumbre, como la del pulpo Maya.

5.20 Recomendaciones

Profundizar en el estudio del sistema socioecológico del pulpo maya a través de diferentes enfoques y técnicas de investigación multidisciplinar (talleres de sensibilización, acompañamiento en las tareas, seguimiento y evaluación de indicadores más allá de concentrarse únicamente en las capturas pesqueras por unidad de esfuerzo).

Revisar los métodos para estimar las cuotas de captura recomendadas.

Fomentar alternativas productivas en épocas de veda del pulpo maya.

Evaluar la relación de factores físicos como precipitación, salinidad y temperatura con la producción primaria en la zona costera de la península de Yucatán.

Profundizar en el estudio de la época de desove e incubación y su relación con los factores físicos para identificar su variabilidad y cómo puede afectar la normativa considerando las experiencias y conocimientos de los pescadores.

Difundir principios de bioética entre actores y consumidores de cualquier nacionalidad, edad o estilo de consumo, sobre la importancia de respetar los períodos de veda del pulpo y otras especies objetivo para contribuir a la preservación de los recursos naturales en la región.



Pescadores seleccionando su carnada antes de salir a la faena, Progreso.
Autor. A. Santamaría, temporada de captura, 2021



Ucides cordatus, también llamado “okol” principal especie utilizada como carnada en la pesquería del *O. maya* en la costa norte de Yucatán, temporada 2021.

Foto de Arthur Anker, autorizada para publicar:

(<https://www.crabdatabase.info/en/crabs/brachyura/eubrachyura/thoracotremata/ocypodoidea/ucidae/ucides/ucides-cordatus-883>)

Capítulo 6 La Influencia de la carnada, los permisos de pesca, y el método de captura en la pesquería del pulpo Maya

6.21 Resumen

La pesquería del pulpo Maya ha tenido efectos socioeconómicos en localidades costeras de Yucatán. La creciente demanda mundial de pulpo ha influido en una reorganización de los componentes social y ecológico. En particular, especies utilizadas como carnada se han visto afectadas, en este sentido, los pescadores artesanales han observado una creciente escasez de especies locales. El objetivo en este capítulo fue analizar cómo se relacionan los pescadores de las localidades de Chuburná, Chelem, Progreso y Chicxulub con la carnada, dada su organización, los permisos de captura en posesión de los pescadores artesanales o de otros actores y la técnica de gareteo autorizada para esta pesquería. La hipótesis que se plantea es: en esta pesquería, por lo menos en las localidades estudiadas, la disponibilidad de carnada se ha convertido en un punto crítico, dada la escasez de especies locales comúnmente utilizadas. Los resultados mostraron que la carnada es un recurso que influye en acuerdos entre pescadores y otros actores del sistema incrustados en los diferentes niveles de la cadena de valor. Para cubrir la demanda local de carnada, el *Ucides cordatus*, especie foránea que proviene de los pantanos de Tabasco se ha convertido en la más utilizada. Por lo que, es prioritario el monitoreo y evaluación de las diferentes especies de carnada con el propósito de reorientar políticas y programas, dirigidos a la sostenibilidad de la pesquería del pulpo maya y de las especies de crustáceos con las que se relacionaba normalmente.

El punto de partida para abordar este capítulo es desde el permiso de captura como parte del sistema de gobernanza y que debería influir a través de la interacción de *captura* en los actores del sistema. Sin embargo, dicho permiso es utilizado por los

poseedores para proteger a los pescadores ante las autoridades, a cambio de que les vendan sus capturas de pulpo. Derivado de este acuerdo, otro trato generalizado entre pescadores y los comerciantes, cooperativas, congeladoras y/o permisionarios es que deben tener disponible a pie de playa el hielo y carnada.

6.22 Material y métodos

En este capítulo se siguió la metodología descrita en el Capítulo IV (ver para mayores referencias), la información obtenida puede verificarse en el Anexo XI inciso 3. El diseño de este estudio es cualitativo, de tipo transversal y exploratorio, observacional y analítico de fuentes primarias y secundarias.

Declaración de ética

Los pescadores aceptaron ser entrevistados. Sin embargo, para mantener el anonimato, no proporcionaron sus nombres, direcciones ni quedaron registrados. Por tanto, no firmaron ningún consentimiento. El principal motivo para no firmar fue la desconfianza, dado el contexto de pesca ilegal que prevalece en el mundo y el temor a represalias en el caso de hacer un comentario que pudiera hacer sentir incomodo a alguna autoridad.

Los organismos que fueron objeto de este estudio no fueron manipulados ni se experimentó con ellos. Todas las fotografías y observaciones fueron realizadas con autorización de los pescadores respecto de sus carnadas y herramientas de trabajo las cuales, son normadas de acuerdo con la NOM-PESC-008-1993, NOM-008-SAG/PESC-2015, NOM-006-SAG/PESC-2016 y NOM-059-SEMARNAT-2010.

6.23 Resultados

Algunos pescadores se trasladan cada año durante la temporada de captura del pulpo Maya hacia localidades pesqueras en el Estado de Yucatán. Este proceso ha permitido trasladar conocimientos, experiencias y oportunidades relacionados con la pesquería. Los pescadores entrevistados se clasificaron, de acuerdo con su origen en: a) “locales” (viven y nacieron en la misma localidad); b) “migrantes” (viven en las localidades pesqueras, pero son originarios de otros lugares) y; “temporales” (vienen de otros lugares solo durante la temporada de captura). Se destaca que en Chuburná y Progreso el origen de pescadores es más diverso que en Chelém y Chicxulub de acuerdo con las entrevistas realizadas (Tabla 6-1).

Tabla 6-1.
Estatus de residencia general y por localidad

Estatus de residencia	General	Chuburná	Chelém	Progreso	Chicxulub
Local	51.20	30.00	100.00	47.40	70.00
Migrante	26.80	20.00	-	36.80	30.00
Temporal	22.50	50.00	-	15.80	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Nota: todos los valores son porcentuales; n=41

El lugar de origen de los pescadores fue del interior de Yucatán 68.3%; Tabasco 14.6%; y casi el 15% de Campeche, Veracruz y Quintana Roo. Aunque, estos últimos se concentraron en Progreso y Chuburná principalmente.

Los pescadores han desarrollado diferentes estrategias y tácticas para vender sus capturas. Una de las estrategias comerciales o puntos de acuerdo coincidente entre los pescadores y las cooperativas, permisionarios o congeladoras es: a) tener la garantía de que serán compradas y pagadas las capturas en efectivo al mejor precio a pie de playa que prevalezca en el mercado y; b) seguridad en la disponibilidad de hielo y carnada a pie de playa (observación en campo, 2021). Para los pescadores tener disponible el hielo y la carnada a pie de playa se ha convertido en un punto crítico en la pesquería, ya que, en muchas ocasiones, de acuerdo con lo observado en 2021, la carnada es acaparada por aquellas organizaciones o individuos con mayor capacidad económica. En este caso, los pescadores buscan alternativas por especies locales, aunque según las entrevistas hay escasez de estas últimas.

Es reconocido por los pescadores que el pulpo tiene preferencia por la jaiba, probablemente por sus características organolépticas (sabor, olor, textura, color). En cambio, para el pescador una de las características físicas que prefiere en la carnada es la dureza de su caparazón, esta característica le permite tener un mayor beneficio en la captura de pulpo por kilo de carnada. Los pescadores han observado que la jaiba, es devorada muy rápido, muchas veces antes de sacar al pulpo del agua. En cambio, el okol al tener un caparazón más duro, el pulpo tarda más tiempo en comerlo, así, las probabilidades de captura aumentan considerablemente (trabajo en campo, 2021).

El beneficio al usar okol como carnada es mayor que el usar otras especies como la jaiba, a pesar de su elevado costo. Posiblemente este factor ha contribuido al incremento en la demanda del okol como carnada, desplazando a otras especies como la jaiba, maxquil o cangrejo herradura.

6.23.1 Preferencias en el uso de carnada en la captura de pulpo maya temporada 2021

Como resultado de nuestras mediciones, se pudo observar una mayor preferencia por el okol (*Ucides cordatus*) como carnada en el área de estudio, seguida de la jaiba (*Callinectes sapidus*) (Figura 6-1). En el análisis por localidad, la cabeza de langosta (*Panulirus argus*) tuvo mayor preferencia en Chicxulub, en Chelém la especie preferida fue la jaiba. La disponibilidad de cabeza de langosta y jaiba en Chicxulub y Chelém respectivamente pudo haber sido un factor que propició su preferencia.

Al respecto, un pescador del Playón en Progreso expresó lo siguiente:

“...los tabasqueños que se vienen a la “pulpeada” fueron quienes trajeron esa carnada (okol), ahora el negocio es de ellos, aquí ya casi no hay jaiba, ni soldado (cangrejo herradura) que era la carnada que más utilizábamos. El problema del okol es el precio, cuesta más que el pulpo”. Esta aseveración permite inferir que la escasez de algunas especies ha sido observada por los pescadores.

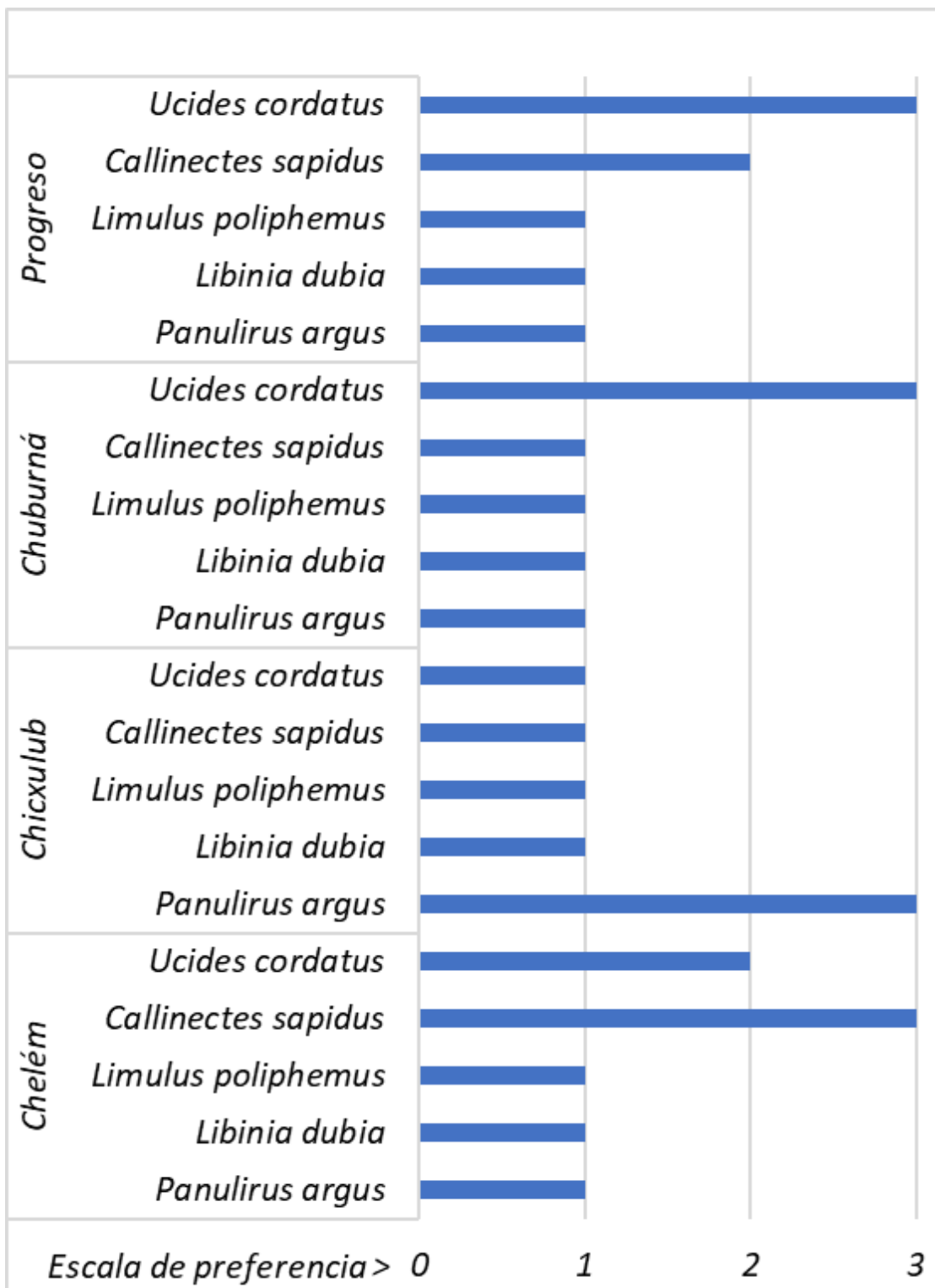


Figura 6-1. Preferencia de los pescadores en el uso de la carnada por especie y localidad

Elaboración propia con base en trabajo de campo (2021); Escala de preferencia: 0=nulo; 1=bajo o muy poco; 2=moderado; 3=mucho o alto.

6.23.2 Comportamiento del precio de la carnada y pulpo Maya en la temporada 2021

Otra variable que puede ser indicativo de la variabilidad en la disponibilidad y escasez de la carnada es el comportamiento de su precio. Al inicio de la temporada 2021, el precio de la carnada se ubicó en \$80 pesos/kilo (\$3.94 dólares; tipo de cambio \$20.28 pesos), entre el 4 y 5 de agosto el precio se incrementó y se mantuvo en \$140.00 (6.90 dólares) pesos por kilo hasta el 4 de octubre. A partir del 5 de octubre se incrementó a \$180 pesos/kilo (\$8.88 dólares), manteniéndose así hasta el final de la temporada (15 de diciembre; observación en campo, 2021). El precio por kilo de pulpo a pie de playa se mantuvo por debajo del precio por kilo de carnada. El kilo de pulpo se pagó a pie de playa a \$118.00 pesos de agosto a noviembre, para incrementarse a \$175.00 pesos en el mes de diciembre.

6.24 Discusión

Para los pescadores de las localidades estudiadas, tener disponible la carnada a pie de playa se ha convertido en un punto crítico. Dicho recurso escaso, aunque puede tener un origen local, cada temporada debe traerse desde lugares cada vez más lejanos, como es el caso del okol. Probablemente porque las especies locales han sido sobreexplotados, acaparadas, por disminución de sus poblaciones, o simplemente porque el sistema socioecológico local de la carnada ya no soporta las crecientes capturas del pulpo Maya.

En algunos trabajos publicados relacionados con la captura del pulpo Maya se llegan a mencionar las especies de carnada que observan en el momento de

realizarlos. Se resalta que en dichas publicaciones las especies mencionadas pueden ser muy diversas. En este sentido, en la Tabla 6-2 se muestran algunos autores y las especies observadas lo que permite proponer una tendencia, aunque no generalizable, de las especies utilizadas en Yucatán como carnada.

Tabla 6-2.
Especies identificadas utilizadas como carnada en la pesquería del pulpo Maya 1993-2021

Especies observadas	Autor	año
<i>Menippe spp.</i> (Cangrejo moro), <i>Libinia dubia</i> (cangrejo araña), <i>Callinectes sapidus</i> (jaiba), <i>Gecarcinus langostinus</i> (cangrejo de tierra), patas y antenas de langosta (<i>Panulirus argus</i>)	Solís-Ramírez	1993
<i>Libinia dubia</i> , <i>Callinectes sapidus</i> y <i>Limulus polyphemus</i> (cacerolita de mar o cangrejo herradura).	Zaldívar-Rae et al.	2009
<i>Libinia dubia</i> , <i>Callinectes sapidus</i> y <i>Limulus polyphemus</i> (cacerolita de mar o cangrejo herradura).	Salas et al.	2011
<i>Callinectes spp.</i> , <i>Cardisoma armatum</i> , <i>Libinia emarginata</i> y <i>L. dubia</i>	Blancas-García et al.	2011
<i>Callinectes sapidus</i> , <i>Libinia emarginata</i> y <i>L. dubia</i>	Plan de Manejo Pesquero	2014
<i>Libinia dubia</i> , <i>Mennipe mercenaria</i> , <i>Callinectes sapidus</i>	Markaida et al.	2015
<i>Callinectes sapidus</i> , <i>L. dubia</i> , <i>Mennipe mercenaria</i> , <i>Cardisoma armatum</i>	López-Rocha et al.	2021
<i>Ucides cordatus</i> (okol), <i>C. sapidus</i> , <i>Callinectes bellicosus</i> (jaiba verde o guerrera)	Barajas-Girón et al.	2022

Elaboración propia

De acuerdo con los resultados en la temporada 2021 la preferencia y más usada carnada por los pescadores en la costa norte de Yucatán (área de estudio) se

orientó en primer lugar al *Ucides cordatus*, seguida de *Callinectes sapidus* (Figura 6-1). No se observó el uso de *L. dubia* o *L. polyphemus* como cebo, lo que mostró que estas dos últimas especies no representaron una opción como carnada a pesar de la alta demanda de pulpo maya en la temporada de 2021 en el área de estudio. Sin embargo, una cierta disponibilidad y bajo costo han influido en el uso de otras especies como la jaiba y langosta para que prevalezcan en algunas localidades como carnada. Por ejemplo, en Chelém el *C. sapidus* (jaiba) y en Chicxulub la cabeza de *Panulirus argus* (langosta). De acuerdo con los pescadores entrevistados durante la temporada del 2021. Mientras que en Chuburná y Progreso donde hay una presencia importante de pescadores temporales y migrantes se prefirió el uso de carnada proveniente de otros lugares como es el caso del okol, en estas localidades se identificó una preferencia por los recursos locales como la cabeza de langosta y la jaiba, lo que sugiere que los pescadores provenientes de otros lugares pueden jugar un papel importante en la pesquería, ante la escasez de carnada (Tabla 6-1).

Respecto al precio de la carnada, este tuvo una variación de \$80 a \$180 pesos durante la temporada, mostrando una gran volatilidad de acuerdo con su disponibilidad, si se parte del supuesto económico que mientras más caro, más escaso. Aunque el precio del okol es muy alto, los pescadores la prefieren, ya que un kilo de carnada de okol permite una captura aproximada de 20 kilos de pulpo. Rendimiento mucho mayor que el de la jaiba según los pescadores entrevistados, este rendimiento es otro factor que propicia la demanda del okol proveniente de Tabasco y que ha propiciado su demanda. Aunque, el traer carnada no es nuevo,

según lo observado por Markaida et al. (2015), durante varios años diferentes especies de crustáceos son comercializadas en Yucatán provenientes de Campeche, tales como maxquil, cangrejo moro y cangrejo azul.

En un reporte publicado en 2022, respecto a la captura de pulpo Maya en 2021, se registró la información de 1,883 bitácoras de 57 embarcaciones menores y 38 de mediana altura, la captura registrada fue de 1,407.7 toneladas de pulpo (*Octopus maya* y *O. americanus*), de los cuales 1,082.63 t correspondieron a pulpo maya, se utilizaron en total 86.33 toneladas de carnada. Lo que permitió un rendimiento de 16.3 k de pulpo por 1 k de carnada. Los resultados en este estudio mostraron que la carnada más utilizada fue el okol con 71.18 toneladas (82.4%); jaiba azul, 15.15 toneladas (17%) y; jaiba verde o guerrera, 0.005 toneladas (5 kilos) (Barajas-Girón et al., 2022).

De acuerdo con los datos disponibles, estimar el volumen de carnada utilizada, aunque no sea considerado concluyente, si permite una aproximación. Según el Plan de Manejo Pesquero (DOF, 2014), en 1949 se registró una captura de pulpo, en las aguas adyacentes de Campeche, de 50 toneladas. Posteriormente, por la disminución de las capturas en dicho Estado, en 1970 se integra el Estado de Yucatán por pescadores de Celestún, aunque las capturas registradas han mostrado variabilidad, para el 2023 se registró una captura de 19,895 toneladas de *O. maya* (excluye al pulpo patón [*O. vulgaris* u *O. americanus*]), alcanzando su pico más alto de captura en lo que va del siglo XXI, en el año 2018 con 35,552 toneladas (INEGI, 2022).

Para estimar cómo se han comportado los volúmenes de carnada en la pesquería del pulpo maya se obtuvo un promedio de los rendimientos estimados (16.3 k pulpo/1 k carnada) en lo publicado por Barajas-Girón et al., (2022) y el rendimiento por kilo de acuerdo con los pescadores entrevistados en la temporada 2021 (20 k pulpo/1 k carnada), lo que nos arroja un promedio de 18.15 kilos de pulpo por 1 kilo de carnada (Tabla 6-3).

Tabla 6-3.
Estimación del volumen de carnada utilizada en la pesquería del *O. maya* 2016-2023

Temporada	Captura registrada (toneladas) ²	Estimación de carnada utilizada (toneladas) ³
2023	19,895	1,096
2022	25,817	1,422
2021	31,906	1,758
2020*	13,034	718
2019	22,656	1,248
2018	35,552	1,959
2017	23,000	1,267
2016	24,000	1,322

Fuente: ² INEGI, 2022; SADER (2016-2023)

Nota: aproximadamente 75% de las capturas registradas corresponden al Estado de Yucatán;

*pandemia COVID-19.

³ estimación con base en 18.15 kilos de pulpo por 1 kilo de carnada

El gareteo fuertemente relacionado con la carnada ha sido considerado sostenible por no generar descartes, ser selectivo y sin efectos aparentes en el fondo marino (DOF, 2014; López-Rocha et al., 2021). Sin embargo, el no observar a la pesquería como un SSE, solo permite ver el pulpo y su relación con el ser humano como una

relación directa y única. Lo que no permite ver otras relaciones de y entre los sistemas sociales y ecológicos. Por lo que, la idea de método de captura sostenible es muy debatible. Por ejemplo, cuando se observa que los descartes no se generan al momento de capturar el pulpo, sino al usar la carnada (Figura 6-2) o cuando la actividad en sí genera una gran cantidad de cuerdas y plomos que se quedan en el fondo marino. Así, la gestión, monitoreo y evaluación de la carnada como un elemento crítico e integrado al método de captura se vuelve relevante en la reorientación de las políticas y programas de gobierno, que tienen como objetivo la sostenibilidad de los sistemas socioecológicos pesqueros, como es el caso del pulpo Maya.



Figura 6-2. *Ucides cordatus* atado como cebo y desechado en la playa de Progreso (2021)

Autor de la foto: Antonio Santamaría.

6.25 Conclusiones y recomendaciones

El gareteo es un método altamente especializado, su eficiencia depende de la calidad y el uso adecuado de los crustáceos decápodos el principal grupo de organismos utilizados en esta pesquería como carnada, el manejo sustentable de la carnada garantiza el uso del gareteo por muchos años más, método preferible a otros como el gancho o fisga.

El uso de los crustáceos como carnada en la captura del pulpo Maya mediante el método denominado “gareteo”, ha impactado en la disminución de la abundancia de crustáceos a escala local, según la percepción de los pescadores por el excesivo uso en la pesquería del pulpo, al incrementarse los volúmenes capturados de pulpo, se incrementan los volúmenes de carnada utilizados. Ahora para cubrir la demanda, la carnada debe surtir de regiones cada vez más lejanas y por otras especies, incluso consideradas terrestres como es el okol, configurando un cuello de botella en el sistema socioecológico del pulpo maya.

La carnada puede ser vista como un insumo, sin embargo, esa categorización cuyo sesgo tiende a ser de tipo económico, hace perder de vista la importancia ecológica que tienen las especies involucradas en las zonas estuarinas y marinas.

En este trabajo se plantea un escenario en el que la disponibilidad de carnada ya no es suficiente para la pesquería, en consecuencia, la siguiente forma conocida para capturar el pulpo Maya sería el uso del gancho. Lo que podría ser devastador para la sustentabilidad de la pesquería en el corto plazo. En este sentido se recomienda la regulación de la carnada en la pesquería del pulpo Maya.



Pescador de pulpo mostrando ejemplares capturados, Chuburná temporada 2021.
Autor. A. Santamaría.

Capítulo 7 La regulación pesquera y su efecto en la pesquería del pulpo maya en la costa norte de Yucatán.

7.26 Resumen

El sistema de gobernanza tiene el propósito de regular el comportamiento de los actores respecto al uso de un recurso. Las normas descriptivas (informales) y prescriptivas (formales) generalmente son congruentes. En este contexto, el tema de las Normas (NOMs) representa un gran reto, dado que no se trata solamente de aplicarlas y cumplirlas, si no que debemos cuestionarnos si en realidad cumplen su función. El objetivo en este capítulo es conocer cómo influyó el peso mínimo de captura como criterio normativo en los pescadores y sus actividades de pesca, distribución y comercialización del pulpo Maya en la localidad de Progreso, principal sitio de acopio durante la temporada 2021. Se propone como hipótesis que el peso mínimo de captura (450 g), cuya finalidad es permitir al pulpo llegar a su madurez sexual para reproducirse y así contribuir a la sustentabilidad de la pesquería, es utilizada para valorar y clasificar el pulpo capturado a lo largo de la cadena de valor. Para cumplir con el objetivo se registró la captura de 79 días para determinar en qué medida se capturan pulpos por debajo de 450 g y; se les dio seguimiento a lo largo de la cadena de valor. Se encontró que casi el 30% de las capturas son de organismos menores a 450 g. Además, dicho criterio es utilizado para clasificar y determinar el precio del pulpo. Se concluye que la captura de pulpos menores a 450 gramos se ha normalizado a lo largo de la cadena de valor. Así, una medida que tiene la finalidad de dar la oportunidad al pulpo de reproducirse para contribuir a la

sustentabilidad de la pesquería pasó a ser una medida de tipo económico con la que se fija el precio y la calidad del pulpo como producto.

7.27 Material y métodos

Para dar cumplimiento a este objetivo se utilizaron las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) que regulan la captura del pulpo Maya en el país. Se identificó la norma NOM-008-PESC-1993 (DOF, 1993), misma que fue subrogada por la NOM-008-SAG/PESC-2015 (DOF, 2015) donde se definen los términos y condiciones de los términos y condiciones de pesca para el aprovechamiento óptimo del pulpo maya y pulpo patón. Se complementa con otras como la NOM-064-SAG/PESC/SEMARNAT-2013 (DOF, 2013) que establece los sistemas, métodos y técnicas de captura prohibidos; Acuerdo por el que se establece la equivalencia de la talla mínima de captura de 110 mm o 450 gramos de peso (SADER, 2019); la NOM-034-SCT4-2009 (DOF, 2009) establece los requerimientos mínimos de seguridad, comunicación y navegación para las embarcaciones nacionales de hasta 15 metros de eslora y; el Plan de Manejo Pesquero dónde se ratifica de manera amplia las medidas de manejo, artes de pesca autorizados, talla mínima de captura, vedas y cuotas de captura que tienen como objetivo central alcanzar la sustentabilidad de la pesquería, entendiéndose como socialmente aceptable, económicamente viable, ambientalmente amigable, políticamente factible en un contexto de equidad para la presente y futuras generaciones (DOF, 2014).

Se registraron y analizaron las capturas de pulpo que realizaron un grupo de pescadores en el Playón. Este espacio se encuentra a orillas del mar ubicado en la

localidad de Progreso, Yucatán, a escasos metros del recinto fiscal y portuario (Figura 7-1). En este punto se han reunido en los últimos años un grupo de pescadores artesanales en torno a un comerciante que previo acuerdo han generado interacciones de tipo comercial y social principalmente.



Figura 7-1. Área de estudio

Declaración de atribución: mapa realizado con QGIS 3.4 Madeira de acceso abierto; contiene información de OpenStreetMap y OpenStreetMap Foundation, que está disponible bajo la licencia Open Database.

Se eligió la localidad de Progreso ya que fue donde se generó mayor confianza y apertura por parte de los pescadores y permitieron el registro de las capturas. En las otras localidades pesqueras próximas a Progreso (Chuburná, Chelem y Chicxulub) solo se permitió la observación, pero no el registro. Sin embargo, es

importante destacar que se observaron los mismos criterios de selección y acopio en las otras localidades pesqueras (Chuburná, Chelem y Chicxulub).

De los 137 días (20 semanas aproximadamente) que duró la temporada de captura, se registró la captura por pescador de 79 días (11 semanas aproximadamente), no se utilizó ningún criterio para ir a realizar dicho registro en un día específicamente, solo se tomó en cuenta que durante todos los meses que duró la temporada se registrara información. El registro se realizó cuando se realizaba el pesaje de las capturas que los pescadores le vendían al comerciante. Si por alguna razón no se registraron capturas de pescadores que llegaban más temprano de la faena, estas se registraban en una libreta. Sin embargo, los días que por alguna razón el investigador no podía ir, esos registros se perdían. Por tal razón, no se obtuvieron los registros de capturas de los 137 días que duro la temporada. El número de días evaluados representó el 57.66% del total de días en el que se permitió la captura de manera oficial del 1 de agosto al 15 de diciembre de 2021 (ver en Anexo I los registros por día).

Se registraron y pesaron 27,580 kilos de pulpo maya en total, el comerciante ha desarrollado la habilidad para identificar visualmente los pulpos mayores a 450 gramos, cuando hubo duda se verificó. El proceso de pesaje se realizó por el comerciante en presencia del pescador, cada pulpo se clasifica en chico (< 450 g) o grande (> 450 g), una vez separados los dos grupos se pesa el total de pulpo grande y el total de pulpo chico. El peso total de cada uno de los grupos se multiplica por el precio por kilo para obtener el total a pagar al pescador.

Cabe señalar que se registraron las capturas totales por día observado y por pescador, el número de días registrados por mes quedaron distribuidos de la

siguiente forma: agosto=24; septiembre=24; octubre=10; noviembre=13; diciembre=8, formándose 5 grupos (Figura 7-2 y Tabla 7-2). Durante el proceso de acopio por parte del comerciante, se utilizó una báscula electrónica. En dicho proceso el comerciante y pescadores, mediante un acuerdo no escrito, usado desde temporadas anteriores, determinaron que los pulpos menores a 450 gramos serían “pulpos chicos” y mayores a 450 gramos serían “pulpos grandes”, categorías utilizadas por igual en todas las localidades estudiadas.

Los datos se obtuvieron de manera independiente en días separados. Las comparaciones entre los grupos de las capturas menores a 450 gramos se llevaron a cabo utilizando pruebas t de dos colas cumpliéndose el supuesto de heterogeneidad para la prueba Welch, dado el estadístico de Levene (Bisquerra, 1987). Seguida de las comparaciones múltiples post-hoc de Games Howell, la prueba de potencia estadística y el tamaño del efecto (d) Cohen (1998); la significancia estadística se denota por el p-value menor a .05 (Pita y Pértega, 2010).

7.28 Resultados

Las capturas registradas a lo largo de la temporada permitieron ajustar una línea en forma de parábola (curva polinómica) llegando a su máximo nivel entre agosto y septiembre, después la tendencia fue negativa durante el resto de la temporada (Figura 7-2). Sin embargo, durante diciembre las capturas repuntaron, probablemente como efecto del incremento en el número de pescadores participantes (Figura 7-3).

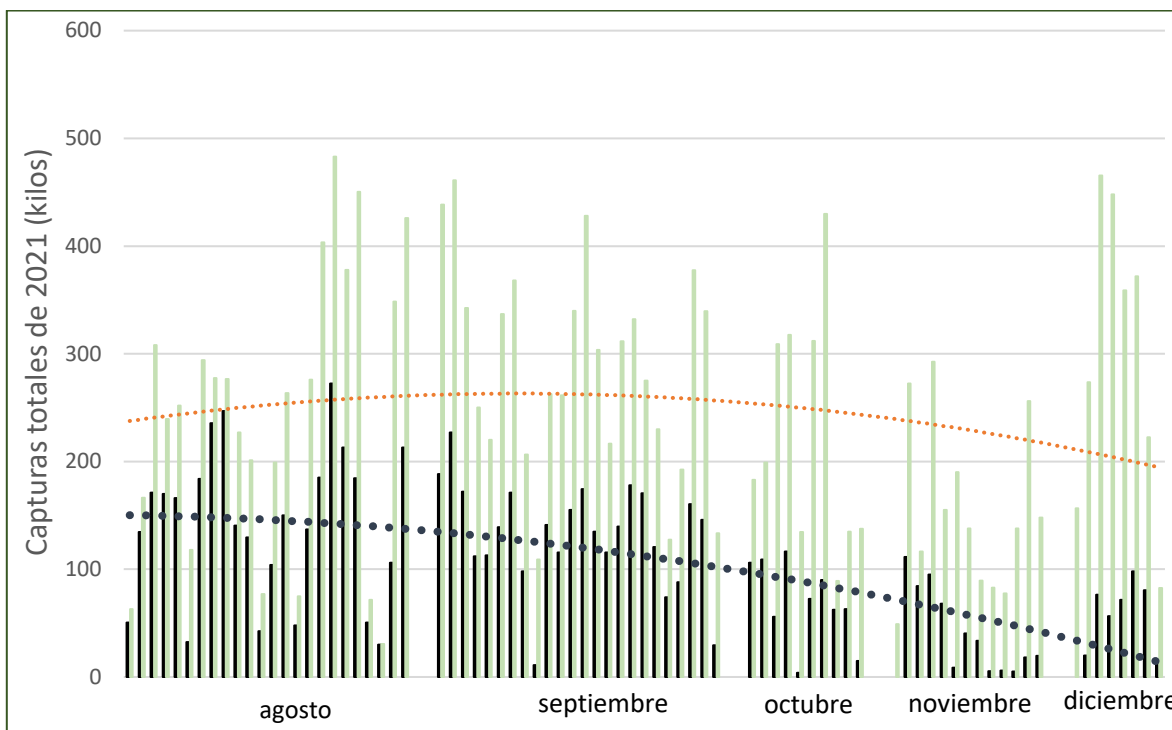


Figura 7-2. Tendencia de las capturas de pulpo Maya por peso mayor a 450 g (barras verdes) y menor a 450 g (barras negras) en el Playón, Progreso.

Fuente: Registro de capturas, temporada 2021.

7.28.1 Capturas menores a 450 gramos

El registro de capturas permitió identificar el promedio de pescadores participantes por jornada, la captura promedio por pescador, capturas totales por mes, capturas totales mayor y menor a 450 g. Se destaca, de acuerdo con el objetivo de este capítulo, las capturas de pulpo de organismos menores (<) a 450 gramos y sus porcentajes respecto a las capturas totales registradas por mes (Tabla 7-1).

Tabla 7-1**Capturas de pulpo menores a 450 gramos de peso respecto a la captura total**

	ago	sep	oct	nov	dic	Total
Número de pecadores participantes en promedio por día	19	24	19	12	24	---
Captura promedio/pescador	20.85	17.32	15.70	15.78	14.29	---
Capturas totales	9,302.00	10,038.00	2,941.00	2,501.00	2,797.50	27,579.50
Captura total de organismos > 450 gramos	5,905.00	6,863.50	2,246.50	2,005.50	2,379.50	19,400
Captura total de organismos < 450 gramos	3,397.00	3,174.50	694.50	495.50	418.00	8,179.50
Proporción de organismos < 450 gramos capturados	36.52%	31.62%	23.61%	19.81%	14.94%	29.66%

Fuente: Registro en campo, 2021 en el Playón, Progreso (Anexo I).

Nota: Capturas en kilogramos

De las capturas totales registradas (27,579.50 kilos), el 29.66% (8,179.50 kilos) correspondieron a pulpos < 450 g. En la Tabla 7-1 se puede observar una diferencia importante de las capturas, formando dos grupos: 1) capturas altas en agosto y septiembre y; 2) capturas menores formado por octubre, noviembre y diciembre. Lo que puede ser indicativo de dos periodos.

7.28.2 Capturas y pescadores participantes

Las capturas totales y el número de pescadores participantes mostraron una relación positiva alta ($r=0.887$). Las capturas promedio (\bar{x}), Intervalos de Confianza (IC) y desviación estándar (S) se pueden observar en la Figura 7-3. Al ponderar las

capturas totales según el número de pescadores, la captura promedio por pescador mostró una tendencia negativa (Figura 7-4).

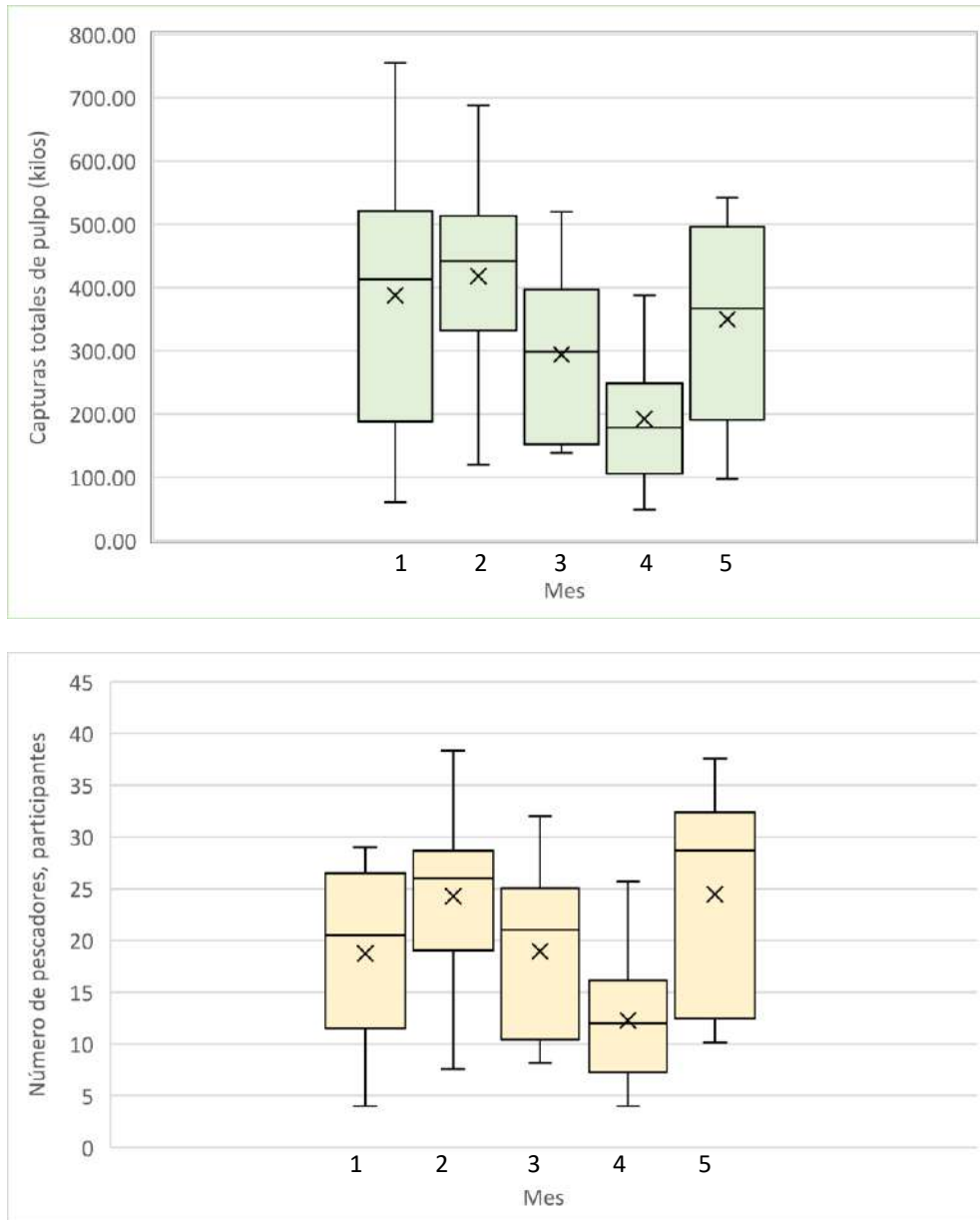


Figura 7-3. Capturas de pulpo y pescadores participantes, temporada 2021
Correlación significativa al nivel 0,01 (bilateral), p-value=0.000; $r=.887$ (correlación alta): IC por mes, error=5%; descriptivos (ver Anexo II); 1=agosto, 2=septiembre, 3=octubre, 4=noviembre, 5=diciembre.

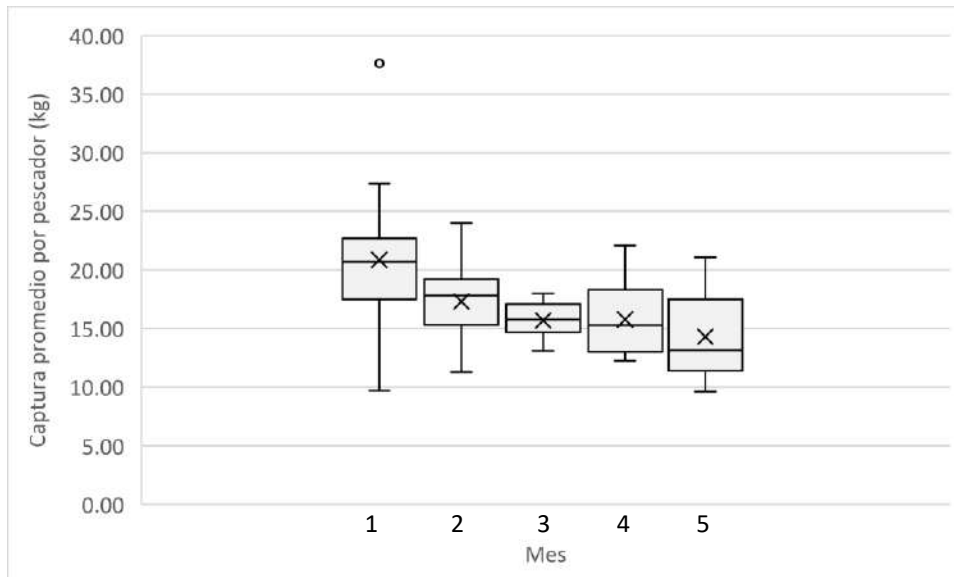


Figura 7-4. Captura promedio por pescador, 2021.

NC=95%; IC por mes (descriptivos ver Anexo II); 1=agosto, 2=septiembre, 3=octubre, 4=noviembre, 5=diciembre.

7.28.3 Captura promedio por pescador menor a 450 gramos

Respecto a las capturas promedio de pulpo maya, de organismos menores a 450 gramos de peso, se muestran en la Figura 7-5.

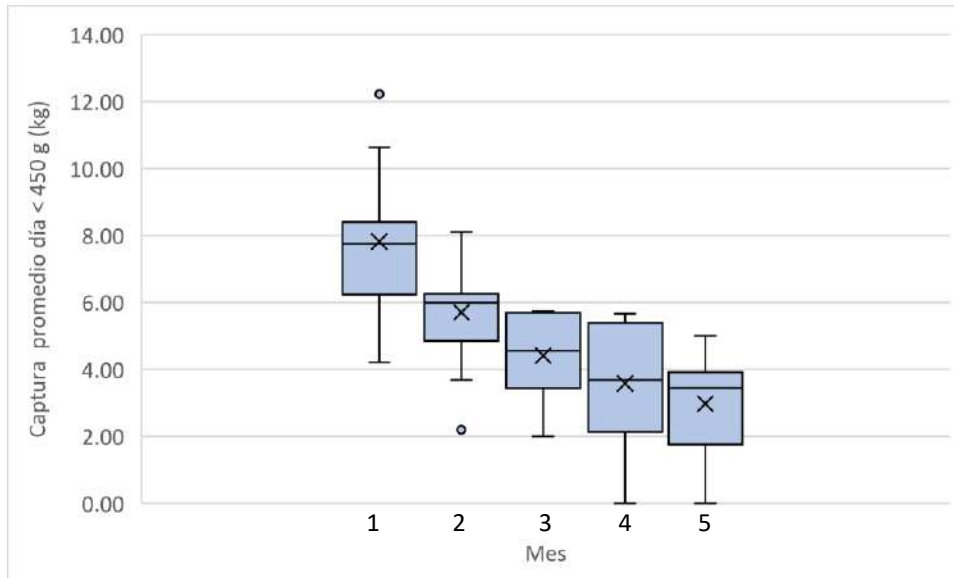


Figura 7-5. Captura promedio por pescador < 450 gramos

NC=95%; IC por mes (descriptivos ver Anexo III); 1=agosto, 2=septiembre, 3=octubre, 4=noviembre, 5=diciembre.

7.28.4 Captura menor a 450 gramos

La captura promedio < 450 gramos se pueden observar en la Figura 7-6. Dichas capturas, respecto al total capturado porcentualmente fueron disminuyendo, pasando del 36.5% en agosto al 15% en diciembre de la temporada 2021.

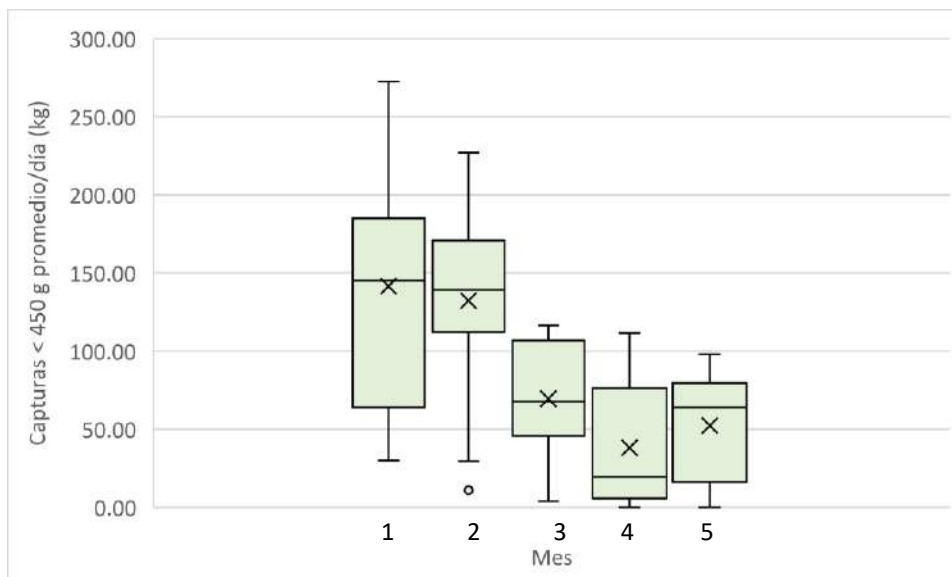


Figura 7-6. Captura de pulpo maya < 450 gramos

NC=95%; IC por mes (descriptivos ver Anexo III); 1=agosto, 2=septiembre, 3=octubre, 4=noviembre, 5=diciembre.

7.28.5 Análisis de medias de las capturas menores a 450 grs

El análisis de medias permitió identificar las diferencias durante el periodo de captura del pulpo maya en 2021. Se separaron por mes y por peso, mayor y menor a 450 gramos. Al analizar las capturas se observó que se registraba una disminución importante a partir de los meses entre octubre y noviembre, lo que se atribuyó en un principio al esfuerzo pesquero, dada su alta correlación ($r=.89$). Sin embargo, durante el mes de diciembre se incrementó de nuevo el esfuerzo pesquero y por consiguiente las capturas totales. Pero las capturas promedio por pescador ya no aumentaron significativamente. Además, proporcionalmente las capturas de pulpo menor a 450 gramos disminuyeron de manera importante a partir de octubre y continuaron con una tendencia negativa hasta el fin de la temporada de captura.

Durante el trabajo de campo (2021) se verificó que, si bien disminuyó el número de pescadores en la faena a partir de octubre, los pescadores que se mantuvieron activos observaron capturas de pulpo más grandes, aunque en menor cantidad.

Las capturas de organismos menores a 450 gramos de peso fueron mayores en agosto y septiembre, en comparación con las capturas de octubre, noviembre y diciembre (Anexo III). Al realizar el análisis de las capturas de pulpo menores a 450 gramos por mes, se cumplió el supuesto de heterogeneidad para la prueba Welch, dado el estadístico de Levene=2.72; F (4,74); p-valor=.036.

La prueba de igualdad de medias (Welch) permitió identificar diferencias significativas entre grupos: Welch=15.12; F (4,29.020); p-valor=.001. La prueba post-hoc de Games Howell mostró diferencias significativas de septiembre a octubre (Tabla 7-2), donde la potencia estadística ($1-\beta$ err prob) = 0.85 y; el efecto se identificó como muy fuerte ($d=1.43$; cuya valoración entre 0.80 a 1.29 = grande o fuerte y el valor ≥ 1.3 = muy fuerte), según Cohen (1988).

Tabla 7-2.
Diferencia de medias de capturas de pulpo menores a 450 gramos de septiembre respecto a octubre, noviembre y diciembre

(I) mes	(J)mes	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	p-valor	Límite inferior	Límite superior
septiembre	agosto	-9.27	17.70	.984	-59.80	41.26
	octubre	62.82*	15.68	.005	16.26	109.38
	noviembre	94.15*	14.69	.000	51.56	136.75
	diciembre	80.02*	16.18	.001	30.63	129.41

*diferencia de medias significativas; Intervalo de confianza al 95% para los Límites inferior y superior Welch=15.116; F (4,29.020); p-valor=.001; tamaño del efecto (relevancia) $d=1.428981$; cantidades en kg.

Se puede afirmar que hay una disminución muy fuerte de septiembre a octubre, noviembre y diciembre en las capturas medias de pulpo menores a 450 gramos, relacionado no solo con el esfuerzo pesquero, sino con otros factores ambientales.

7.29 Discusión

De acuerdo con Ostrom (2009) y McGinnis y Ostrom (2014) el propósito del sistema de gobernanza es regular las decisiones y comportamiento de los actores del sistema. Se pueden identificar reglas y normas derivadas de procesos regulatorios, impuestos y vigilados en teoría por las autoridades. Sin embargo, las (SG 6) *reglas en uso* pueden diferir mucho de las reglas formales. Al abordar el estudio de la pesquería del pulpo maya como sistema socioecológico se identificaron una serie de normas que regulan esta actividad, como la NOM-008-PESC/SAG-2015, en su versión actualizada de la NOM-008-PESC-1993. En la norma se determinan límites espaciales, temporales, peso, talla y métodos de captura (Tabla 7-3).

Tabla 7-3
Talla y peso mínimo de captura para el pulpo maya

	Objetivo	Normatividad aplicable a:	Observancia de la norma:
NOM-008-SAG/PESC-2015	Define los términos y condiciones de pesca para el aprovechamiento óptimo de las especies de pulpo en aguas de jurisdicción federal del Golfo	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Octopus maya</i> y <i>Octopus vulgaris</i>. - Talla mínima de captura (TMC): 110 milímetros de longitud de manto o 450 gramos de peso. - Establecimiento de cuotas por especie, región y temporada. - Límites permisibles del esfuerzo pesquero. 	Secretaría de Marina y Secretaría de Pesca

	de México y Mar Caribe		
--	---------------------------	--	--

Fuente: DOF, 2014; DOF, 2015; SADER, 2019.

Al analizar dichas normas se deben distinguir como normas jurídicas que se caracterizan por ser generales, abstractas y obligatorias, que emanan de una autoridad administrativa. Se espera tener un efecto en las decisiones que toman los usuarios o actores del sistema, sobre todo las relacionadas con aspectos técnicos especificados en la norma (Huerta, 1998). En el caso de la pesquería del pulpo maya la Talla Mínima de Captura (TMC) ya sea por la longitud del manto especificado en 110 milímetros o por el peso de 450 gramos, marca el límite a partir del cual se permite la captura, el objetivo es dar la oportunidad a los pulpos de llegar a su primera madurez sexual, aunque en el caso del *O. maya*, así como en otros organismos marinos de interés pesquero, llegar a la madurez sexual es un proceso único e irrepetible ya que se trata de organismos semélparos, es decir, se reproducen una sola vez y luego mueren. Dicha característica biológica de pulpo maya debería ser suficiente para tener un tratamiento normativo diferenciado. Se ha estimado, en el caso del pulpo maya, que dicha madurez sexual sucede aproximadamente cuando llegan a los 400 gramos de peso (Ávila et al., 2014), de ahí que el límite se estableciera en los 450 gramos.

Para el 2021 la sostenibilidad biológica del pulpo maya (*O. maya*), representaba una preocupación menor (Ramos-Miranda et al., 2021); mientras que Botello Ruvalcaba y colaboradores señalaban que “el pulpo rojo o maya se encontraba “aprovechado al máximo sustentable” a finales de la década de 2010 (Botello et al., 2010); de

acuerdo con la Carta Nacional Pesquera, su estatus se encontraba en estado de deterioro (DOF, 2022). Tomando en cuenta los atributos de los sistemas socioecológicos de acuerdo con Cumming et al., (2005) y Berkes et al. (2003), la imprevisibilidad de los ecosistemas es una característica que puede sugerir un cambio inesperado, sobre todo cuando se pasan los límites o puntos de no retorno. Las normas formales que determinan técnicamente los parámetros dentro de los cuales es sustentable la captura, parten del supuesto del cumplimiento de estas. No obstante, en el caso del pulpo maya no es garantía, ya que la pesquería se somete durante todo el año a prácticas no permitidas de captura.

El excedente de la cuota permisible de captura orientó la investigación a determinar cómo es utilizada la norma, ya que en la etapa exploratoria fue evidente que en la práctica el uso de la norma dista mucho de cómo debería ser usada. En el 2021, las capturas de pulpo maya en Progreso mostraron su máximo nivel de capturas entre agosto y septiembre, para luego ir disminuyendo paulatinamente (Figura 7-2). La variabilidad de las capturas fue muy alta (observar los intervalos de confianza). De acuerdo con los valores obtenidos al analizar las capturas y el número de pescadores participantes en la faena se demostró una alta correlación (Figura 7-3). La información obtenida fue consistente con los resultados obtenidos por Barajas et al., (2022) en el mismo año 2021, en donde se analizaron 1,082,631 kilos capturados de pulpo maya en la temporada y en donde septiembre fue el de máxima captura con 202,902 kilos. En este reporte, el volumen capturado también descendió, coincidiendo con el inicio del mal tiempo en la región, según sus propias observaciones.

En el trabajo de campo realizado durante el 2021, se identificaron de manera más específica causas multifactoriales que contribuyeron a la variabilidad de las capturas, ya se mencionó el esfuerzo pesquero como factor de gran influencia en la variabilidad de las capturas. Sin embargo, otros factores influyen de diferente manera en dicha variabilidad, en concordancia con diversos autores los fenómenos meteorológicos como los frentes fríos o “nortes”, que en la temporada se presentaron a partir del 28 de octubre también tienen efectos en la captura, además se identificaron procesos biológicos del pulpo maya como el apareamiento, puesta e incubación que se pueden presentar normalmente entre los meses de octubre, noviembre y diciembre, siempre y cuando la precipitación y la temperatura, entre otros, se encuentren dentro de sus parámetros normales. También se observó la influencia de algunos factores culturales sobre las actividades de captura, tales como festejos de tipo religioso que se acentuaron a partir de noviembre y se prolongaron hasta diciembre (Figura 7-7).

Hay dos interacciones clave de monitoreo que influyeron en la percepción de los pescadores y como consecuencia en la intensidad de las capturas y las decisiones asociadas: 1) con base en el monitoreo que realizan los propios pescadores al tamaño de la gónada o huevo del pulpo maya (desde finales de octubre, incrementándose en noviembre y diciembre de manera importante), los pescadores identificaron cuándo el pulpo maya se va a “guardar” o “encuevar” (fenómeno que sucede entre noviembre y diciembre generalmente), proceso relacionado con la puesta e incubación y; 2) los pescadores han generado la idea de que el pulpo maya al tener miles de crías, aún con pocos pulpos se garantiza abundancia para la

siguiente temporada, en consecuencia, reaccionan capturando sin límites, ésta percepción abre una oportunidad para la intervención de la sociedad y el gobierno en educación orientada a comprender por qué se dan estos procesos en la naturaleza, concretamente en el pulpo maya y en otras especies.

El número de pescadores fue disminuyendo de manera importante hasta finales de noviembre, para luego repuntar en el mes de diciembre (Tabla 7-1 y Figura 7-3), lo que influyó en el incremento de las capturas. Sin embargo, las capturas promedio por pescador ya no aumentaron de manera importante, manteniendo una tendencia negativa (Figura 7-4), el incentivo económico fue lo que impulsó a los pescadores a salir a faenar al final de la temporada, ya que, ante la escasez de pulpo y la demanda persistente de las congeladoras el precio aumentó hasta \$175 pesos por kilo a pie de playa hacia finales de la temporada (Observación en campo, 2021).

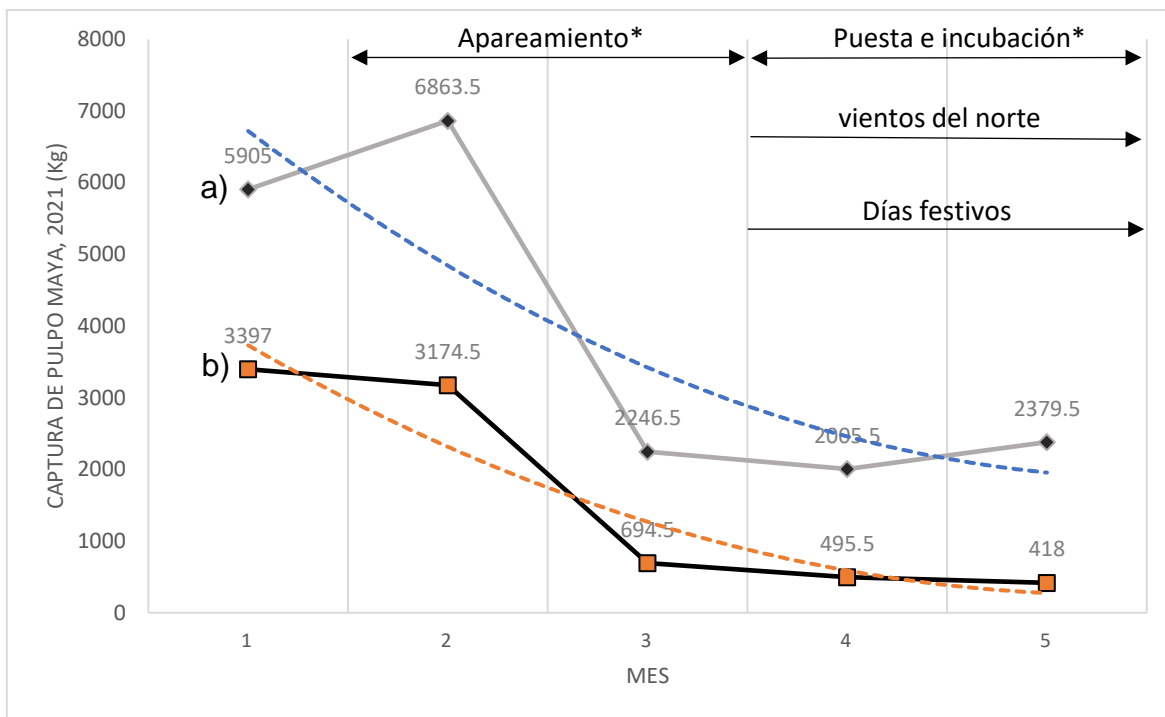


Figura 7-7. Capturas, apareamiento, puesta e incubación del *O. maya*, vientos del norte y días festivos durante periodo de captura 1 de agosto al 15 de diciembre, 2021.

(a) capturas mayores de 450 gramos; (b) capturas menores de 450 gramos

1=agosto, 2=septiembre, 3=octubre, 4=noviembre, 5=diciembre

* La temporalidad del apareamiento, puesta e incubación del *O. maya* es una aproximación ya que son variables de acuerdo con las condiciones físicas, según autores consultados.

Elaboración con base en: Rosas et al., 2014; Ávila et al., 2014; DOF, 2023 y Trabajo en campo (2021).

El peso mínimo de captura fue utilizado como un criterio de clasificación y valorativo en un sentido económico y cualitativo, es decir, por arriba de los 450 gramos de peso el pulpo se consideró de primera calidad, por consiguiente, el precio es mayor al precio del pulpo que pesa menos de 450 gramos que es considerado como de segunda calidad. Este criterio se observó igualmente en toda la cadena de valor en las cuatro localidades estudiadas, Chuburná, Chelem, Progreso y Chicxulub. El pulpo “grande”, mayor a 450 gramos de peso tuvo un precio a pie de playa de \$118.00 pesos durante los primeros tres meses y medio de la temporada de 2021.

Los diversos factores ambientales que se han identificado en este trabajo de investigación permiten explicar por qué los pescadores deciden capturar el mayor número de pulpos posible e incrementar el esfuerzo de pesca, aunque ya no estén disponibles tantos pulpos al final de la temporada como al inicio de esta. También se pudo observar por qué disminuyen las capturas. En este sentido, las normas que guían la conducta de los pescadores pueden categorizarse como normas *descriptivas* que se refieren al comportamiento “típico”, lo que la mayoría de la gente hace porque resultan eficaces, gratificantes y con reconocimiento social. Además, en una situación de incertidumbre imitar el comportamiento de los “otros” resulta adaptativo (Sevillano y Olivos, 2019). Por otro lado, las normas prescriptivas indican límites, reglas de comportamiento, lo que se aprueba y desapueba socialmente e implica una sanción en caso de no cumplirse. Normalmente y en ciertos contextos sociales ambas normas son congruentes (Ibid). Sin embargo, no siempre es así, en el trabajo realizado no se registró en ningún momento la intención de devolver al mar un pulpo menor a 450 gramos. Esta situación debe considerarse como una amenaza seria para la sostenibilidad de la pesquería en el mediano y largo plazo, al tiempo que debe alertar a las autoridades y administradores para transformar tal situación hacia normas de tipo prescriptivo, con el fin de que los propios beneficiados de la actividad económica y la sociedad participen en el señalamiento de prácticas que resulten perjudiciales para todos.

7.30 Conclusiones y recomendaciones

La norma pesquera NOM-008-SAG/PESC-2015 establece la talla y el peso mínimo de captura y pueden categorizarse como prescriptivas. No obstante, es utilizada para clasificar como criterio de calidad y asignar precio a las capturas de pulpo a lo largo de la cadena de valor. Este criterio normativo ha modificado el comportamiento de pescadores, comerciantes y “congeladoras” en un sentido práctico, “adaptativo”, en donde el límite de 450 gramos ha servido para clasificar el pulpo en chico y grande; y para asignar un precio diferenciado por su tamaño, criterio que inicia desde el acopio en la playa por los comerciantes y se mantiene hasta la entrega en las empacadoras que lo exportan.

La disminución de la captura de pulpo Maya menor a 450 grs a partir del mes de octubre puede estar determinado por factores como: la puesta e incubación, fenómenos meteorológicos y sincretismo religioso, además del esfuerzo pesquero y la muerte natural de los pulpos por depredación. Sin embargo, el no capturar pulpos por debajo de los 450 gramos de peso puede contribuir a la sustentabilidad de la pesquería. Por lo tanto, se recomienda difundir de manera amplia para concientizar acerca de las razones por las que no deben capturarse pulpos por debajo del límite establecido.

Capítulo 8 Discusión general

Se ha argumentado en capítulos anteriores que el sistema de gobernanza del pulpo maya tiende a ser estático o que cambia muy poco, caracterizado en lo general por una gobernanza de tipo jerárquico principalmente. Lo que es evidente, cuando los parámetros y criterios dentro de los cuales deberían de actuar los actores del sistema es determinado de forma técnica por los tomadores de decisiones (agentes del gobierno). Sin embargo, a escala informal las reglas han cambiado de manera importante, los diversos actores, entre ellos los pescadores, se reorganizan, cambian y toman decisiones frecuentemente como una respuesta a los cambios ambientales y de mercado que se van presentando, de acuerdo con sus intereses y necesidades.

La Gobernanza en la actualidad tiene el desafío de mejorar las respuestas orientadas al bien común, propone en su forma policéntrica la colaboración y aprendizaje de la sociedad junto con el gobierno para resolver sus problemas (Ostrom, 2001; Folke et al., 2005). En este sentido se plantea que la gobernanza fortalece procesos participativos de la sociedad y el gobierno, mientras se logren acuerdos con base en resultados y aprendizaje, los SSE se verán fortalecidos, resiliente y sustentables. En cambio, si la gobernanza se ejerce de manera unilateral, probablemente los SSE se verán debilitados. De acuerdo con Ostrom, cuando los participantes no perciben las reglas como legítimas, efectivas y justas, la capacidad de inventar estrategias es importante (Ostrom, 2001), algunas de estas, conduce a prácticas de pesca no permitidas por las autoridades y/o fuera de norma. De acuerdo con Ostrom (2005), el incumplimiento sistemático de normas

desalienta la formación de estas, así se convierten en atractivas la violación de reglas, dado el bajo riesgo a ser descubiertos, bajo costo, nula sanción o impunidad ante determinadas infracciones; al final los que querían cooperar se sienten impotentes y siguen la estrategia dominante o de los “otros”. Por el contrario, el cumplimiento de normas y reglas se incrementa cuando los individuos creen que los “otros” también cumplen con los acuerdos. Por otro lado, para Sevillano y Olivos (2019), hacer lo que los otros hacen resulta de alguna forma adaptativo y con ello buscan la aceptación social. Para Kahneman y Tversky (2012) los individuos pueden responder de manera diferenciada frente al riesgo e incertidumbre, definen dos vías de pensamiento: el Sistema 1 (S1), rápido, intuitivo y emocional y; el Sistema 2 (S2), lento, esforzado y racional. El S1 opera sin ningún esquema de pensamiento, es lo primero que se viene a la mente, muchas veces es de tipo reactivo. El S2 es racional, tiene asociada una actividad mental completa, compleja y analítica, una de sus funciones es observar y controlar las acciones planteadas por el S1 (Barón y Zapata, 2018). Este es un enfoque sobre heurísticos y sesgos cognitivos en contra del modelo clásico con base en el comportamiento racional clásico. Ellos plantean cómo los individuos toman decisiones en situaciones en las que los beneficios y pérdidas son inciertos, proponiendo su propia versión de racionalidad limitada (Chahín, 2016).

Hasta ahorita tenemos que algunas decisiones se toman por el simple hecho de hacer lo que los otros hacen (Ostrom, 2000, 2001,2005); para otros suele ser adaptativo y con el propósito de ser aceptados socialmente (Sevillano y Olivos, 2019) y; el uso de un S1 o S2 en condiciones de incertidumbre suelen ser usados

para tomar decisiones de acuerdo con Kahneman (2012). Un factor que puede contribuir a que los usuarios de un recurso sientan las reglas y normas como propias y por ende como legítimas es la incorporación de sus experiencias y conocimientos en el diseño e implementación de las reglas de uso (Ostrom, 2000).

El diseño o creación de reglas ha generado un acalorado debate acerca del papel de las instituciones formales e informales y su implementación (Ostrom et al., 1997). De acuerdo con Erikson y Cousins, existen tres tipos de reglas las cuales funcionan en distintos niveles jerárquicos y que pueden afectar el comportamiento de las personas como individuos o grupos sociales: reglas operativas, reglas para la toma de decisiones grupales o colectivas y reglas constitucionales. Algunos investigadores distinguen entre instituciones formales e informales colocando del lado formal las regulaciones que son impuestas por una autoridad externa y; del lado informal, todas las reglas comunitarias que son auto aplicadas o de origen endógeno (Eriksson, 2004; Cousins, 1997). Otros autores como Helmke y Levitsky (2004) argumentan que las reglas compartidas socialmente, creadas, comunicadas y aplicadas fuera de los canales oficiales, tienden a no estar codificadas o escritas, aunque algunas veces puedan estar validadas y reconocidas por el Estado, como los usos y costumbres de acuerdo con Fitzpatrick (2005). En este sentido, las instituciones informales parecen configurar una arquitectura institucional más amplia que se resiste a las reglas formales capaces de producir estructuras autoorganizadas dentro o fuera de los marcos oficiales (Cousins, 1997; Cousins y Hornby, 2000; Pacheco et al., 2009). Dicho lo anterior no es fácil diferenciar lo formal de lo informal en las reglas de uso por parte de los pescadores y otros actores en la

cadena de valor del pulpo maya en Yucatán. Sin embargo, en este trabajo es necesario hacer la diferencia entre dichas reglas ya que constituyen un desafío en la práctica.

Con mucha frecuencia se asume que el comportamiento humano, como en el caso de los pescadores, predominan las decisiones individualistas que buscan el máximo beneficio con el mínimo esfuerzo. Pero no siempre es así, el constructo *homo economicus* sin duda explica y ajusta bien a muchas de las conductas del ser humano, pero no a todas ellas, ni de igual manera, ni en los mismos contextos y circunstancias. En el caso de las pesquerías las decisiones humanas o la falta de ellas pueden conducirlos al colapso, un caso icónico fue el de la pesquería del bacalao de Terranova (Capítulo 5), que cambió ante la presión pesquera y mala gestión, conduciéndola en 1992 al colapso (Chantraine, 1993; Walters, 2007). Otro ejemplo, la pesquería del pepino de mar en Yucatán, cuya próspera población en el lapso de una década ha sido prácticamente eliminada (Bondaroff et al., 2022), al respecto Meredith Gore, profesora asociada del Departamento de Ciencias Geográficas de la Universidad de Maryland dijo...

“...el tráfico de pepinos de mar no solo daña las poblaciones marinas, sino que afecta los medios de vida de los pescadores locales y debilita el estado de derecho”. Sugiere después, “...las estrategias de prevención del delito basadas en la comunidad son muy prometedoras para reducir el daño tanto de las personas como a las poblaciones marinas”.

En el caso del pulpo maya al norte de Yucatán, algunas de las decisiones de los pescadores se orientan en un sentido económico. Por ejemplo, ante la variable

“*competencia de pescadores*”, la respuesta en un 75.6% de los entrevistados fue incrementar el esfuerzo pesquero, ver Capítulo 5. En el caso de la variable “*permisos de captura*”, la respuesta fue más lenta, esforzada y racional, incluso implicó la participación grupal de pescadores, fue construida poco a poco, influyó en la organización de los pescadores de una forma *no-lineal*, para ver detalles de cómo se organizaron ver el Capítulo 6. Esta variable “*permisos de captura*” es muy interesante para analizar pues los pescadores entrevistados percibieron que el tener permiso es poco relevante en su actividad, incluso se autodenominan “*pescadores libres*”, refiriéndose a que pueden realizar su actividad sin restricciones. No obstante, se observó que este tipo de pescadores principalmente, se organizan en torno a los comerciantes, intermediarios, cooperativas y congeladoras, que a cambio de que les vendan sus capturas, ofrecen protección, amparándolos con los permisos que supuestamente están en posesión de ellos (observación en campo, 2021). Tres factores subyacen a los acuerdos establecidos entre los pescadores y otros actores del sistema: el pago por sus capturas en efectivo; y tener disponible hielo y carnada a pie de playa. Se destaca respecto a la carnada que ante la escasez de especies locales y ante el incremento importante de las capturas, la carnada se ha concentrado en un crustáceo de origen terrestre llamado “*okol*”, proveniente de los pantanos de Tabasco principalmente. Por lo que, los pescadores provenientes de esos lugares han contribuido de manera importante en la adaptación temporal de los pescadores locales, subsanando la escasez de otras especies anteriormente usadas como carnada. Sin embargo, aunque esta situación ha permitido sostener momentáneamente la actividad económica de la pesquería, no existe garantía de

que siga siendo así en el futuro, lo que podría conducir a desequilibrios en ecosistemas aparentemente ajenos al SSE del pulpo Maya.

Respecto a la variable “*veda natural*”, los pescadores de pulpo, conforme avanza la temporada, van monitoreando una especie de bola o bolsa en donde el pulpo hembra transporta sus huevos. Este va creciendo y es muy notable a finales de octubre y durante noviembre, significa para el pescador, que el pulpo pronto se va a vedar, se va a guardar o esconder, implica que el pulpo se refugiará en las cuevas del fondo marino para depositar sus huevos y cuidarlos hasta que muera. Este es un indicador para el pescador de cuándo debe dejar de capturar pulpo (Santamaría et al., 2023). Sin embargo, como el periodo de captura termina hasta el 15 de diciembre, algunos pescadores continúan con las faenas, incluso incrementan el esfuerzo pesquero. En cambio, para otros pescadores la temporada ha terminado ya que valora que no es conveniente salir a pescar, tiene mayor peso el riesgo que las posibles ganancias que pudieran obtener. Para los que han decidido continuar, hay incentivos suficientes que les impulsa, incluso a incrementar el esfuerzo pesquero. Por ejemplo, el aumento de precio registrado a pie de playa, durante el mes de diciembre de \$118 a \$175 pesos el kilo de pulpo grande, propició un incremento de pescadores participante durante diciembre (observación en campo, 2021).

Dada la complejidad del SSE del pulpo maya, las decisiones de los pescadores respecto a la captura pueden cambiar por diversos factores ambientales y/o económicos. Sin embargo, todas ellas parecen darse de manera inmediata,

reactiva, sus respuestas parecen no ir más allá de solucionar o cubrir necesidades de corto plazo (observación en campo, 2021).

En el Capítulo 7 se valoraron las capturas de pulpo menores a 450 gramos de peso por organismo, ya que es la establecida por norma como peso mínimo. Se cuantificó que casi el 30% de las capturas registradas en nuestro estudio correspondió a organismos por debajo de este peso, consideramos que representa un volumen importante. En este caso, si un pescador *captura* y/o un empresario (intermediario, cooperativa o congeladora) *compra* pulpo Maya menor a 450 gramos de peso, sus decisiones como resultado de un acuerdo implícito, solucionaron problemas y necesidades de ambas partes de manera inmediata. Sin embargo, dichas respuestas no siempre son óptimas, sobre todo si se toman en cuenta el contexto de cambio ambiental acelerado en la que factores como: aumento de temperaturas, contaminación de aguas marinas, acidificación, sobreexplotación, incremento de la demanda del producto pulpo, entre otros factores, empujan al sistema a umbrales desconocidos que solo generan más riesgos e incertidumbre del sistema.

Se puede concluir que, dadas las capacidades de los actores del sistema para enfrentar los cambios ambientales inmediatos, lo que denominamos como de corto plazo, la sustentabilidad del sistema es incierta. En este contexto, el haber conocido algunas interacciones de los pescadores artesanales con el pulpo Maya en un contexto de variabilidad ambiental y gobernanza son cruciales para proponer un rediseño, implementación y evaluación de la política pesquera, sus reglas y normas para que contribuyan a la sustentabilidad del sistema socioecológico del pulpo maya a largo plazo. Sostenemos que algunas respuestas de corto plazo no contribuyen a

la sustentabilidad, ni a la construcción de resiliencia (Smith & Wandel, 2006; Folke, 2006), solo atienden un problema inmediato sin considerar las posibles consecuencias. En este estudio se propone un modelo que explica las interacciones del del sistema y los factores que la modulan, considerando las decisiones o respuestas adaptativas que buscan solucionar problemas de corto plazo, pero que no necesariamente contribuyen a la sustentabilidad de largo plazo (Figura 8-1).

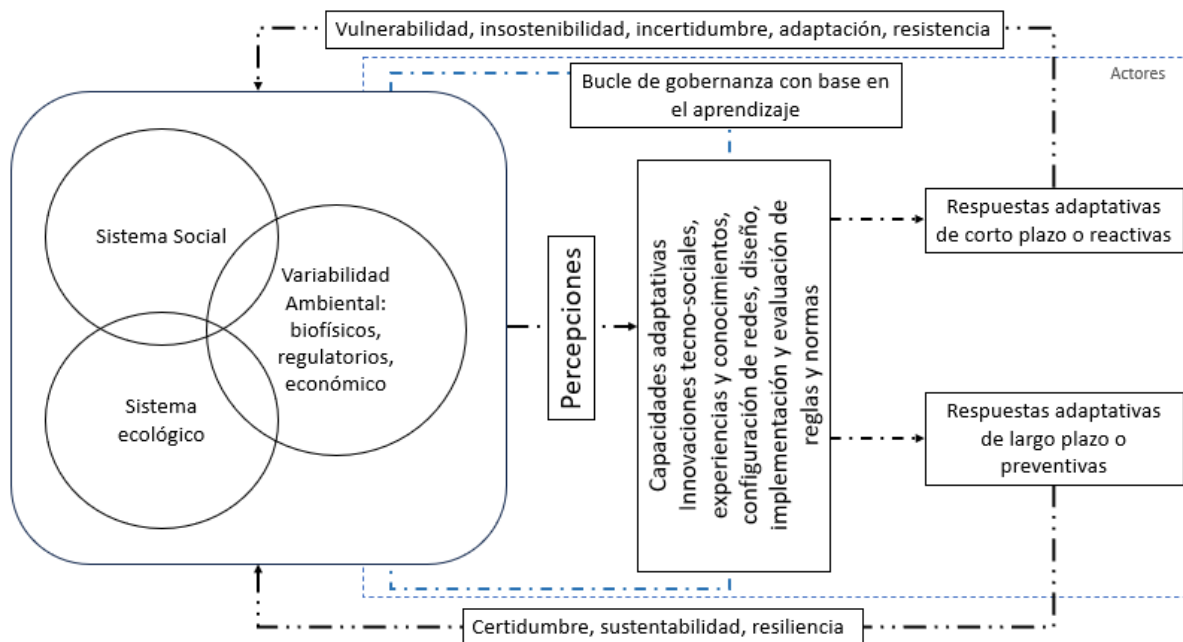


Figura 8-1. Proceso de respuestas adaptativas que pueden conducir a la sustentabilidad o insostenibilidad de un sistema socioecológico

Elaboración propia con base en trabajo de campo y los tres objetivos e hipótesis de trabajo (2021).

De acuerdo con los resultados obtenidos, las percepciones de los pescadores se ven influenciados por cuatro factores básicamente en sus decisiones de captura del pulpo maya: la variabilidad climática, la puesta e incubación del octópodo, factores sociales de tipo religioso (que influye en el pescador a no pescar) y el mercado

(principalmente el de exportación). Estos factores modulan el comportamiento de los pescadores respecto a las capturas, generalmente tienden a impulsarlas o incrementarlas. Sin embargo, la “veda natural”, aunque en un principio induce el incremento del esfuerzo pesquero, en otro momento la inhibe. Este fenómeno se da cuando han observado que la abundancia del pulpo disminuye de manera importante, lo que de acuerdo con sus observaciones significa que el pulpo Maya se “veda sólo”. Esta observación coincide con lo que algunos autores han identificado como la puesta e incubación del pulpo Maya (Figura 8-2). Aunque en otros casos, los pescadores continúan con la captura, incluso incrementan el esfuerzo, motivados principalmente por la demanda, el precio y porque todavía está vigente el periodo de captura. En este caso, el comportamiento de los pescadores puede tener dos vertientes: a) los que deciden dar por terminada la temporada al observar que el pulpo se esconde o encueva y; b) los que se ajustan al periodo de captura oficial y al mercado.

Para el estudio de las interacciones se utilizó el MASS, este sirvió de guía para comprender y analizar las relaciones y complejidad del sistema. Sin embargo, se incorporaron variables poco tomadas en cuenta en la propuesta de Ostrom (2009) y McGinnis y Ostrom (2014), como la variabilidad climática y factores biológicos de la especie objetivo. En el trabajo de campo se observó que este tipo de variables son fundamentales y de gran peso para entender el sistema, en este sentido se propone el siguiente marco de análisis de los SSE (Figura 8-3).

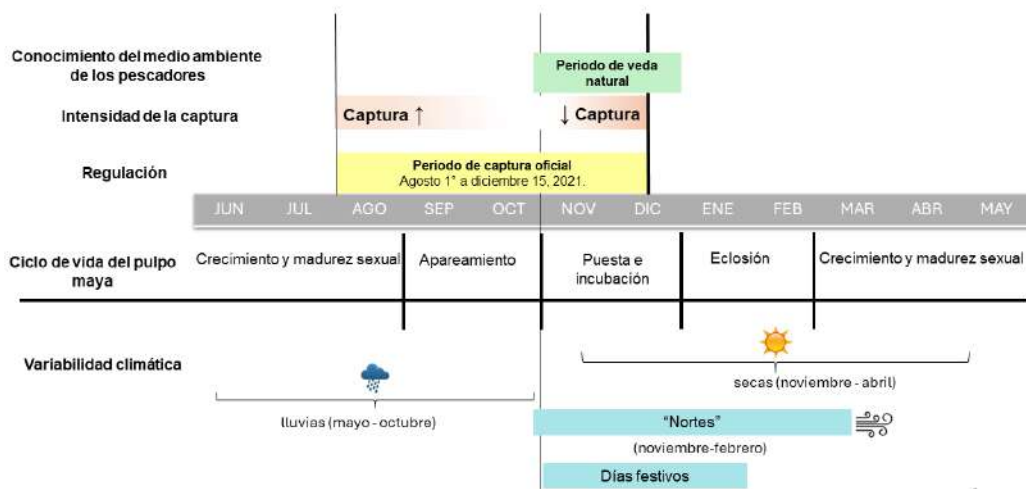


Figura 8-2. Periodo de mayor y menor abundancia de pulpo maya y esfuerzo pesquero en sincronía con factores ambientales (biofísicos)

Elaboración propia con base en trabajo de campo (2021); Ávila et al., 2014; DOF, 2023; Santamaría et al., 2023

Nota: Unidad de esfuerzo pesquero=pescador

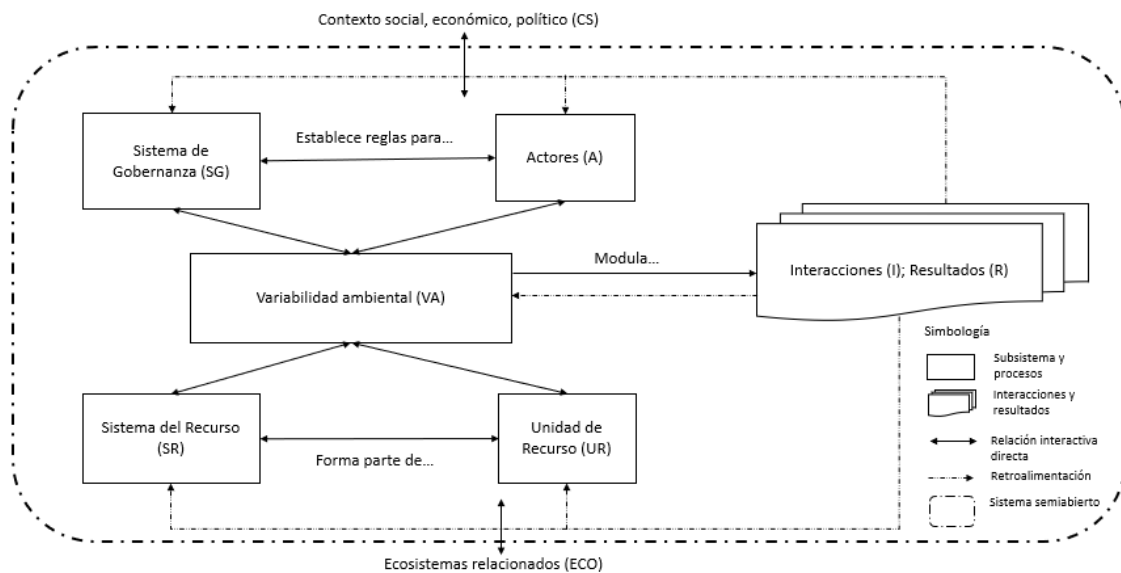


Figura 8-3. Marco de análisis de sistemas socioecológicos desde un enfoque institucional-ambiental

Modificado con base en este estudio, a partir del marco de análisis propuesto por Ostrom, 2009; McGinnis y Ostrom (2014).

Bibliografía

- Agrawal, A. (2001) "Common Property Institutions and Sustainable Governance of Resources". *World Development*, 29(10): 1649-1672
- Aguilar Villanueva, Luis F., (2008). *Gobernanza y gestión pública*, México, Fondo de Cultura Económica, 2008, p. 38
- Aldridge, A. E., and Levine, K. J. (2001). *Surveying the Social World: Principles and Practice in Survey Research*.
- Alvim, Ronaldo & Castellanos, Hernan & López, Carelia. (2022). *Lineamientos de la Ecología Humana*. ISBN: 978-980-7687-19-5. Pp.1-121
- Anderies, John M. and Marco A. Janssen (2013). *Sustaining the Commons*. Center for the Study of Institutional Diversity, Arizona State University. *International Journal of the Commons*. 8. 259. 10.18352/ijc.492.
- Ángeles-González L.E., Calva R., Santos-Valencia J., Ávila-Poveda O.H., Olivares A., Diaz F., Rosas C. (2017). Temperature modulates spatio-temporal variability of the functional reproductive maturation of *Octopus maya* (Cephalopoda) on the shelf of the Yucatan Peninsula, Mexico, *Journal of Molluscan Studies*, Volume 83, Issue 3, August 2017, Pages 280–288, <https://doi.org/10.1093/mollus/eyx013>
- AGRICULTURA (2018). Baja California Sur 1er lugar en captura de pulpo del litoral del océano Pacífico y 3er a nivel nacional. [cited 2023 Aug 28] Available from: <https://www.gob.mx/agricultura/bajacaliforniasur/articulos/baja-california-sur-1er-lugar-en-captura-de-pulpo-del-litoral-del-oceano-pacifico-y-3er-a-nivel-nacional?idiom=es>
- Altomonte, H. y R. Sánchez (2016), *Hacia una nueva gobernanza de los recursos naturales en América Latina y el Caribe*, Libros de la CEPAL, N° 139 (LC/G.2679-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), mayo.
- Ávila POH, Benítez VF, Montes PRC, Kouetea N, Santos VJ, Rosas VC. (2014). REPRODUCTIVE CYCLE OF *Octopus maya* (CEPHALOPODA: OCTOPODA) FROM YUCATÁN AND ITS USE IN THE IMPLEMENTATION OF A CLOSED FISHING. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Avila-PovedaetalYUCATAN2014%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Avila-PovedaetalYUCATAN2014%20(1).pdf)
- Bagozzi, R. (1994). *Structural equation models in marketing research: Basic principles*. Bagozzi (Ed), *Principles of marketing research* (pp. 317-385).
- Barajas P., Rocha L., López I. (2022). *Reporte Ejecutivo Monitoreo pesquero piloto implementando PescaData en el FIP de Pulpo, Yucatán Temporada 2021*. Yucatán; 2022. Obtenido de: https://fisheryprogress.org/sites/default/files/documents_actions/COBI_Reporte%20ejecutivo%20del%20monitoreo%20piloto%20FIP%20Pulpo%20T2021%20%282%29.pdf
- Basurto, X., A. Bennett, A. Hudson W., Rodríguez-Van Dyck S., and Aceves-Bueno J. (2013). *Cooperative and non-cooperative strategies for small-scale fisheries' self-governance in the globalization era: implications for*

- conservation. *Ecology and Society* 18(4): 38. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05673-180438>
- Balvanera P., Astier M., Gurri F., Zermeño-Hernández I. (2017). Resiliencia, vulnerabilidad y sustentabilidad de sistemas socioecológicos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Volume 88, Supplement 1, 2017, Pp. 141-149, ISSN 1870-3453, <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.005>.
- Ballesteros M. (2018). Tesis: Gobernanza policentrica en sistemas socio-ecológicos complejos: la gestión de la pesquería del pulpo común (*Octopus vulgaris*) en Galicia. Universidad de Vigo, España. Pp. 1-460.
- Bailey, Geoff y John Parkington (1988). *The archaeology of prehistory coastlines*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Barón, Lorena; J. Zapata Rotundo, Gerardo (2018). Los sesgos cognitivos: de la psicología cognitiva a la perspectiva cognitiva de la organización y su relación con los procesos de toma de decisiones gerenciales. *Ciencia y Sociedad*, vol. 43, núm. 1. Instituto Tecnológico de Santo Domingo, República Dominicana. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87055001003>. DOI:<https://doi.org/10.22206/cys.2018.v43i1.pp31-48>
- Brander, Keith. (2010). Impacts of Climate Change on Fisheries. *Journal of Marine Systems - J MARINE SYST.* 79. 389-402. [10.1016/j.jmarsys.2008.12.015](https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2008.12.015).
- Becker, E. (2012) "Social-Ecological Systems as Epistemic Objects". En Glaser, M., Krause, G., Ratter, B. y Welp, M. [ed.] *Human-Nature Interactions in the Anthropocene: Potentials of Social-Ecological Systems Analysis*. London: Routledge : 37-59
- Belhabib D., Krista Greer y Daniel Pauly. (2017). "Trends in Industrial and Artisanal Catch Per Effort in West African Fisheries", *Conservation Letters* 11.1 (marzo de 2017): 1-10; Pauly y Zeller, "Catch Reconstructions reveal..."; FAO, El estado de la pesca.
- Berkes, F. y C. Folke (Eds.). (1998). *Vinculación de sistemas sociales y ecológicos*. Cambridge: Cambridge Prensa Universitaria.
- Berkes, F., Mahon, R., McConney, P., Pollnac, R. y Pomeroy, R. (2001). *Managing small scale fisheries. Alternative directions and methods*. International Development Research Centre, Ottawa, 309 pp.
- Berkes, F., Colding, J., Folke, C., (2003). "Introduction". En Berkes, F., Colding, J., Folke, C. (Eds.). *Navigating Social-Ecological Systems: building resilience for complexity and change*, Cambridge University Press, New York. Pp. 1-30.
- Berkes F. (2010). Shifting perspectives on resource management: Resilience and the Reconceptualization of "Natural Resources" and "Management." *MAST*. 2010 Jun 17;9(1): 11–40.
- Bianchi, Gabriella & Skjoldal, Hein Rune. (2008). *The ecosystem approach to fisheries*.
- Bisquerra R. (1987). La prueba de Levene para la homogeneidad de varianzas en el BMDP. *Revista de Investigación Educativa*. Vol 5. Número 9. P, 79-85.
- Blancas, Raul & Rocha, Jorge & Castilla-Ventura, M. (2012). Análisis de la pesquería del pulpo rojo (*Octopus maya*) frente a la costa de Sisal, Yucatán. Obtenido de: [https://www.researchgate.net/publication/264310502 Analisis de la pesquería del pulpo rojo Octopus maya frente a la costa de Sisal Yucatan](https://www.researchgate.net/publication/264310502_Analisis_de_la_pesqueria_del_pulpo_rojo_Octopus_maya_frente_a_la_costa_de_Sisal_Yucatan)

- Bodin, Ö. y Tengö, M. (2012) "Disentangling Intangible Social–ecological Systems". *Global Environmental Change* 22 (2) (May): 430–439
- Bollen, K. (1989). *Structural Equation with latent variables*. Estados Unidos, North Carolina: John Wiley & Sons.
- Boshell, F., León, G. y Peña, A. (2011). Methodologies to generate and use meteorological information at the subnational and local levels in the face of climate change. Manual Series / Manual No. 4. AACCC Program – "Adaptation of agriculture and agricultural water use to climate change in the Andes". Andean Countries 2010-2013. Peru.
- Botello R. M., Villaseñor T.R. y Mezo V.S. (2010). Ordenamiento pesquero ribereño marino. Informe de ejecución 2010. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA), SAGARPA. México, 252 p.
- Berkes, F. y Folke, C. (1998). "Linking social and ecological systems for resilience and sustainability". En Berkes, F. y Folke, C. (Eds.). *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp. 1-26.
- Berkes, F., Colding, J. y Folke, C. (2003) *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change*, Cambridge: Cambridge University Press
- Berkes, F. (2010). Perspectivas cambiantes sobre la gestión de recursos. Resiliencia y reconceptualización de los 'recursos naturales' y la 'gestión'. *MÁSTIL*, 9 (1): 13-40
- Binder, C.R., Hinkel, J. Bots, P.W.G. y Pahl-Wostl, C. (2013) "Comparison of Frameworks for Analyzing Social-ecological Systems". *Ecology and Society*, 18(4): 1-39
- BLANCAS-GARCÍA J.R., LÓPEZ-ROCHA J.A., CASTILLA-VENTURA M.A. (2011). Análisis de la pesquería del pulpo rojo (*Octopus maya*) frente a la costa de Sisal, Yucatán. Puerto Morelos, México: Proceedings of the 64th Gulf and Caribbean Fisheries Institute; 2011. p. 2–8. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/264310502>
- Campbell, L.M., Gray, N., Hazen, E. y Shackeroff, J.M. (2009) "Beyond Baselines: Rethinking Priorities for Ocean Conservation". *Ecology and Society*, 14(1):14–26.
- Carranza Fraser J. (2017). Acústica pesquera, batimetría, oceanografía y aspectos biológicos del polígono de estudio intensivo en el Banco de Campeche. Informe inicial. SAGARPA. Pp 1-111. Obtenido de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/350755/Sonda_de_Campeche_reporte_inicial.pdf
- Carrero, V., Soriano, R. M., & Trinidad, A. (2012). Teoría Fundamentada Grounded Theory. El desarrollo de la teoría desde la generalización conceptual. Cuadernos metodológicos 37. Madrid: CIS.
- Carta Nacional Pesquera (2022). ACUERDO mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. CDMX; Jul 26, 2022, p. 1–111. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/763278/CNP_2022.pdf
- Carmine, E. y Zeller, R. (1979). Reliability and validity assessment. N. 07-017, Sage University Paper Series on Quantitative Applications the Social Sciences. Beverly, Estados Unidos: Sage.

- Carvalho, N., Edwards-Jones, G., Isidro, E., (2011). Defining scale in fisheries: Small versus large-scale fishing operations in the Azores. *Fish. Res.* 109, 360–369. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.03.006>
- CCPY. (2022). Fluctuation and climatic variability. <http://www.ccpy.gob.mx/cambio-climatico/fluctuacion-variabilidad-climatica.php> [Retrieved July 28, 2018].
- Chahin, T. (2016). El impacto de los trabajos de Daniel Kahneman en la administración. *Ciencias Administrativas*, 4(7), 49-56.
- Charles, A. (2001). *Sistemas pesqueros sostenibles*. Oxford: Libros de noticias de ciencia pesquera. *Blackwell*
- Charles, A. (2001). *Sistemas pesqueros sostenibles*. Oxford: Libros de noticias de ciencia pesquera. *Blackwell*
- Chantraine, P. (1993). *the last cod*. Montreal: Robert Davies.
- Charles, A. (2007). Adaptive co-management for resilient resource systems. In: D. Armitage, F. Berkes y N. Doubleday, (Eds.) *Adaptive Cogestión* British Vancouver: Columbia Press: 83-102.
- Chin, W. (1998). The partial least square approach to structural equation modeling. En G. Marcoulides (Ed.), *Modern Methods for Business Research* (pp. 295-369). Mahawah, Estados Unidos: Lawrence Erlbaum.
- Chin, W. (2010). How to write up and report PLS analyses. En E Vinzi, W. Chin, J. Henseler y H. Wang (Eds.), *Handbook of partial least squares: Concepts, methods, and applications* (pp. 655-690). Berlín, Alemania: Springer-Verlag.
- Chontasi Morales, F. D., Noguera Benalcázar, J. D., Ortega Vásconez, D. P., Chicaiza Guaman, M. T., Naula Morillo, L. A., & Duarte Victorero, D. C. (2021). Resiliencia socio-ecológica: una perspectiva teórico-metodológica para el turismo comunitario. *Siembra*, 8(2), e2967. [fecha de Consulta 8 de noviembre de 2023]. ISSN: 1390-8928. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=653868341005>
- CONAPESCA (2011). Tabla de producción pesquera, México. Obtenido en agosto 27, 2023 de: https://datos.gob.mx/busca/dataset/produccion-pesquera/resource/45eade2c-6411-456c-894f-36ca4970f14b?inner_span=True
- CONAPESCA (2018). México se mantiene como el tercer productor de pulpo a nivel mundial. Obtenido en noviembre 8, 2023 de: <https://www.gob.mx/conapesca/articulos/mexico-se-mantiene-como-el-tercer-productor-de-pulpo-a-nivel-mundial?idiom=es#:~:text=El%20pulpo%20mexicano%20report%C3%B3%20en,mundial%20de%20esta%20importante%20especie>.
- CONAPESCA (2021). Tabla de la producción pesquera por oficina de pesca. [cited 2023 Aug 27]. *Produccion_Pesquera_2021*. Available from: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/produccion-pesquera/resource/4ea68975-ecda-4b1e-835f-588c91d840a3>
- CONAGUA. (2022). Monthly precipitation and temperature summaries. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>. [Retrieved August 12, 2022].
- Contreras D., Vázquez E., Romero Y., Pardo J., Guevara M., y Rivera R. (2019). Strategic Plan: Mayan octopus technology platform for the development of

- high value-added products.
 CIATEJ. https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5f593a994e3c3.pdf. P. 68-99. ISBN: 978-607-8734-00-9.
- Cohen, J. (1998). *Statistically power analysis for the behavioral sciences*. USA, New York: Laurence Erlbaum Associates.
- Cumming, G.S., Barnes, G., Perz, S., Schmink, M., Sieving, K., Southworth, J., Binford, M., Holt, R.D., Stickler, C., Van Holt, T., (2005). "An exploratory framework for the empirical measurement of resilience". *Ecosystems* 8: 975-987.
- Cortada, N. (2008). Los sesgos cognitivos en la toma de decisiones. *International journal of psycho- logical research*, 1(1), 68 -73.
- Costanza, R., Waigner, L., Folke, C., Mäler, K.G. (1993). "Modelling complex ecological economic systems: towards an evolutionary dynamic understanding of people and nature". *BioScience* 43: pp. 545-555.
- Cox, M. (2011) "Advancing the Diagnostic Analysis of Environmental Problems 1. Introduction: Complexity and Panaceas". *International Journal of the Commons* 5 (2): 346–363.
- Creswell JW. (1994). *QUALITATIVE INQUIRY AND RESEARCH DESIGN: CHOSING AMONG FIVE TRADITIONS*. [cited 2023 Aug 28]. 1–253 p. Available from: <https://academia.utp.edu.co/seminario-investigacion-II/files/2017/08/INVESTIGACION-CUALITATIVACreswell.pdf>
- Creswell, J W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Research design Qualitative quantitative and mixed methods approaches. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Crouch, Mira & McKenzie, Heather. (2006). The logic of small samples in interview-based. *Social Science Information Sur Les Sciences Sociales - SOC SCI INFORM.* 45. 483-499. 10.1177/0539018406069584.
- Cumming, G.S., Barnes, G., Perz, S., Schmink, M., Sieving, K., Southworth, J., Binford, M., Holt, R.D., Stickler, C., Van Holt, T., (2005). "An exploratory framework for the empirical measurement of resilience". *Ecosystems* 8: pp. 975-987.
- Crutzen, P. J. (2002). "Geology of Mankind". *Nature* 415: 23.
- Delgado-Serrano, M. del M., & Ramos, P. A. (2015). Making Ostrom´s framework applicable to characterize social ecological systems at the local level. *International Journal of the Commons*, 9(2), 808–830. <https://doi.org/10.18352/ijc.567>
- Delin, J. (2000) *The language of everyday life*. Londres: Sage publications.
- Diamantopoulos, A. y Winklhofer, H. (2001). Index construction with formative indicators: An alternative to scale development. *Journal of marketing research*, 38(2), 269-277.
- Díaz Aguilar Consuelo (2017). Tesis maestría: Efectos de eventos estacionales e interanuales en la biomasa y producción fitoplanctónicas frente a la península de Yucatán. CICESE. Baja California, México.
- Dietz, T., Ostrom, E. & Stern, P. (2013). The struggle to govern the commons. *Science*, No 302, p. 1902–1912.
- DOF (1993). NORMA Oficial Mexicana 008-PESC-1993, para ordenar el aprovechamiento de las especies de pulpo en las aguas de jurisdicción

- federal del Golfo de México y mar Caribe., NOM-008-PESC-1993 México: Diario Oficial; Dec 21, 1993 p. 1–2. Available from: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4815312&fecha=21/12/1993#gsc.tab=0
- DOF (2009). Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Marítimo y Puertos. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-034-SCT4-2009, EQUIPO MINIMO DE SEGURIDAD, COMUNICACION Y NAVEGACION PARA EMBARCACIONES NACIONALES, HASTA 15 METROS DE ESLORA. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5081381&fecha=24/02/2009#gsc.tab=0
- DOF (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. 2010 p. 1–78. Disponible en: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>
- DOF (2013). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-064-SAG/PESC/SEMARNAT-2013, SOBRE SISTEMAS, MÉTODOS Y TÉCNICAS DE CAPTURA PROHIBIDOS EN LA PESCA EN AGUAS DE JURISDICCIÓN FEDERAL DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. SAGARPA. Obtenido de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/133656/6.-_NORMA_OFICIAL_MEXICANA_NOM-064-SAG-PESC-SEMARNAT-2013.pdf
- DOF (2014). Acuerdo por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de pulpo (*O. maya* y *O. vulgaris*) del Golfo de México y Mar Caribe. Obtenido noviembre 9, 2023 de: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5338727&fecha=28/03/2014#gsc.tab=0. Pp. 1–37.
- DOF (2015). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-008-SAG/PESC-2015, PARA ORDENAR EL APROVECHAMIENTO DE LAS ESPECIES DE PULPO EN LAS AGUAS DE JURISDICCIN FEDERAL DEL GOLFO DE MEXICO Y MAR CARIBE. Pp. 1-7. Obtenido Nov-08-2023 de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5432972
- DOF (2016). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-006-SAG/PESC-2016, PARA REGULAR EL APROVECHAMIENTO DE TODAS LAS ESPECIES DE LANGOSTA EN LAS AGUAS DE JURISDICCIÓN FEDERAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE, ASÍ COMO DEL OCÉANO PACÍFICO INCLUYENDO EL GOLFO DE CALIFORNIA. p.1–10. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5451782&fecha=07/09/2016#gsc.tab=0
- DOF (2018). Acuerdo por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. México. Pp.1-100. Obtenido en noviembre 9, 2023 de: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5525712&fecha=11/06/2018.
- DOF (2019). Agreement establishing a catch quota Octopus maya https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5338727. [Retrieved August 12, 2022].

- DOF (2020). Establecimiento cuota captura pulpo maya. Acuerdo por el que se establece el volumen de captura permisible para el aprovechamiento de pulpo rojo (*Octopus maya*) en aguas de jurisdicción federal en los estados de Campeche y Yucatán para la temporada de pesca 2020. Agreement establishing a catch quota *Octopus maya*. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5607231&fecha=10/12/2020&print=true. [Retrieved August 12, 2022]. p. 1–2.
- DOF (2022). Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la carta nacional pesquera. Estatus del pulpo maya. Obtenido de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5659177&fecha=26/07/2022#gsc.tab=0
- DOF (2023). Acuerdo por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de pulpo (*O. maya* y *O. vulgaris*) del Golfo de México. Acuerdo por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de pulpo (*O. maya* y *O. vulgaris*) del Golfo de México. 2023 p. 1–54.
- Domínguez José Francisco (2015). Distribución actual y conectividad genética de poblaciones de pulpo en el noroeste de México. Tesis. (La Paz, B.C.S.): INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS.
- Doubleday ZA, Prowse TA, Arkhipkin A, Pierce GJ, Semmens J, Steer M, Leporati SC, Lourenço S, Quetglas A, Sauer W, Gillanders BM. (2016). Global proliferation of cephalopods. *Curr Biol*. 2016 May 23; 26(10): R406-7. doi: 10.1016/j.cub.2016.04.002. PMID: 27218844.
- Drew, P. (2005) Conversation analysis in K.L. Fitch & R.E. Sanders (Eds.). *Handbook of language and social interaction*. N.J. Lawrence Erlbaum. PP 71-102
- Driessnack, M., Sousa, V. D., & Costa, I. A. (2007). Revisión de los diseños de investigación relevantes para la Enfermería: Parte 3: Métodos mixtos y múltiples. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 15(5), 1–4.
- Ecological Planning Program for the Yucatan Coastal Territory, POETCY. (2007). Final report, Center for Research and Advanced Studies of the IPN, Mérida Unit; Yucatan Scientific Research Center, Conkal Technological Institute, Merida Technological Institute, Autonomous University of Yucatan.
- Ehuan-Noh, R. G., Mariaca, R., Sáenz-Arroyo, A., Espinoza, A. (2020). Tácticas y saberes: los capitanes de la pesca ante la variabilidad ambiental del mar *Sociedad y Ambiente*, núm. 23, 1-22 El Colegio de la Frontera Sur, México Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455765022004> DOI: <https://doi.org/10.31840/sya.vi23.2199>
- Enfield DB, AM Mestas-Nunez & PJ Trimble. (2001). The Atlantic multidecadal oscillation and it's relation to rainfall and river flows in the continental U.S. *Geophysical Research Letters* 28: 2077-2080.
- Enríquez, C., Mariño-Tapia, I.J., Jerónimo, G. and Capurro-Filograsso, L. (2013). Thermohaline processes in a tropical coastal zone. *Cont. Shelf Res.* 69, 101–109.
- Epstein, G., Vogt, J.M. y Cox, M. (2013) “Missing ecology: integrating ecological perspectives with the social-ecological system framework”. *International Journal of the Commons*, 7(2): 432–453.

- Falk, R. y Miller, N. (1992). *A Primer for Soft Modeling*. Akron, Estados Unidos: University of Akron Press.
- FAO, (2008). “El cambio climático tendrá un fuerte impacto en la pesca”, FAO Sala de prensa, disponible en www.fao.org/newsroom/es/news/2008/1000876/index.html
- FAO (2012). Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación). *El estado mundial de la pesca y acuicultura*. Roma. FAO.
- FAO (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA)*, Rome.
- FAO (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. Roma. ISBN: 978-92-5-130688-8. 250 p. <https://www.fao.org/3/i9540es/i9540es.pdf>
- FAO (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción*. Roma. <https://doi.org/10.4060/c> FAO. 2020. <https://doi.org/10.4060/ca9229es.a9229es>.
- FAO (2022). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Hacia la transformación azul*. Roma, pp. 1-53. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- Farhad, Sherman. (2012). *Los sistemas socio-ecológicos: Una aproximación conceptual y metodológica*
- Flik, U. (2004). Triangulation in Qualitative Research. *A Companion to Qualitative Research*, 20, 432. [https://doi.org/10.1016/S0261-5177\(98\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0261-5177(98)00102-2)
- Folke C. Thomas Hahn, Per Olsson and Jon Norberg. (2005). ADAPTIVE GOVERNANCE OF SOCIAL-ECOLOGICAL SYSTEMS. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 30:441–473
- Folke, C. (2006). Resilience: The Emergence of a Perspective for Social-Ecological Systems Analyses. *Global Environmental Change*, 16, 253-267. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>
- Folke, Carl and Carpenter, Stephen R. and Chapin, Francis and Gaffney, Owen and Galaz, Victor and Hoffmann, Holger and Lamont, Michèle and Polasky, Stephen and Rockstrom, Johan and Scheffer, Marten and Westley, Frances and Österblom, Henrik (2020). *Our Future in the Anthropocene Biosphere: Global sustainability and resilient societies* (July 1, 2020).
- Folke, Carl, et al. 2020. “Our Future in the Anthropocene Biosphere: Global sustainability and resilient societies.” in Nobel Prize Summit: Our Planet, Our Future. Stockholm, Sweden: Beijer Discussion Paper Series No. 272., Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3671766> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3671766>
- Galindo Cortes G, Hernández A, Santos-Valencia J. (2014). *Pulpo del Golfo de México Octopus maya y Octopus vulgaris*. [cited 2023 Aug 28]. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1.PulpoGolfodeMexico.p181-209%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1.PulpoGolfodeMexico.p181-209%20(2).pdf)
- GALLOPIN, Gilberto C. “Linkages between Vulnerability, Resilience, and Adaptive Capacity”. *Global Environmental Change*. 2006, vol. 16, n°3, 293–303. DOI : 10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004
- García- Lorenzo, I. y Varela-Lafuente, M.M. (2019): “Interacciones de gobernanza en las pesquerías a pequeña escala de Galicia: Percepciones y dinámicas en

- las cofradías de pescadores”, *Estudios de Economía Aplicada*, 37, 3, 42-59. DOI: 10.25115/eea.v37i3.2772.
- García, S., Ye, Y., Rice, J. y Charles, A. (2018). Rebuilding of marine fisheries. Parte 1: Global review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Document n.º 630/1. Roma, FAO. 294 págs. www.fao.org/3/ca0161en/CA0161EN.pdf.
- García-Ruiz, María Elena & Lena Acebo, Francisco. (2019). Movimiento FabLab: diseño de investigación mediante métodos mixtos. OBETS. Revista de Ciencias Sociales. 14. 10.14198/OBETS2019.14.2.04.
- Grundmann R. (2018). Ozono y gobernanza climática: una dependencia del camino inverosímil. Instituto de Ciencia y Sociedad, Facultad de Sociología y Política Social, Nottingham, Reino Unido. *CR Geociencias* 350. 435–441
- Gunderson, L., and Holling C. (2002). *Panarchy. Understand transformations in human and natural systems*. Washington DC: Island Press.
- Glaser, B., & Strauss, A. (1967). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research. Observations (Vol. 1)*. <https://doi.org/10.2307/2575405>
- Glaser, M. (2006). La dimensión social en la gestión de ecosistemas: fortalezas y debilidades de los mapas mentales de la naturaleza humana. *Ecología humana Repaso* 13: 122-142.
- Glaser, M., Krause, G., Ratter, B., Welp, M., (2008). “Human-Nature interaction in the Anthropocene: potential of social-ecological systems analysis”. *GAIA*, 17(1): 77-80
- Gleser, Barney and Strauss, Anselm (1999) *Discovery of Grounded Theory. Strategies for Qualitative Research*. New York: Routledge.
- Gowdy, J.M., (1994). *Coevolutionary Economics: The Economy, Society and the Environment*. Kluwer, USA
- Grothmann, Torsten & Patt, Anthony. (2005). Adaptive capacity and human cognition: The process of individual adaptation to climate change. *Global Environmental Change*. 15. 199–213. 10.1016/j.gloenvcha.2005.01.002.
- Gual, M. y Norgaard, R.B., (2010). “Bridging ecological and social systemscoevolution: a review and a proposal”. *Ecological Economics* 69: 707-717.
- Haigh J. 2011. *Solar influences of climate*, 20 pp. Imperial College, London
- Hair, J., Hult, G., Ringle, C. y Sarstedt, M. (2017). *A Primer on Partial Least Square Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. USA, California: Sage.
- Harris M. *El desarrollo de la teoría antropológica: historia de las teorías de la cultura*. Siglo XXI Editores; 1996. 1–699 p.
- Henseler, J., Hubona, G. y Ray, P. (2016). Using PLS path modeling new technology research: updated guidelines. *Industrial Management & Data Systems*, 116(1), 2-20.
- Henseler, J., Ringle, C. y Sarstedt, M. (2016). Testing measurement invariance of composites using partial least squares. *International Marketing Review*, 33(3), 405-431.
- Hernández S. R., Fernández C. C. y Baptista L. P. (2014). “Metodología de la Investigación”. McGraw Hill. 6a. Ed. México
- Hinkel, J., Bots, P. W. G., & Schlüter, M. (2014). Enhancing the Ostrom social-ecological system framework through formalization. *Ecology and Society*, 19(3). <https://doi.org/10.5751/ES-06475-190351>

- Hoegh-Guldberg, Ove & Bruno, John. (2010). The Impact of Climate Change on the World's Marine Ecosystems. *Science* (New York, N.Y.). 328. 1523-8. 10.1126/science.1189930.
- Holt, E. & Drew, Paul. (2005). Figurative Pivots: The Use of Figurative Expressions in Pivotal Topic Transitions. *Research on Language and Social Interaction - RES LANG SOC INTERACT.* 38. 35-61. 10.1207/s15327973rlsi3801_2.
- Holland, J.H., (1995). *Hidden order: how adaptation builds complexity*. Addison-Wesley, Reading, MA.
- Holling, C.S., (1973). "Resilience and stability of ecological systems". *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 1-23.
- Holling, C.S., (1992). "Cross-scale morphology, geometry and dynamics of ecosystems". *Ecological Monographs* 62: 447-502.
- Holling, C. and Meffe G. (1996). Command and control and pathology of natural resources administration. *Biología de la conservación* 10: 328-337.
- Holling, C. S., Berkes, F. y Folke, C. (1998) "Science, sustainability and resource management". En Berkes y Folke [ed.] *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge University Press, Cambridge: 342-362
- Holling, C.S., (2001). "Understanding the complexity of economic, ecological and social systems". *Ecosystems* 4: 390-405.
- Hu, L. y Bentler, P. (1998). Fit indices in covariance structure modeling: sensitivity to under parameterized model misspecification. *Psychological Methods*, 3(4), 424- 453.
- Hu, L. y Bentler, P. (1999). Cutoff criteria for fit indices in covariance structure analysis: conventional criteria versus the new alternative. *Structural Equation Modeling*, 6(1), 1-55.
- Huerta Ochoa, C. (1998). Las Normas Oficiales Mexicanas en el ordenamiento jurídico mexicano. *Boletín Mexicano De Derecho Comparado*, 1(92). <https://doi.org/10.22201/ijj.24484873e.1998.92.3543>. <https://revistas.juridicas.unam.mx/index.php/derecho-comparado/article/view/3543/4235>
- Hughes, T, Bellwood, D., Folke, C., Steneck, R. y Wilson, J. (2005) "New Paradigms for Supporting the Resilience of Marine Ecosystems." *Trends in Ecology & Evolution* 20 (7): 380– 86.
- INAPESCA (2019). Pulpo del Golfo de México y Mar Caribe. [cited 2023 Aug 28] Available from: [https://www.gob.mx/inapesca/es/articulos/pulpo-del-golfo-de-mexico-y-mar-caribe-211423?idiom=es#:~:text=La%20captura%20se%20compone%20de,vulgari s\)%20con%20un%2026%25](https://www.gob.mx/inapesca/es/articulos/pulpo-del-golfo-de-mexico-y-mar-caribe-211423?idiom=es#:~:text=La%20captura%20se%20compone%20de,vulgari s)%20con%20un%2026%25).
- INEGI, 2022. Tablas de la producción pesquera por oficina de pesca del 2016-2022; obtenido de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/produccion-pesquera>
- IPCC (2014): Cambio climático: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 p.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). Climate Change 2014 Synthesis Report Summary Chapter for Policymakers. IPCC, 31. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>
- Izzo, Michela & Aucelli, Pietro & Maratea, Antonio & Roskopf, Carmen & Mendez-Tejeda, Rafael & Pérez, Caridad & Segura, Hugo. (2010). A New Climatic Map of the Dominican Republic Based on the Thornthwaite Classification. *Physical Geography*. 31. DOI 10.2747/0272-3646.31.5.455.
- Jacquet, J., Pauly, D., (2008). Funding Priorities: Big Barriers to Small-Scale Fisheries. *Conserv. Biol.* 22, 832–835. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00978.x>
- Janssen, M. A. y Ostrom, E. (2006) “Governing Social-Ecological systems”. En Tesfatsion, L. y Judd, K.L. [ed.] *Handbook of Computational Economics: Agent-Based Computational Economics*. Amsterdam: Elsevier: 1465–1509.
- Jentoft, S. y Chuenpagdde, R. (Eds.) (2015): *Interactive governance for small-fisheries*. Global Reflections, Switzerland: Centre for Maritime Research MARE. Springer Int. Pub.
- Jick, T. D. (1979). Mixing Qualitative and Quantitative Methods: Triangulation in Action Todd D. Jick *Mixing Qualitative and Quantitative Methods: Triangulation in Action*. *Administrative Science Quarterly*, 24(4), 602–611. <https://doi.org/10.2307/2392366>
- Johannes R.E. (1993). *Integrating Traditional Ecological Knowledge and Management with Environmental Impact Assessment. Concepts and Cases* Ed. Julian T Inglis. Ottawa, Canada. 33-39.
- Johnson, J. A. and Kelsch, S. W. (1998). Effects of evolutionary thermal environment on temperature-preference relationships in fishes. *Environmental biology of fishes*, 53(4), 447-458
- Johnson, R. B., Onwuegbuzie, A. J., & Turner, L. A. (2007). Toward a definition of mixed methods research. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(2), 112–133. <https://doi.org/10.1177/1558689806298224>
- Juárez, O., Rosas, C., & Arena-Ortiz, M. (2012). Phylogenetic relationships of *Octopus maya* revealed by mtDNA sequences. *Ciencias Marinas*, 38(3), 563–575. <https://doi.org/10.7773/cm.v38i3.1962>
- Juárez Valdez, Oscar Eduardo (2016). Tesis: Evaluación a nivel fisiológico y transcriptómico del efecto de la temperatura sobre la regulación y el éxito reproductivo en hembras *Octopus maya*. CICESE. Baja California MéxicoMontealegre J., & J. Pabon. (2000). Interannual Climate Variability associated with the El Niño-La Niña–Southern Oscillation cycle and its effect on the rainfall pattern in Colombia. *Meteorol. Colomb.* 2:7-21. ISSN 0124-6984. Bogotá, D.C. – Colombia.
- Kahneman, D. (2012). *Pensar rápido, pensar despacio*. Barcelona. Debate.
- Kaplan-Hallam, Maery & Bennett, Nathan. (2017). Adaptive social impact management for conservation and environmental management. *Conservation Biology*. 32. 10.1111/cobi.12985.
- Karpouzoglou, T., Dewulf, A. & Clark, J. (2016). Advancing adaptive governance of social-ecological systems through theoretical multiplicity. *Environmental Science & Policy*, No 57, p. 1–9.

- Kerlinger, Fred N. (1997). "Investigación del Comportamiento". Mc Graw Hill. 3a. Ed. México.
- Kooiman, J., Bavinck M., Jentoft S., and Pulin R. (2005). *Fish for Life: interactive governance for fisheries*. Amsterdam: Amsterdam University Press.
- Levin S. (1999). *Fragile Dominion: Complexity and the Commons*. Reading, MA: Perseus
- Ludwig D, Mangel M, Haddad B. (2001). Ecology, conservation, and public policy. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 32:481–517
- Magan, A. (2014). Avoiding maladaptation to climate change: towards guiding principles. *Sapiens, Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*, 7(1). DOI: 10.1108/09513501111119219
- Markaida U, Méndez Loeza I, Rodríguez Domínguez A. (2015). Implementación de señuelos artificiales en la pesca de pulpo al garete [Internet]. Campeche; 2015. Available from: www.ecosur.mx
- Martínez A. M. & Fierro M. E. (2018). Aplicación de la técnica PLS-SEM en la gestión del conocimiento: un enfoque técnico práctico. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 8(16), 130-164. <https://doi.org/10.23913/ride.v8i16.336>
- Marín G.G. (2007). *Vidas a contramarea: Pesca artesanal, desarrollo y cultura en la costa de Michoacán*. CIESAS y El Colegio de Michoacán. México.
- Mason, Mark. (2010). Sample Size and Saturation in PhD Studies Using Qualitative Interviews. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*. 11. 2010;11(3):2–19. Available from: <http://www.qualitative-research.net/>
- Matas, A. (2018). Design of the Likert-type scale format: a state of the art. *Electronic Journal of Educational Research*, 20(1), 38-47. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>
- Mayan J, M. (2001). Una introducción a los métodos cualitativos: modulo de entrenamiento para estudiantes y profesionales. Obtenido de: <https://sites.ualberta.ca/~iiqm/pdfs/introduccion.pdf>
- McCauley., Pinsky, M., Palumbi, S., Estes, J., Joyce, F. and Warner, R. (2015). "Marine defaunation: animal loss in the global ocean". *Science*, 347(6219): 1255641 [Retrieved December 26, 2019]. <https://science.sciencemag.org/content/347/6219/1255641>.
- McCay (1978). Systems Ecology, People Ecology, and the Anthropology of Fishing Communities. *Human Ecology*, 6, 4: 397-421.
- McGinnis, M. D., & Ostrom, E. (2014). Social-ecological system framework: Initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society*, 19(2). <https://doi.org/10.5751/ES-06387-190230>
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA)., (2005). *Ecosystems and Human Wellbeing: general synthesis*. Island Press, USA.
- Morin, E., (1990): *Introducción al pensamiento complejo*, Gedisa, Barcelona.
- Morse, J. M., Barrett, M., Mayan, M., Olson, K., & Spiers, J. (2002). Verification Strategies for Establishing Reliability and Validity in Qualitative Research. *International Journal of Qualitative Methods*, 1(2), 13–22. <https://doi.org/10.1063/1.2011328>

- Moscoloni, N. (2005). Complementación metodológica para el análisis de datos cuantitativos y cualitativos en evaluación educativa. *Revista Electrónica de Metodología Aplicada*, 10(2), 1–10.
- Nixon, Marion & Boyle, Peter. (1982). Hole-drilling in crustaceans by *Eledone cirrhosa* (Mollusca: Cephalopoda). *Journal of Zoology*. 196. 439 - 444. 10.1111/j.1469-7998.1982.tb03515.x.
- Nixon, Marion & Maconnachie, Elaine & Howell, P. (1980). The effects on shells of drilling by Octopus. *Journal of Zoology*. 191. 75 - 88. 10.1111/j.1469-7998.1980.tb01450.x.
- Norgaard, R. B., (1994). *Development Betrayed: The End of Progress and a Coevolutionary Revisioning of the Future*. Routledge, London.
- Montealegre J., & J. Pabon. (2000). Interannual Climate Variability associated with the El Niño-La Niña–Southern Oscillation cycle and its effect on the rainfall pattern in Colombia. *Meteorol. Colomb.* 2:7-21. ISSN 0124-6984. Bogotá, D.C. – Colombia.
- Noyola, J., Mascaró, M., Díaz, F., Re, A. D., Sánchez-Zamora, A., Caamal-Monsreal, C. and Rosas, C. (2015). Thermal biology of prey (*Melongena corona bispinosa*, *Strombus pugilis*, *Callinectes similis*, *Libinia dubia*) and predators (*Ocyurus chrysurus*, *Centropomus undecimalis*) of *Octopus maya* from the Yucatan Peninsula. *Journal of thermal biology*, 53, 151-161.
- Nunnally, J. y Bernstein, I. (1994). *Psychometric theory* (3a ed.). Nueva York, USA: McGraw-Hill.
- OCEANA (2021). Auditoria pesquera 2.0. Obtenido de: <https://auditoriapesquera.org/>
- Orellana R., Espadas C., Conde C., Gay C. (2009). ATLAS Escenarios de cambio climático en la Península de Yucatán. Edición a cargo del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Mérida, Yucatán, México. Sistema de Centros Públicos de Investigación Conacyt.
- Ostrom, E. (1999) “Institutional Rational Choice: An Assessment of the Institutional Analysis and Development Framework”. En Sabatier, P. [ed.] *Theories of the Policy Process*. Westview Press, Boulder, CO: 35-71.
- Ostrom, E. (2007) “A diagnostic approach for going beyond panaceas” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(39): 15181–15187.
- Ostrom, E. (2009) “A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems”. *Science* 325 (5939): 419–422.
- Ostrom, E. (2014). Más allá de los mercados y los Estados: gobernanza policéntrica de sistemas económicos complejos. [Conferencia de recepción del premio Nobel de Economía, 8 de diciembre de 2009, Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Sociales]. *Revista Mexicana de Sociología*, (76, número especial). <http://www.scielo.org.mx/pdf/rms/v76nspe/v76nspea2.pdf>
- Otzen, T. & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *Int. J. Morphol.*, 35(1):227-232.
- Pabon, D. (1998): Colombia in the global environment. Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies. In: *The Environment in Colombia*. P.p. 18-37.

- Parada C., Yannicelli B., Hormazábal S., Vásquez S., Porobić J., Ernst B., Gatica C., Arteaga M., Montecinos A., Núñez S. y Gretchina A. (2013). Variabilidad ambiental y recursos pesqueros en el Pacífico suroriental: estado de la investigación y desafíos para el manejo pesquero. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 41(1): 1-28, 2013 Variabilidad ambiental y recursos marinos DOI: 103856/vol41-issue1-fulltext-1.
- Paré, L., Fraga, J., Teran, S., & Pare, L. (1995). La costa de Yucatán: desarrollo y vulnerabilidad ambiental. *Revista Mexicana De Sociología*, 57(2), 201. <https://doi.org/10.2307/3541078>
- Paredes, C., Cardoso, F. and Tarazona, J. (2004). Temporary distribution of mollusks and tropical crustaceans in the Peruvian Province and its relation with the events El Niño. *Revista Peruana de Biología*, 12, 213-218.
- Pauly, Daniel & Zeller, Dirk. (2016). Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nature communications*. 7. 10244. 10.1038/ncomms10244.
- Pescandodatos.org (2020). Obtenido de: <http://pescandodatos.org/subsidios-pesqueros>; <https://pescandodatos.causanatura.org/sector-pesquero-en-numeros.html#section-1>
- Pinsky, M.L., and N.J. Mantua (2014). Emerging adaptation approaches for climate ready fisheries management. *Oceanography* 27(4):146–159, <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2014.93>.
- Pinsky ML, Selden RL, Kitchel ZJ (2020). Climate-Driven Shifts in Marine Species Ranges: Scaling from Organisms to Communities. *Ann Rev Mar Sci*. Jan 3; 12:153-179. doi: 10.1146/annurev-marine-010419-010916. Epub 2019 Sep 10. PMID: 31505130.
- Pita Fernández, S., Pértega Díaz, S., (2010). Significancia estadística y relevancia clínica. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña (España). Elsevier. CAD ATEN PRIMARIA 2001; 8: 191-195.
- Planque, B., J. Fromentin, P. Cury, K. F. Drinkwater, S. Jennings, R. I. Perry, and S. Kifani. 2010. How does fishing alter marine populations and ecosystems sensitivity to climate? *Journal of Marine Systems* 79: 403– 417. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2008.12.018>
- Pomeroy, R. & Rivera-guieb, R.. (2005). Fishery Co-Management: A Practical Handbook. Fishery Co-Management: A Practical Handbook. 10.1079/9780851990880.0000.
- Poulain, F., Himes-Cornell, A. y Shelton, C. (2018). “Methods and tools for climate change adaptation in fisheries and aquaculture”. En M. Barange, T. Bahri, M.C.M. Beveridge, K.L. Cochrane, S. Funge-Smith y F. Poulain, eds. 2018. Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options., págs. 535-566. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Document n.º 627. Roma, FAO. 628 págs. www.fao.org/3/i9705en/i9705en.pdf.
- Porter, J.R., Xie, L., Challinor, A.J., Cochrane, K., Howden, S.M., Iqbal, M.M., Lobell, D.B. y Travasso, M.I. (2014). “Food security and food production systems”. En C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma,

- E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White, eds. *Climate Change: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribución del Grupo de Trabajo II al quinto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, págs. 485-533. Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos de América), Cambridge University Press.
- Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero de Yucatán, POETCY. (2007). Informe final, Centro de Investigación y de estudios Avanzados del IPN, Unidad Mérida; Centro de Investigación Científica de Yucatán, Instituto Tecnológico de Conkal, Instituto Tecnológico de Mérida, Universidad Autónoma de Yucatán: Obtenido el 15 de enero, 2020 de: https://acervo.yucatan.gob.mx/contenidos/Fase_III_Pronostico_Costero.pdf
- Kumra Shreya (2019). LA GOBERNANZA DE LOS RECURSOS NATURALES Y SU VÍNCULO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE. Cap. VI. Pp. 161-178. R. Sánchez (ed.), *La bonanza de los recursos naturales para el desarrollo: dilemas de gobernanza*, Libros de la CEPAL, N° 157 (LC/PUB.2019/13-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2019.
- Ramos-Miranda J., Cabrera M., Salas S., López-Rocha J., and Flores Hernández D. (2021). Commercial species of artisanal fishing in the Yucatan Peninsula. Universidad Autónoma de Campeche. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Mérida. Universidad Nacional Autónoma de México. P. 176.
- Raskin, Paul. (2008). World lines: A framework for exploring global pathways. *Ecological Economics*. 65. 461-470. 10.1016/j.ecolecon.2008.01.021.
- Refugio-Coronado S, Lacasse K, Dalton T, Humphries A, Basu S, Uchida H and Uchida E (2021). Coastal and Marine Socio-Ecological Systems: A Systematic Review of the Literature. *Front. Mar. Sci.* 8:648006. doi: 10.3389/fmars.2021.648006
- Resilience Alliance., (2010). "Assessing resilience in social-ecological systems: workbook for practitioners. Versión 2.0". [Online] www.resalliance.org/3871.php
- Rincón-Ruiz, A., Echeverry-Duque, M., Piñeros, A. M., Tapia, C. H., David, A., Arias-Arévalo, P. y Zuluaga, P. A. (2014). Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: aspectos conceptuales y metodológicos. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt
- Ríos Lara GV, Espinoza Méndez JC, Zetina Moguel CE, Aguilar Cardozo C, Ramírez Estévez A. (2013). *La pesquería de langosta Panulirus argus* [Internet]. INAPESCA. 2013 [cited 2023 Aug 28]. 1–121 p. Available from: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/622543/La_pesquer_a_de_langosta_Panulirus_argus.pdf
- Ruddle K. (1993). *The Transmission of Traditional Ecological Knowledge. Concepts and Cases* Ed. Julian T Inglis. Ottawa, Canada. 17-31.
- Ringle, C. M., Wende, S. y Becker, J. M. (2015) "SmartPLS 3." Boenningstedt: SmartPLS GmbH, <http://www.smartpls.com>.

- Rodríguez, G., Gil, J., & Eduardo García (1999). Metodología de la Investigación Cualitativa. Segunda Edición. España: Ediciones ALJIBE.
- Rosas C., Caamal C., Cázares R., Rodríguez D., Romero M., Chay D. (2006). MANUAL PRELIMINAR PARA EL CULTIVO DEL PULPO Octopus maya. Sisal, Yucatán; 2006 Feb. Obtenido en: <https://dokumen.tips/travel/manual-preliminar-pulpo.html?page=1>
- Rosas Vázquez Carlos (2009). Logran universitarios primer cultivo de pulpo en el mundo. Boletín UNAM-DGCS-440. Obtenido de: https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2009_440.html el 2 de julio, 2021.
- Rosas C., Caamal-Monsreal C., Rodríguez F.G., Mascaró M., Galindo C. E., Díaz F., Re D., García R. A. y Ángeles G.L.E. (2021). Capacidad adaptativa a los cambios de temperatura de diversas especies de crustaceos, moluscos y peces de importancia pesquera ante escenarios de calentamiento en el Golfo de México. Resiliencia Costera. CICESE y UGM. Geos. Vol.40.No.1. Febrero, 2021. P. 158.
- Ruddle K. (1993). The Transmission of Traditional Ecological Knowledge. Concepts and Cases Ed. Julian T Inglis. Ottawa, Canada. 17-31.
- Otzen, T. & Manterola C. (2017) Sampling techniques on a population study. Int. J. Morphol., 35(1):227-232.
- SADER (2019). ACUERDO por el que se establece la equivalencia en peso de la talla mínima de captura para las especies de pulpo rojo (Octopus maya) y pulpo patón (Octopus vulgaris) en aguas marinas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe. Pp.1-2. Obtenido de: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5552294&fecha=08/03/2019&print=true
- SADER (2023). ACUERDO POR EL QUE SE ESTABLECE EL VOLUMEN DE CAPTURA PERMISIBLE PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO PULPO ROJO (Octopus maya) EN AGUAS DE JURISDICCIÓN FEDERAL EN LOS ESTADOS DE CAMPECHE Y YUCATÁN PARA LA TEMPORADA DE PESCA 2023. Pp 1-2. Obtenido de: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5707837&fecha=07/11/2023#gsc.tab=0, el 15 de diciembre, 2023.
- Salas, Silvia & Bjørkan, Maiken & Bobadilla, Felipe & Cabrera, Miguel. (2010). Addressing Vulnerability: Coping Strategies of Fishing Communities in Yucatan, Mexico. 10.1007/978-94-007-1582-0_10.
- Salomón A.L. (2016). "Técnicas de muestreo". Universidad EAFIT
- Santamaría, A., Ávila, J., Munguia-Rosas, M., Saldívar-Lucio, R., Fraga, J. (2023). Environmental variability and governance: The fishery of Octopus maya in Yucatan, Mexico. Frontiers in Marine Science. 10. 1018728. 10.3389/fmars.2023.1018728.
- Selgrath J.C., Kleiber D. y O'Donnell K.P. (2014). Understanding Tradeoffs in Fishers Decision Making: Catch, Distance, and Safety Influence Where Fishers Fish. Project Seahorse, University of British Columbia, Vancouver, Canada. Researchgate. Pp 36-44. <https://www.researchgate.net/publication/265336514>.

- Sevillano V. y Olivos P. (2019). COMPORTAMIENTO SOCIAL Y AMBIENTE: INFLUENCIA DE LAS NORMAS SOCIALES EN LA CONDUCTA AMBIENTAL. *Papeles del Psicólogo*. Vol. 40(3), pp. 182-189
<https://doi.org/10.23923/pap.psicol2019.2898>
<http://www.papelesdel psicologo.es>
- Sieber, S.D. (1973). The Integration of Fieldwork and Survey Methods. *American Journal of Sociology*, 78, 1335 - 1359.
- Sokolova, I.M., Frederich, M., Bagwe, R., Lannig, G. and Sukhotin, A.A. (2012). Energy homeostasis as an integrative tool for assessing limits of environmental stress tolerance in aquatic invertebrates. *Mar. Environ. Res.* 79, 1–15.
- Solís-Ramírez MJ. (1993). Importancia de la Pesquería de Pulpo en el Golfo de México y Caribe Mexicano. In: Proceedings of the 45th Gulf and Caribbean Fisheries Institute. 1993. p. 482–98. Obtenido de: <https://aquadocs.org/handle/1834/28832>
- Solís-Ramírez, M.J., F. Arreguín-Sánchez y Seijo J.. (1997). Cephalopod fisheries. P. 61-80. En: Flores-Hernández, D., P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín-Sánchez. Analysis and diagnosis of the critical fishing resources of the Gulf of Mexico. EPOMEX Scientific Series 7. Mexico. 496 p.
- Schultz L, West S., y Floríncio C. (2019). Gobernanza adaptativa en construcción: Personas, prácticas y políticas en una reserva de biosfera de la UNESCO. *Revista de Geografía Norte Grande*, 74: 117-138.
- Simoteo, A. (2012). Formative and reflective models: state of the art. *Electronic Journal of Applied Statistical Analysis*, 5(3), 452-457
- Smit, Barry & Wandel, Johanna. (2006). Adaptation, Adaptive Capacity and Vulnerability. *Global Environmental Change*. 16. 282-292. [10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008).
- Soto, Luis & S, Sanchez-Garcia & Lopez-Veneroni, Diego. (2004). Ambientes influidos por emanaciones naturales de hidrocarburos y gas en el Suroeste del Golfo de México. *Universidad y Ciencia*. 1. 51-58.
- Tanacredi, John & Botton, Mark & Smith, David. (2009). Biology and Conservation of Horseshoe Crabs. [10.1007/978-0-387-89959-6](https://doi.org/10.1007/978-0-387-89959-6).
- Taylor, S. J. y Bogdan, R. (1990). Introduction to qualitative research methods. The search for meanings. Mexico: Paidós. Cap. 1
- Taylor S.J., Bogdan R. (1994). Introduction to Qualitative Research Methods. The Search for Meanings. Vol. 2a reimpression. 1994. 4–329 p.
- Tello, J. y L. Arena (2011). Cap.11. Estructura genética del pulpo. 76 p. En: *Evaluación Integral del Pulpo de la Península de Yucatán: Biología Pesquera, Estado de Salud y Genética de Poblaciones*. Informe Técnico de Investigación. CONACYT. Mérida, Yucatán, México.
- Tsangridis, Alexis & Sánchez, Pilar & Ioannidou, Despina. (2002). Exploitation patterns of *Octopus vulgaris* in two Mediterranean areas. *Scientia Marina*. 66. 59-68. [10.3989/scimar.2002.66n159](https://doi.org/10.3989/scimar.2002.66n159).
- Voss GL, Solís Ramírez Manuel (1966). Octopus Maya, a New Species from the Bay of Campeche, Mexico. *Bull Mar Sci* [Internet]. 1966 Sep [cited 2023 Aug 28];16(3):615–25. Available from:

<https://www.ingentaconnect.com/content/umrsmas/bullmar/1966/00000016/00000003/art00012#>

- Walker, B., Kinzing, A., Langridge, J., (1999). "Plant attribute diversity, resilience, and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species". *Ecosystems* 2: 1-20.
- Walker, Brian & Holling, C.s & Carpenter, Stephen & Kinzig, Ann. (2003). Resilience, Adaptability and Transformability in Social-Ecological Systems. *Ecol. Soc.* 9. 10.5751/ES-00650-090205. 33. Raskin PD. World lines: A framework for exploring global pathways. *Ecological Economics*. 2008 Apr 15;65(3):461–70.
- Walters, C.J. (2007). Is adaptive management helping to solve fisheries problems? *Ambio* 36: 304-307.
- Wang, C. and Enfield, D. (2003). A further study of the tropical western hemisphere warm pool. *J. Clim.* 16, 1476–1493.
- Westley, Frances & Carpenter, Stephen & Brock, W.A. & Holling, C.s & Gunderson, L.H.. (2002). Why systems of people and nature are not just social and ecological systems. *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. 103-119.
- Wiber, M., A. Charles y J. Kearney y F. Berkes. (2009). Improve community empowerment through participatory fisheries research. *marine policy* 33: 172-179.
- Whittingham Munévar, M. V. (2010). ¿Qué es la gobernanza y para qué sirve? *Revista Análisis Internacional* (Cesada a Partir De 2015), (2), 219-236. Recuperado a partir de <https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/RAI/article/view/24.12/0772021>.
- Wilson, J. A. (2006) "Matching Social and Ecological Systems in Complex Ocean Fisheries." *Ecology and Society* 11 (1): 1-21
- Woodruff, A. And Aoki, P.M. (2004). Conversation analysis and the user experience, *Digital Creativity*, 15 (4): 232-238.
- Yesner, D. (1980). Maritime Hunter Gatherer: Ecology and Prehistory. *Current Anthropology*, 2 (6): pp. 727-751
- Young, O.R., Berkhout, F., Gallopin, G., Janssen, M., Ostrom, E. y Van der Leeuw, S. (2006). "The Globalization of Socio-Ecological Systems: An Agenda for Scientific Research." *Global Environmental Change* 16 (3) (August): 304–316.
- Zaldívar-Rae J, Sapién-Silva RE, Rosales-Raya M, Brockmann HJ. (2009) American horseshoe crabs, *Limulus polyphemus*, in Mexico: Open possibilities. In: *Biology and Conservation of Horseshoe Crabs*. Springer US; 2009. p. 97–113.

Glosario

Variabilidad Ambiental (VA), las fluctuaciones en abundancia, biomasa, estructura de edad y patrones de distribución de los recursos pesqueros responden, entre otros, a la variabilidad ambiental. Esas respuestas son consecuencia tanto de efectos climáticos y oceanográficos (viento, turbulencia, concentración de oxígeno, temperatura) directos sobre los recursos (i.e., sincronización de los períodos reproductivos, retención/advección larval) como indirectos, mediados por cambios inducidos en otros niveles tróficos relacionados (i.e., alteración en la cantidad y calidad de la oferta de alimento de adultos y larvas, mecanismos de control del ecosistema) (Parada et al., 2013). En este trabajo se considera, además, que otro factor de variabilidad ambiental es la actividad humana y sus regulaciones.

Variabilidad Climática (VC), se entiende por variabilidad climática las fluctuaciones de los componentes del clima –temperatura y precipitaciones, entre otros– durante lapsos determinados, los cuales pueden ser tan disímiles como abarcar períodos desde algunos días hasta décadas. Registrando estas variables meteorológicas, por al menos 30 años, podremos establecer la media aritmética de estas, que definen en términos climáticos, las características de un lugar dado (Roberto De Ruyver, investigador del Instituto de Clima y Agua del INTA.)

Cambio climático (CC), la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

Anexos

Anexo I. Capturas de pulpo 2021 Progreso

Capturas de pulpo, pescadores participantes por jornada, captura promedio por pescador, pulpo mayor a 450 gramos y pulpo menor a 450 gramos capturados del 1 de agosto al 15 de diciembre de 2021 en Progreso, Yucatán.

	captura total	núm. pescadores	captura promedio por pescador	Total, grande	Total, chico
agosto	113.50	6	18.92	63.00	50.50
	301.00	11	27.36	166.50	134.50
	479.00	21	22.81	308.00	171.00
	409.50	17	24.71	239.50	170.00
	418.00	20	20.90	252.00	166.00
	150.50	4	37.63	118.00	32.50
	478.00	21	22.36	294.00	184.00
	513.00	27	18.99	277.50	235.50
	523.50	20	26.18	276.50	247.00
	367.50	24	15.31	227.00	140.50
	330.50	19	17.39	201.00	129.50
	119.50	8	14.94	77.00	42.50
	303.00	17	17.82	199.00	104.00
	413.50	25	16.79	263.50	150.00
	123.00	6	20.50	75.00	48.00
	413.00	23	17.96	276.00	137.00
	588.50	27	22.06	403.50	185.00
	755.50	29	26.39	483.00	272.50
	591.00	29	20.49	378.00	213.00
	635.00	29	21.63	450.50	184.50
	122.00	13	9.71	71.50	50.50
	60.50	4	15.13	30.50	30.00
	454.50	21	22.08	348.50	106.00
	639.00	29	22.30	426.00	213.00
	9302.00	19	20.85	5905.00	3397.00
septiembre	627.00	32	19.78	438.50	188.50

	688.00	29	24.00	461.00	227.00
	514.50	28	18.38	342.50	172.00
	362.00	25	14.48	250.00	112.00
	333.00	19	17.86	220.00	113.00
	476.00	26	18.52	337.00	139.00
	539.00	38	14.06	368.00	171.00
	304.50	27	11.30	206.50	98.00
	120.00	8	15.83	109.00	11.00
	403.50	19	21.24	262.50	141.00
	377.00	20	18.53	261.50	115.50
	495.00	26	18.79	340.00	155.00
	602.50	38	15.82	428.00	174.50
	438.50	27	16.46	303.50	135.00
	332.00	22	15.19	216.50	115.50
	451.00	29	15.63	311.50	139.50
	510.00	29	17.81	332.00	178.00
	445.50	23	19.37	275.00	170.50
	350.50	18	19.87	230.00	120.50
	201.50	17	11.71	127.50	74.00
	280.50	19	14.62	192.50	88.00
	538.00	30	17.74	377.50	160.50
	485.50	27	18.21	339.50	146.00
	163.00	8	20.38	133.50	29.50
	10038.00	24	17.32	6863.50	3174.50
octubre	289.00	22	13.26	183.00	106.00
	308.00	20	15.21	199.00	109.00
	365.00	24	15.31	309.00	56.00
	434.00	29	15.17	317.50	116.50
	138.50	8	16.94	134.50	4.00
	384.50	24	16.30	312.00	72.50
	520.00	32	16.25	430.00	90.00
	151.50	12	13.10	89.00	62.50
	198.00	11	18.00	135.00	63.00
	152.50	9	17.50	137.50	15.00
	2941.00	19	15.70	2246.50	694.50
noviembre	49.00	4	12.25	49.00	0.00
	384.00	26	14.94	272.50	111.50

	201.00	16	12.56	116.50	84.50
	387.50	21	18.88	292.50	95.00
	223.00	12	18.58	155.00	68.00
	198.50	13	15.27	190.00	8.50
	178.50	14	12.88	138.00	40.50
	123.00	9	13.14	89.50	33.50
	88.50	4	22.10	83.00	5.50
	83.50	5	15.92	77.50	6.00
	143.00	10	13.80	138.00	5.00
	274.00	16	16.79	256.00	18.00
	167.50	9	18.05	148.00	19.50
	2501.00	12	15.78	2005.50	495.50
diciembre	156.50	12	13.04	156.50	0.00
	293.50	14	21.09	273.50	20.00
	542.00	30	18.13	465.50	76.50
	504.50	32	15.64	448.00	56.50
	430.50	32	13.28	359.00	71.50
	470.00	38	12.51	372.00	98.00
	303.00	27	11.03	222.50	80.50
	97.50	10	9.61	82.50	15.00
	2797.50	24	14.29	2379.50	418.00

Anexo II. Prueba ANOVA de un factor captura total y captura promedio por pescador

Prueba de homogeneidad de varianzas

captura total

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1.921	4	74	.116

Descriptivos: Número de pescadores participantes, temporada 2021 (Figura 7-3)

(b) $\alpha=5\%$; IC por mes: agosto (Me=21; $\bar{x}=19$; Li=15; Ls=22; S=8); septiembre (Me=26; $\bar{x}=24$; Li=21; Ls=28; S=8); octubre (Me=21; $\bar{x}=19$; Li=13; Ls=25; S=9); noviembre (Me=12; $\bar{x}=12$; Li=8; Ls=16; S=7); diciembre (Me=29; $\bar{x}=24$; Li=15; Ls=33; S=11).

Descriptivos (Figura 7-3)

Variable independiente: captura total

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
agosto	24	387.5833	194.32199	39.66581	305.5284	469.6383	60.50	755.50
septiembre	24	418.2500	142.98769	29.18724	357.8716	478.6284	120.00	688.00
octubre	10	294.1000	132.43569	41.87984	199.3612	388.8388	138.50	520.00
noviembre	13	192.3846	105.58116	29.28295	128.5826	256.1867	49.00	387.50
diciembre	8	349.6875	163.97451	57.97374	212.6014	486.7736	97.50	542.00
Total	79	349.1076	172.40450	19.39702	310.4911	387.7241	49.00	755.50

ANOVA

captura total

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos (Combinados)	499833.556	4	124958.389	5.085	.001
Término lineal					
No ponderado	115881.864	1	115881.864	4.715	.033
Ponderado	216316.274	1	216316.274	8.802	.004
Desviación	283517.282	3	94505.761	3.846	.013
Intra-grupos	1818584.779	74	24575.470		
Total	2318418.335	78			

Comparaciones múltiples

captura total

Games-Howell

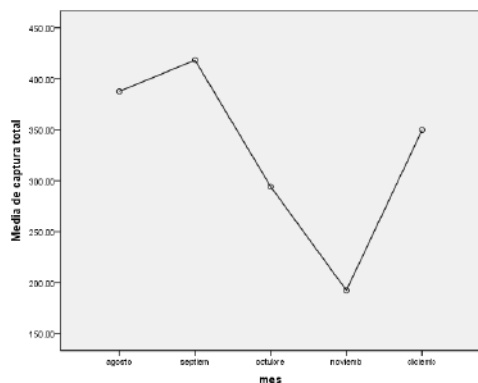
(I) mes	(J) mes	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
agosto	septiem	-30.66667	49.24704	.971	-170.9731	109.6397
	octubre	93.48333	57.68273	.499	-76.1121	263.0788
	noviemb	195.19872*	49.30383	.003	53.4440	336.9535
	diciemb	37.89583	70.24480	.982	-180.6799	256.4715
septiem	agosto	30.66667	49.24704	.971	-109.6397	170.9731
	octubre	124.15000	51.04719	.151	-30.0403	278.3403
	noviemb	225.86538*	41.34472	.000	106.2890	345.4418
	diciemb	68.56250	64.90647	.824	-142.0699	279.1949
octubre	agosto	-93.48333	57.68273	.499	-263.0788	76.1121
	septiem	-124.15000	51.04719	.151	-278.3403	30.0403
	noviemb	101.71538	51.10198	.312	-53.8444	257.2752
	diciemb	-55.58750	71.51836	.933	-279.8448	168.6698
noviemb	agosto	-195.19872*	49.30383	.003	-336.9535	-53.4440
	septiem	-225.86538*	41.34472	.000	-345.4418	-106.2890
	octubre	-101.71538	51.10198	.312	-257.2752	53.8444
	diciemb	-157.30288	64.94956	.182	-368.6529	54.0472
diciemb	agosto	-37.89583	70.24480	.982	-256.4715	180.6799
	septiem	-68.56250	64.90647	.824	-279.1949	142.0699
	octubre	55.58750	71.51836	.933	-168.6698	279.8448

ANOVA

captura total

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos (Combinados)	499833.556	4	124958.389	5.085	.001
Término lineal					
No ponderado	115881.864	1	115881.864	4.715	.033
Ponderado	216316.274	1	216316.274	8.802	.004
Desviación	283517.282	3	94505.761	3.846	.013
Intra-grupos	1818584.779	74	24575.470		
noviemb	157.30288	64.94956	.182	-54.0472	368.6529

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.



Descriptivos Capturas promedio por pescador (Figura 7-4)

Variable independiente

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
agosto	24	20.848	5.45983	1.11448	18.5429	23.1538	9.71	37.63
septiem	24	17.315	2.94955	.60207	16.0703	18.5613	11.30	24.00
octubre	10	15.704	1.63696	.51765	14.5330	16.8750	13.10	18.00
noviemb	13	15.781	2.98161	.82695	13.9798	17.5833	12.25	22.10
diciemb	8	14.291	3.80017	1.34356	11.1142	17.4683	9.61	21.09
Total	79	17.626	4.44229	.49980	16.6312	18.6212	9.61	37.63

NC=95%; $\alpha=5\%$; IC por mes: agosto (Me=20.70; $\bar{x}=20.85$; Li=18.54; Ls=23.15; S=5.46); septiembre (Me=17.84; $\bar{x}=17.32$; Li=16.07; Ls=18.56; S=2.95); octubre (Me=15.78; $\bar{x}=15.70$; Li=14.53; Ls=16.88; S=1.64); noviembre (Me=15.27; $\bar{x}=15.78$; Li=13.98; Ls=17.58; S=2.98); diciembre (Me=13.16; $\bar{x}=14.29$; Li=11.11; Ls=17.47; S=3.80).

(Me=Mediana; \bar{x} =media o promedio; Li=Límite inferior; Ls=Límite superior; S=desviación típica estándar)

Prueba de homogeneidad de varianzas

Captura promedio por pescador

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2.240	4	74	.073

ANOVA

Captura promedio por pescador

			Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-	(Combinados)		421.643	4	105.411	6.980	.000
grupos	Término lineal	No	273.258	1	273.258	18.093	.000
		ponderado					
		Ponderado	356.116	1	356.116	23.580	.000
		Desviación	65.527	3	21.842	1.446	.236
	Término	No	28.126	1	28.126	1.862	.176
	cuadrático	ponderado					
		Ponderado	46.346	1	46.346	3.069	.084
		Desviación	19.182	2	9.591	.635	.533
Intra-grupos			1117.605	74	15.103		
Total			1539.248	78			

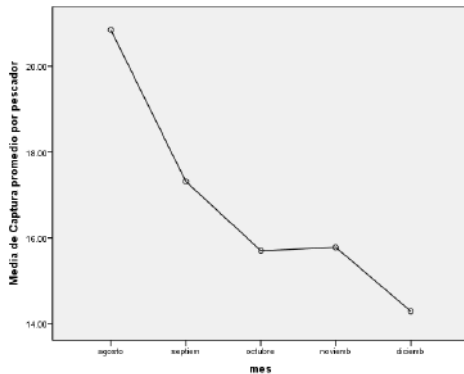
comparaciones múltiples

Captura por pescador

Games-Howell

(I) mes	(J) mes	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
agosto	septiem	3.53250	1.26671	.061	-.1074	7.1724
	octubre	5.14433*	1.22883	.002	1.5827	8.7059
	noviemb	5.06679*	1.38777	.007	1.0767	9.0569
	diciemb	6.55708*	1.74563	.012	1.2607	11.8535
septiem	agosto	-3.53250	1.26671	.061	-7.1724	.1074
	octubre	1.61183	.79401	.278	-.6961	3.9197
	noviemb	1.53429	1.02291	.572	-1.4744	4.5430
	diciemb	3.02458	1.47230	.309	-1.8236	7.8727
octubre	agosto	-5.14433*	1.22883	.002	-8.7059	-1.5827
	septiem	-1.61183	.79401	.278	-3.9197	.6961
	noviemb	-.07754	.97561	1.000	-3.0069	2.8519
	diciemb	1.41275	1.43984	.857	-3.4200	6.2455
noviemb	agosto	-5.06679*	1.38777	.007	-9.0569	-1.0767
	septiem	-1.53429	1.02291	.572	-4.5430	1.4744
	octubre	.07754	.97561	1.000	-2.8519	3.0069
	diciemb	1.49029	1.57766	.874	-3.5202	6.5007
diciemb	agosto	-6.55708*	1.74563	.012	-11.8535	-1.2607
	septiem	-3.02458	1.47230	.309	-7.8727	1.8236
	octubre	-1.41275	1.43984	.857	-6.2455	3.4200
	noviemb	-1.49029	1.57766	.874	-6.5007	3.5202

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.



Anexo III. Análisis de varianzas, captura media de pulpo mayor y menor a 450 gramos de peso

Descriptivos

		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
captura total grande	agosto	24	246.0417	129.87644	26.51092	191.1997	300.8837	30.50	483.00
	septiem	24	285.9792	96.33439	19.66418	245.3007	326.6576	109.00	461.00
	octubre	10	224.6500	110.59813	34.97420	145.5329	303.7671	89.00	430.00
	noviemb	13	154.2692	77.97292	21.62580	107.1507	201.3878	49.00	292.50
	diciemb	8	297.4375	137.58827	48.64480	182.4108	412.4642	82.50	465.50
	Total	79	245.5696	118.23631	13.30262	219.0861	272.0531	30.50	483.00
	captura total chico	agosto	24	141.5417	71.49140	14.59312	111.3535	171.7298	30.00
septiem		24	132.2708	49.12915	10.02845	111.5254	153.0163	11.00	227.00
octubre		10	69.4500	38.10034	12.04839	42.1947	96.7053	4.00	116.50
noviemb		13	38.1154	38.69278	10.73145	14.7336	61.4972	.00	111.50
diciemb		8	52.2500	35.90762	12.69526	22.2305	82.2695	.00	98.00
Total		79	103.5380	67.54916	7.59987	88.4078	118.6682	.00	272.50

Prueba de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
captura media pulpo grande	1.549	4	74	.197
captura media pulpo chico	2.718	4	74	.036

Si p-valor es menor al .05 por lo que se rechaza la nula (homogeneidad) y se acepta la alternativa (no hay homogeneidad).

Por lo que, el estadístico a utilizar en el caso del pulpo menor a 450 gramos es el estadístico de Welch; el estadístico a utilizar en el caso del pulpo mayor a 450 gramos es el ANOVA.

Captura promedio por pescador < 450 gramos (Figura 7-5)

NC=95%; $\alpha=5\%$; IC por mes: agosto (Me=7.75; $\bar{x}=7.82$; Li=6.98; Ls=8.66; $S=2.00$); septiembre (Me=5.99; $\bar{x}=5.70$; Li=5.16; Ls=6.25; $S=1.30$); octubre (Me=4.56; $\bar{x}=4.41$; Li=3.44; Ls=5.38; $S=1.36$); noviembre (Me=3.68; $\bar{x}=3.58$; Li=2.47; Ls=4.69; $S=1.83$); diciembre (Me=3.44; $\bar{x}=2.98$; Li=1.66; Ls=4.30; $S=1.58$).

Captura de pulpo maya < 450 gramos (Figura 7-6)

NC=95%; $\alpha=5\%$; IC por mes: agosto (Me=145.25; $\bar{x}=141.54$; Li=111.35; Ls=171.73; $S=71.49$); septiembre (Me=139.25; $\bar{x}=132.27$; Li=111.53; Ls=153.02; $S=49.13$); octubre (Me=67.75; $\bar{x}=69.45$; Li=42.19; Ls=96.71; $S=38.10$); noviembre (Me=19.50; $\bar{x}=38.12$; Li=14.73; Ls=61.50; $S=38.69$); diciembre (Me=64; $\bar{x}=52.25$; Li=22.23; Ls=82.27; $S=35.91$).

ANOVA

			Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
captura total grande	Inter- grupos	(Combinados)	173459.1 18	4	43364.779	3.500	.011	
		Término lineal	No	1064.960	1	1064.960	.086	.770
			Ponderado	12861.81 1	12861.811	1.038	.312	
			Desviación	160597.3 07	3	53532.436	4.320	.007
		Término cuadrático	No	32879.53 8	1	32879.538	2.653	.108
			Ponderado	5546.232 1	5546.232	.448	.506	
			Desviación	155051.0 75	2	77525.537	6.256	.003
		Intra-grupos		916967.2 49	74	12391.449		
		Total		1090426. 367	78			
	captura total chico	Inter- grupos	(Combinados)	142781.6 36	4	35695.409	12.39 4	.000
Término lineal			No	94728.85 8	1	94728.858	32.89 1	.000
			Ponderado	123684.5 96	1	123684.59 6	42.94 5	.000
			Desviación	19097.04 0	3	6365.680	2.210	.094
		Término cuadrático	No	5172.246 1	5172.246	1.796	.184	
			Ponderado	822.203 1	822.203	.285	.595	
			Desviación	18274.83 7	2	9137.418	3.173	.048
		Intra-grupos		213123.7 50	74	2880.051		
		Total		355905.3 86	78			

Pruebas robustas de igualdad de las medias

		Estadístico ^a	gl1	gl2	Sig.
captura total grande	Welch	5.242	4	26.347	.003
captura total chico	Welch	15.116	4	29.020	.000

a. Distribuidos en F asintóticamente.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente	(I) mes	(J) mes	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
						Captura pulpo grande	HSD de Tukey	agosto
			octubre	21.39167	41.89815	.986	-95.7630	138.5463
			noviemb	91.77244	38.33404	.128	-15.4163	198.9612
			diciemb	-51.39583	45.44493	.790	-178.4679	75.6762
		septiem	agosto	39.93750	32.13442	.726	-49.9160	129.7910
			octubre	61.32917	41.89815	.589	-55.8255	178.4838
			noviemb	131.70994*	38.33404	.008	24.5212	238.8987
			diciemb	-11.45833	45.44493	.999	-138.5304	115.6137
		octubre	agosto	-21.39167	41.89815	.986	-138.5463	95.7630
			septiem	-61.32917	41.89815	.589	-178.4838	55.8255
			noviemb	70.38077	46.82236	.564	-60.5428	201.3044
			diciemb	-72.78750	52.80224	.643	-220.4319	74.8569
		noviemb	agosto	-91.77244	38.33404	.128	-198.9612	15.4163
			septiem	-131.70994*	38.33404	.008	-238.8987	-24.5212
			octubre	-70.38077	46.82236	.564	-201.3044	60.5428
			diciemb	-143.16827*	50.02119	.042	-283.0364	-3.3002
		diciemb	agosto	51.39583	45.44493	.790	-75.6762	178.4679
			septiem	11.45833	45.44493	.999	-115.6137	138.5304
			octubre	72.78750	52.80224	.643	-74.8569	220.4319
			noviemb	143.16827*	50.02119	.042	3.3002	283.0364
	Games-Howell	agosto	septiem	-39.93750	33.00770	.746	-133.9613	54.0863
			octubre	21.39167	43.88648	.988	-110.0824	152.8657
			noviemb	91.77244	34.21263	.077	-6.6653	190.2102
			diciemb	-51.39583	55.39987	.881	-229.2907	126.4990
		septiem	agosto	39.93750	33.00770	.746	-54.0863	133.9613
			octubre	61.32917	40.12324	.561	-62.5653	185.2236
			noviemb	131.70994*	29.2293	.001	46.8413	216.5786
			diciemb	-11.45833	52.46900	.999	-186.2872	163.3705
		octubre	agosto	-21.39167	43.88648	.988	-152.8657	110.0824
			septiem	-61.32917	40.12324	.561	-185.2236	62.5653

		noviemb	70.38077	41.12019	.455	-56.0808	196.8423	
		diciemb	-72.78750	59.91253	.743	-260.7385	115.1635	
	noviemb	agosto	-91.77244	34.21263	.077	-190.2102	6.6653	
		septiem	-131.70994*	29.2293	.001	-216.5786	-46.8413	
				5				
		octubre	-70.38077	41.12019	.455	-196.8423	56.0808	
		diciemb	-143.16827	53.23525	.127	-319.0023	32.6657	
	diciemb	agosto	51.39583	55.39987	.881	-126.4990	229.2907	
		septiem	11.45833	52.46900	.999	-163.3705	186.2872	
		octubre	72.78750	59.91253	.743	-115.1635	260.7385	
		noviemb	143.16827	53.23525	.127	-32.6657	319.0023	
Captura pulpo chico	HSD de Tukey	agosto	septiem	9.27083	15.49207	.975	-34.0477	52.5894
		octubre	72.09167*	20.19919	.006	15.6112	128.5722	
		noviemb	103.42628*	18.48092	.000	51.7504	155.1022	
		diciemb	89.29167*	21.90910	.001	28.0300	150.5534	
		septiem	agosto	-9.27083	15.49207	.975	-52.5894	34.0477
			octubre	62.82083*	20.19919	.022	6.3403	119.3013
			noviemb	94.15545*	18.48092	.000	42.4795	145.8314
			diciemb	80.02083*	21.90910	.004	18.7591	141.2825
		octubre	agosto	-72.09167*	20.19919	.006	-128.5722	-15.6112
			septiem	-62.82083*	20.19919	.022	-119.3013	-6.3403
			noviemb	31.33462	22.57316	.637	-31.7839	94.4532
			diciemb	17.20000	25.45607	.961	-53.9797	88.3797
		noviemb	agosto	-103.42628*	18.48092	.000	-155.1022	-51.7504
			septiem	-94.15545*	18.48092	.000	-145.8314	-42.4795
			octubre	-31.33462	22.57316	.637	-94.4532	31.7839
			diciemb	-14.13462	24.11532	.977	-81.5653	53.2961
		diciemb	agosto	-89.29167*	21.90910	.001	-150.5534	-28.0300
			septiem	-80.02083*	21.90910	.004	-141.2825	-18.7591
			octubre	-17.20000	25.45607	.961	-88.3797	53.9797
			noviemb	14.13462	24.11532	.977	-53.2961	81.5653
Game S-Howell	agosto	septiem	9.27083	17.70675	.984	-41.2575	59.7992	
		octubre	72.09167*	18.92413	.005	17.1698	127.0135	
		noviemb	103.42628*	18.11417	.000	51.3461	155.5064	
		diciemb	89.29167*	19.34241	.001	32.4220	146.1613	

septiem	agosto	-9.27083	17.7067 5	.984	-59.7992	41.2575
	octubre	62.82083*	15.6758 8	.005	16.2583	109.3834
	noviemb	94.15545*	14.6878 8	.000	51.5626	136.7483
	diciemb	80.02083*	16.1783 6	.001	30.6346	129.4071
octubre	agosto	-72.09167*	18.92413	.005	-127.0135	-17.1698
	septiem	-62.82083*	15.67588	.005	-109.3834	-16.2583
	noviemb	31.33462	16.13467	.329	-17.0241	79.6934
	diciemb	17.20000	17.50238	.859	-36.6242	71.0242
noviemb	agosto	-103.42628*	18.11417	.000	-155.5064	-51.3461
	septiem	-94.15545*	14.68788	.000	-136.7483	-51.5626
	octubre	-31.33462	16.13467	.329	-79.6934	17.0241
	diciemb	-14.13462	16.62328	.911	-65.1178	36.8486
diciemb	agosto	-89.29167*	19.34241	.001	-146.1613	-32.4220
	septiem	-80.02083*	16.17836	.001	-129.4071	-30.6346
	octubre	-17.20000	17.50238	.859	-71.0242	36.6242
	noviemb	14.13462	16.62328	.911	-36.8486	65.1178

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

captura total grande

		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
mes			1	2
HSD de Tukey ^{a,b}	noviemb	13	154.2692	
	octubre	10	224.6500	224.6500
	agosto	24	246.0417	246.0417
	septiem	24		285.9792
	diciemb	8		297.4375
	Sig.			.231

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

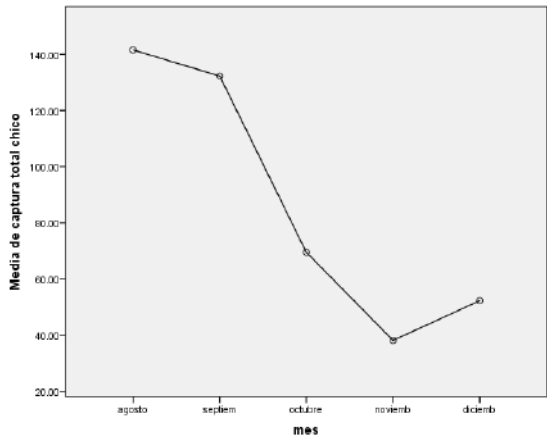
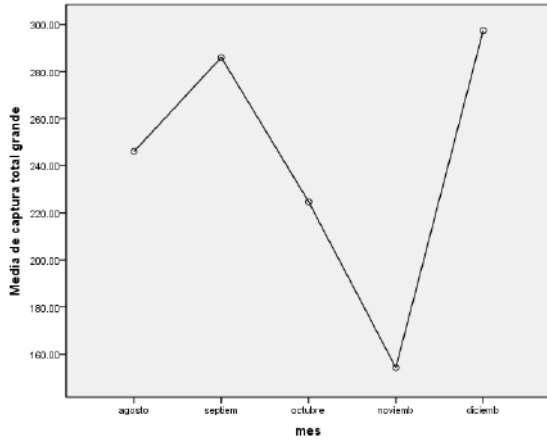
- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12.978.
- b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

captura total chico

		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
mes			1	2
HSD de Tukey ^{a,b}	noviemb	13	38.1154	
	diciemb	8	52.2500	
	octubre	10	69.4500	
	septiem	24		132.2708
	agosto	24		141.5417
	Sig.			.574

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12.978.
- b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.



Anexo IV.- Componentes y variables de segundo nivel del MASS.

Dimensiones del SSC	Variables de segundo nivel
SR-Sistema de Recurso	SR1-Sector SR2-Claridad de los límites del sistema SR3-Tamaño del sistema de recurso SR4-Infraestructura SR5-Productividad del sistema SR6-Propiedades de equilibrio SR7-Previsibilidad de las dinámicas del sistema SR8-Características de almacenamiento SR9-Ubicación
UR-Unidades de Recurso	UR1-Movilidad de la unidad del recurso UR2-Crecimiento o tasa de reposición UR3-Interacción entre las unidades de recurso UR4-Valor económico UR5-Número de unidades UR6-Características distintivas UR7-Distribución espacial y temporal
SG-Sistema de Gobernanza	SG1-Área de política pública SG2-Escala geográfica del sistema de gobernanza SG3-Población SG4-Tipo de régimen SG5-Organizaciones que laboran reglas (gubernamentales y no gubernamentales) SG6-Reglas en uso SG7-Sistema de derechos de propiedad SG8-Repertorio de normas y estrategias SG9-Estructura de red SG10-Continuidad histórica
A-Actores y Usuarios	A1-Número de actores relevantes A2-Atributos socioeconómicos A3-Historia y experiencias pasadas. A4-Ubicación. A5-Liderazgo/espíritu empresarial A6-Normas (confianza-reciprocidad/capital social). A7-Conocimientos del sistema socioecológico/modelos mentales. A8-Importancia del recurso. A9-Tecnología disponible
S-Contexto social, económico y político	S1-Desarrollo económico S2-Tendencia demográfica S3-Estabilidad política S4-Otros sistemas de gobernanza S5-Mercados S6-Medios de comunicación S7-Tecnologías
I-Interacciones	I1-Captura/recolección I2-Intercambio de información I3-Procesos de deliberación I4-Conflicto

	I5-Actividades de investigación I6-Actividades de presión I7-Actividades de autoorganización I8-Actividades de red I9-Actividades de vigilancia I10-Actividades de evaluación
R-Resultados	R1-Medidas de rendimiento social (eficiencia, equidad, responsabilidad, sostenibilidad) R2-Medidas de rendimiento ecológico (sobreeplotación, resiliencia, biodiversidad, sostenibilidad) R3-Externalidades a otros sistemas socioecológicos
ECO-Ecosistemas relacionados	ECO1-Patrones climáticos ECO2-Patrones de polución ECO3-Flujos dentro y fuera del SSC central

Elaboración propia con base en: McGinnis y Ostrom, 2014; Basurto et al., 2013; Schlager y Ostrom, 1992; Oakerson 1994; Ostrom, 1990, 1999; Nagendra y Ostrom, 2012; SESMAD, 2014.

Anexo V. Aspectos biológicos y fisiológicos del pulpo maya tomados en cuenta para diseñar las NOMs

Aspectos generales del *Octopus maya*, hábitat, alimentación, crecimiento y desarrollo embrionario

Hábitat	Roca caliza (fondos duros y refugios) Sedimento arenoso-limoso Aguas someras 1-4 brazas (hasta 25) Aguas ligeramente turbias Fondos asociados con plantas marinas como <i>Thalassia testudinum</i>
Alimentación (carnívoros y en ciertas ocasiones practican canibalismo)	Etapas iniciales: zooplancton (anfípodos, isópodos y otras larvas de crustáceos) Juveniles y adultos: gasterópodos, bivalvos, cangrejos, camarones, langostas
Crecimiento	Fase inicial: lento > 3 meses: rápido
Desarrollo embrionario Temperatura óptima: 25-26°C.	50-65 días en medio natural 45 en ambientes controlados
Ciclo de vida	8-12 meses

Fuente: Solís-Ramírez, 1994,1997; Rodríguez-Serna y Carmona-Osalde, 2008; Zúñiga, 1995; Mangold, 1983; Solís, 1967; Heukelem, 1983.

Factores físicos ambientales, fecundidad, madurez sexual, temporada de reproducción y su relación con la NOM-008-SAG/PESC-2015.

Factores ambientales críticos en reproducción, desarrollo embrionario y ciclo de vida

Luz
Temperatura
Disponibilidad de alimento

Fecundidad	500-2000 huevos 17mm largo; 4.5mm ancho Semélparos (se reproducen y luego mueren)	
Madurez sexual	3-5 meses Alrededor de los 400 grs Puesta: 8 meses en promedio	110 mm (talla mínima de captura en longitud de manto) o 450 grs de peso según la NOM
Temporada de reproducción	Apareamiento: septiembre-octubre Puesta e incubación: noviembre-diciembre Eclosión: enero-febrero	16-dic al 31 jul, veda de acuerdo con la NOM

Elaboración con base en: Solís-Ramírez, 1994,1997; Rodríguez-Serna y Carmona-Osalde, 2008; Zúñiga, 1995; Mangold, 1983; Solís, 1967; Heukelem, 1983.

Anexo VI. Diferencia entre la pesca de baja escala vs industrial

Pesca industrial vs pequeña escala a nivel mundial

	Pesca industrial	Pesca en Pequeña Escala (PPE)
Pesca de captura (a)	40	40
Empleos generados (b)	5	50
Consumo de combustibles (a)	37	5
Subsidios (c)	8-20	5-7
Especies	pocas	Múltiples
Embarcaciones	>24 m	<24

Elaboración propia con base en: Jacket y Pauly, 2008; Carvalho et al., 2011; FAO, 2016.

(a) Millones de toneladas; (b) millones; (c) miles de millones de dólares.

Pesca industrial y de pequeña escala periodo, 2006-2014, en México.

	Pesca industrial	Pesca en Pequeña Escala (PPE)
Pesca de captura (a)	~818 (65%)	~445 (35%)
Pescadores	15,925	222,855
Métodos de pesca	2 (redes)	18
Especies (d)	48 (9 grupos)	665 (52 grupos)
Embarcaciones eslora (e)	>24	<24
Capacidad de carga (f)	>10	<3
Autonomía (g)	>10	1-2

Elaboración propia con base en: Martínez-Estrada et al., 2017, dataMares.org; DOF, 2020.

Nota: captura media base 2006-2014 (1,262,541 t)

Valoración: (a) miles de toneladas; (b) miles; (d) número de; (e) metros; (f) toneladas; (g) días

Anexo VII. Valoración Económica exportaciones/importaciones de productos pesqueros 2017

Las exportaciones generan importantes ingresos con un número reducido de especies, sobre las cuales se ejerce gran presión. Se tomó como ejemplo la balanza comercial de los principales productos pesqueros en el 2017. En este año, se exportaron 291,295 toneladas con un valor de 1,266 mdd y se importaron 400 031 toneladas con un valor de 1,219 mdd, con un superávit de 47 mdd. Sin embargo, el volumen importado superó en 108,718 toneladas al exportado (Martínez, 2019), este punto es importante señalarlo porque significa que se exportan productos pesqueros con alta valoración económica, lo que permite especular que de acuerdo con el precio hay una valoración cualitativa intrínseca.

Principales exportaciones y valoración económica, 2017.

Especies	MDD*
Camarón	388
Atún	231
Harina de pescado	115
Langosta	89
Pulpo	57
Total	880

Fuente: Martínez, 2019.

*MDD (millones de dólares)

Principales importaciones y valoración económica, 2017.

Especies	MDD*
Atún	230
Tilapia	224
Camarón	172
Basa	160
Total	786

Fuente: CONAPESCA, 2018; Martínez, 2019.

*MDD (millones de dólares)

Anexo VIII. Condiciones de analfabetismo, seguridad alimentaria y marginación de las familias de pescadores de pulpo en México al 2017.

Nivel de analfabetismo y número de integrantes en familias dedicadas a la actividad del pulpo en México, 2017.

	M	H
Jefes de familia dedicados a la captura del pulpo	12.49%	87.51%
Analfabetismo	4.14%	10.28%
Número de integrantes por familia		
Yucatán	2	4
Guerrero	n/d	4
Campeche	n/d	4
Nayarit	n/d	7
Colima	4	5.5

Fuente: Contreras, 2019.

Seguridad alimentaria en familias dedicadas a la captura del pulpo, México, 2017.

Población adulta y menores de 18 años	Seguridad alimentaria	Inseguridad Leve	Inseguridad Moderada
Hogares dirigidos por hombres	77.89	12.89	12.31
Hogares dirigidos por mujeres	75.68		24.32

Fuente: Contreras, 2019.

Condiciones de marginación en familias dedicadas a la actividad del pulpo en México al 2017.

Nivel de marginación	Alta	Media	Baja	Muy baja
Porcentaje de familias evaluadas	31.61	45.63	7.54	15.23

Fuente: Contreras, 2019.

Anexo IX. Aportes de Kahneman y Tversky a la Teoría de la Racionalidad Limitada

Aportes de Kahneman a la teoría de la racionalidad limitada

Aporte	Autores/año	Descripción
<i>Aversión de la pérdida de elección libre de riesgo</i>	Tversky y Kahneman (1991)	Se basa en la hipótesis de que las pérdidas y las desventajas tienen mayor impacto en las preferencias de las personas que las ganancias y las ventajas. La elección que ejerce una persona depende del nivel de statu quo o referencia -los cambios del punto de referencia suelen llevar a revertir la preferencia-.
<i>Bajas probabilidades de utilidad</i>	Kunreuther, Novemsky y Kahneman (2001)	Estudia cómo las personas procesan la información sobre eventos negativos con alta probabilidad de ocurrencia. Concluyen que las personas requieren mucha información del contexto en el que ocurren los hechos para poder juzgar las diferencias entre los riesgos sometidos a su consideración. Para valorar el riesgo en toda su dimensión, debe encontrarse dentro de la escala de probabilidad percibida por la persona.
<i>Mapas de racionalidad limitada</i>	Kahneman (2002)	Explora la psicología de las creencias y las opiniones intuitivas, y examina su racionalidad limitada. Analiza los heurísticos de juicio, la elección arriesgada y los efectos que producen. Estudia las intuiciones, los pensamientos y las preferencias que vienen a la mente de inmediato, sin tiempo para la reflexión. Analiza la noción de que los pensamientos se diferencian en una dimensión de la accesibilidad. Significa que unos vienen a la mente mucho más fácil que otros. Además, plantean la distinción entre los pensamientos intuitivos y los deliberados.
<i>Los sesgos en la toma de decisiones</i>	Kahneman, Lovallo y Sibony (2011)	Estudian el impacto de los sesgos sobre las decisiones estratégicas, planteando formas de detectarlos. Relacionan el concepto de los sesgos con posibles fallas del individuo con la percepción. Además de estas fallas, introducen otras causas que, aunque no están directamente relacionadas con los sesgos, influyen a la hora de la toma de decisiones. Resaltan la importancia de la economía conductual a la hora de tomar decisiones, retomando la idea original de los sesgos cognitivos y su impacto en la toma de decisiones.
<i>Pensar rápido, pensar despacio</i>	Kahneman (2012)	Presenta de qué manera trabaja la mente, teniendo en cuenta los más recientes avances en psicología cognitiva y social. Define dos vías de pensamiento: el Sistema 1, rápido, intuitivo y emocional; y el Sistema 2, lento, esforzado y racional. El sistema 1: es intuitivo, opera sin ningún esquema de pensamiento, es lo primero que viene a la mente. El sistema 2: es racional, tiene asociada una actividad mental completa y un trabajo de análisis. Una de sus funciones es observar y controlar las acciones planteadas por el sistema 1.

Fuente: Barón y Zapata, 2018.

Anexo X. Procesos estadísticos del Capítulo 6, valorado con SPSS

Estatus

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Pescador local	21	51.2	51.2	51.2
	Pescador migrante	11	26.8	26.8	78.0
	Pescador temporal	9	22.0	22.0	100.0
	Total	41	100.0	100.0	

Estadísticos

Origen del pescador

N	Válidos	41
	Perdidos	0
Media		1.7073
Error típ. de la media		.12709
Mediana		1.0000
Moda		1.00
Desv. típ.		.81375
Varianza		.662
Rango		2.00
Mínimo		1.00
Máximo		3.00

Estadísticos

Permiso de captura

N	Válidos	41
	Perdidos	0
Media		1.20
Error típ. de la media		.072
Mediana		1.00
Moda		1
Desv. típ.		.459
Varianza		.211
Rango		2
Mínimo		1
Máximo		3

Permiso de captura

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	No importante	34	82.9	82.9	82.9
	Más o menos importante	6	14.6	14.6	97.6
	Muy importante	1	2.4	2.4	100.0
	Total	41	100.0	100.0	

Estadísticos descriptivos

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Okol	41	2.00	1.00	3.00	2.4390	.89579	.802
Jaiba	41	2.00	1.00	3.00	1.6098	.73750	.544
Cangrejo herradura	41	2.00	1.00	3.00	1.0488	.31235	.098
Maxquil	41	2.00	1.00	3.00	1.3171	.60988	.372
Cabeza de langosta	41	2.00	1.00	3.00	1.4878	.86954	.756
N válido (según lista)	41						

Okol

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	poca preferencia	11	26.8	26.8	26.8
	mediana preferencia	1	2.4	2.4	29.3
	Alta preferencia	29	70.7	70.7	100.0
	Total	41	100.0	100.0	

Jaiba

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	poca preferencia	22	53.7	53.7	53.7
	mediana preferencia	13	31.7	31.7	85.4
	Alta preferencia	6	14.6	14.6	100.0
	Total	41	100.0	100.0	

Cangrejo herradura

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	poca preferencia	40	97.6	97.6	97.6
	Alta preferencia	1	2.4	2.4	100.0
	Total	41	100.0	100.0	

Maxquil

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	poca preferencia	31	75.6	75.6	75.6
	mediana preferencia	7	17.1	17.1	92.7
	Alta preferencia	3	7.3	7.3	100.0
	Total	41	100.0	100.0	

Cabeza de langosta

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	poca preferencia	31	75.6	75.6	75.6
	Alta preferencia	10	24.4	24.4	100.0
	Total	41	100.0	100.0	

Anexo XI. Instrumento de investigación y resumen de respuestas de entrevistas realizadas en la costa norte de Yucatán, temporada 2021-captura *O. maya*.

1) Datos generales

Pregunta guía	asignado	Observado	¿Qué otras actividades desempeña o realiza?	¿Podría indicarme cuál es su último grado de estudios?	¿Podría indicarme cuál es su edad?	¿Podría indicarme durante cuánto tiempo ha desarrollado la actividad como pescador?	Podría mencionar ¿cuántos dependientes económicos tiene?		
Variable	Seudónimo del pescador	Número de pescador	Sexo	Actividad alternativa	escolaridad	Edad	Tiempo como pescador	dependientes económicos	
Escala de medición		Escala: 1=bajo; 2=medio; 3=alto			1=primaria y/o secundaria; 2=preparatoria; 3=licenciatura				
	Ricardo	1 m		Ingeniero		3	42	5	3
	Esteban	2 m		buzo		2	67	62	1
	Arturo	3 m		buzo		3	62	35	4
	Eduardo	4 m		escama		1	42	30	4
	Valerio	5 m		escama		1	42	20	3
	Luis	6 m		escama		1	73	67	1
	Francisco	7 m		escama		1	66	56	1
	Irvin	8 m		escama		1	32	24	3
	Vladimir	9 m		albañilería		1	23	16	3
	Teresa	10 f		cocina		2	52	20	1
	Luis Rey	11 m		escama		1	53	40	1
	Gabriel	12 m		escama		1	37	22	3
	Oscar	13 m		electrico		2	39	20	3
	Natanael	14 m		buzo		2	35	5	2
	Oswaldo	15 m		escama		1	46	38	4
	Manuel	16 m		escama		1	66	43	2
	Ricardo B.	17 m		escama		1	69	45	4
	José L.	18 m		escama		1	55	35	2
	Wilbert	19 m		escama		1	40	25	2
	Antonio U.	20 m		albañilería		1	29	11	2
	Carlos A.	21 m		albañilería		1	26	4	1
	Vicente C.	22 m		albañilería		1	47	34	1
	Gabriel H.	23 m		Vendedor de ras		1	58	1	2
	Luis A.	24 m		albañilería		1	30	22	2
	Porfirio Ch.	25 m		Pulpo/temporac		1	76	56	6
	Ángel M.	26 m		escama		2	31	2	3
	Pedro V.	27 m		escama		1	35	20	3
	Sebastián C.	28 m		Ostión		2	35	4	4
	Félix	29 m		albañilería		1	66	50	4
	Marcos P.	30 m		escama		1	34	19	2
	Jorge C.	31 m		buzo/langosta		1	46	30	3
	Bernabé H.	32 m		escama		1	65	40	6
	Guadalupe F.	33 m		albañilería		1	58	43	3
	Felipe F.	34 m		escama		1	63	44	4
	Raúl C.	35 m		buzo/langosta		1	33	17	3
	Oscar Ch.	36 m		marinero		2	28	21	4
	Leandro C.	37 m		albañilería		1	54	34	1
	José M.	38 m		escama		1	60	45	2
	Alfonso F.	39 m		buzo/langosta		2	27	7	1
	Julian P.	40 m		pesca deportiva		1	48	25	5
	Carlos A.	41 m		Jaiba		1	52	40	4

2) Factores biofísicos (Capítulo 5)

De los factores físicos ambientales identificados como importantes para el éxito en la captura...		En su percepción, ¿cuál influye más en el éxito o fracaso en la captura de pulpo?		Respecto con lo que ha observado del pulpo maya, ¿qué decisión toma respecto a la captura cuando ve poca o mucha abundancia de pulpo y por qué?	Una vez que identifica que el pulpo maya comienza a vedarse, ¿qué decisión toma respecto a la captura y por qué?	
Factores físicos que inciden en la disponibilidad de captura	Escala: 1=bajo; 2=medio; 3=alto			Escala: 1=baja el esfuerzo; 2=mantiene el esfuerzo; 3=aumenta el esfuerzo		
Turbidez agua/claridad	TSM	Viento	Corriente marina	Naturaleza reproductiva del pulpo	Veda natural	
3	2	3	3	3	1	3
3	1	3	3	3	3	3
3	1	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3
3	2	3	3	3	3	3
3	1	3	3	3	3	3
3	1	3	3	3	3	3
3	1	3	3	3	3	3
2	1	3	3	3	3	3
3	3	2	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3
3	2	3	3	3	3	3
3	2	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3	3
3	1	3	3	3	3	3
3	2	3	3	3	3	3
2	1	2	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3	3
1	1	3	3	3	3	3
1	1	3	3	3	3	3
1	1	3	3	3	2	3
2	1	3	3	3	3	3
3	2	3	3	3	3	3
1	1	1	1	1	1	1
1	1	3	3	3	3	3
1	1	3	3	3	3	3
1	2	3	3	3	3	3
3	1	3	3	3	3	3
3	1	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3
2	1	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3
2	1	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3
1	1	3	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3	3

2) Factores económicos, políticos y sociales (Capítulo 5)

¿qué tanto considera usted que influye el precio en sus decisiones de captura?	¿qué tanto considera usted que influye el conocimiento del método en el éxito de captura ?	¿qué tanto le afecta la pesca furtiva o ilegal?	¿qué tanto le afecta la contaminación del mar en el éxito o fracaso de captura del pulpo maya?	¿qué tanto le afecta la competencia en sus capturas?
Precio	Conocimiento sobre gargeteo	Pesca furtiva	Contaminación	Competencia
3	3	2	1	3
2	3	1	1	3
3	2	3	2	3
3	2	3	1	2
3	2	1	1	1
3	2	3	1	3
3	2	3	1	3
3	2	3	1	2
3	2	3	2	2
3	3	3	2	3
3	3	3	1	3
3	3	2	1	3
3	3	2	2	3
3	3	3	2	3
3	3	3	2	3
3	3	3	2	3
3	3	3	3	3
3	3	3	3	3
3	2	3	2	3
3	3	3	2	3
3	1	3	1	2
3	3	3	2	3
3	3	3	3	3
1	1	1	1	1
3	3	3	3	3
3	3	3	2	2
3	3	3	2	2
3	3	3	1	3
3	3	2	3	3
3	3	3	2	3
3	3	3	3	3
3	3	3	3	3
3	3	3	3	3
3	3	3	3	3
3	3	3	3	3
3	2	2	3	3
3	3	3	3	3
3	3	3	1	2

3) Estatus de residencia del pescador (Capítulo 6)

Valor asignado de acuerdo con lugar de nacimiento vs lugar de residencia			¿Cuánto tiempo tiene viviendo en esta localidad?
1=local; 2=migrante; 3=temporal			
Estatus	lugar de origen	lugar de residencia	Tiempo en lugar de residencia
	1 Progreso	Progreso	42
	2 Veracruz	Progreso	15
	1 Progreso	Progreso	62
	2 Chetumal, Q. Roo	Progreso	30
	2 Chetumal, Q. Roo	Progreso	7
	2 Mérida	Progreso	40
	1 Progreso	Progreso	66
	1 Progreso	Progreso	32
	1 Progreso	Progreso	23
	1 Progreso	Progreso	52
	1 Progreso	Progreso	53
	1 Progreso	Progreso	37
	1 Progreso	Progreso	39
	3 Cárdenas, Tabasco	Progreso	temporal
	2 Alvarado, Veracruz	Progreso	25
	3 Sabancuy, Campeche	Progreso	temporal
	3 Sabancuy, Campeche	Progreso	temporal
	2 Sinaloa	Progreso	20
	2 Mérida	Progreso	7
	3 Alachó	Chuburná	temporal
	3 Tabasco	Chuburná	temporal
	3 Cárdenas, Tabasco	Chuburná	temporal
	3 Cárdenas, Tabasco	Chuburná	temporal
	1 Chuburná	Chuburná	30
	1 Chuburná	Chuburná	76
	3 Alachó	Chuburná	temporal
	2 Cárdenas, Tabasco	Chuburná	10
	3 Cárdenas, Tabasco	Chuburná	temporal
	1 Chuburná	Chuburná	66
	1 Chicxulub	Chicxulub	34
	1 Chicxulub	Chicxulub	46
	2 Acancé	Chicxulub	43
	1 Chicxulub	Chicxulub	58
	1 Chicxulub	Chicxulub	63
	1 Chicxulub	Chicxulub	33
	1 Chicxulub	Chicxulub	28
	2 Mérida	Chicxulub	20
	2 Tecantó	Chicxulub	35
	1 Chicxulub	Chicxulub	27
	1 Chelém	Chelém	48
	1 Chelém	Chelém	52

Anexo XII. Artículo publicado derivado del trabajo de investigación: <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1018728>



OPEN ACCESS

EDITED BY

Samiya Ahmed Selim,
Leibniz Centre for Tropical Marine
Research (LG), Germany

REVIEWED BY

Andrew M. Fischer,
University of Tasmania, Australia
Monica Cristina Rodriguez Palacio,
Metropolitan Autonomous University,
Mexico

*CORRESPONDENCE

Antonio Santamaría

✉ jose.santamaria@cinvestav.mx

Julia Fraga

✉ jfraga@cinvestav.mx

SPECIALTY SECTION

This article was submitted to
Marine Conservation and Sustainability,
a section of the journal
Frontiers in Marine Science

RECEIVED 13 August 2022

ACCEPTED 10 January 2023

PUBLISHED 26 January 2023

CITATION

Santamaría A, Euán Ávila JI, Munguia-Rosas
MA, Saldívar-Lucio R and Fraga J (2023)
Environmental variability and governance:
The fishery of *Octopus maya* in Yucatan, Mexico.
Front. Mar. Sci. 10:1018728.
doi: 10.3389/fmars.2023.1018728

COPYRIGHT

© 2023 Santamaría, Euán Ávila, Munguia-
Rosas, Saldívar-Lucio and Fraga. This is an
open-access article distributed under the
terms of the [Creative Commons Attribution
License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). The use, distribution or
reproduction in other forums is permitted,
provided the original author(s) and the
copyright owner(s) are credited and that
the original publication in this journal is
cited, in accordance with accepted
academic practice. No use, distribution or
reproduction is permitted which does not
comply with these terms.

Environmental variability and governance: The fishery of *Octopus maya* in Yucatan, Mexico

Antonio Santamaría^{1*}, Jorge I. Euán Ávila²,
Miguel A. Munguia-Rosas¹, Romeo Saldívar-Lucio³
and Julia Fraga^{4*}

¹Departamento de Ecología Humana, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav), Unidad Mérida, Mérida, Mexico, ²Departamento de Recursos del Mar, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav), Unidad Mérida, Mérida, Mexico, ³Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE), La Paz, B.C.S., Mexico, ⁴Laboratorio de Antropología Marítima, Departamento de Ecología Humana, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav), Unidad Mérida, Mérida, Mexico

In the socio-ecological system of the Mayan octopus, climate change, natural variability and human decisions impact the dynamics and population structure of the octopus. Since fishing decisions have been made out of synchrony concerning the octopus's natural response, the system's sustainability is put at risk. Sustainability is a socially desirable, environmentally necessary, and economically viable goal; since it contributes positively to food security, ways, and lifestyles. The objective of this work is to deepen the study of the perception of the fishermen of Progreso, Yucatán regarding the interactions between the Mayan octopus, the variability in the environment, the governance system, and fishing decisions. It was developed from a qualitative and quantitative approach, and bonds of trust were created for a year adopting an ethnographic approach to deepen the use of language, feelings, and emotions. To obtain information, open and semi-structured interviews, participant observation, and documentary research were carried out. For the analysis and evaluation of perceptions and fishing decisions, a non-parametric test was used through the modeling of structural equations with Partial Least Squares (PLS). It was found that, although the quantity to be captured is strongly influenced by the market, the strong incidence of changes in the environment on capture decisions stands out among the results. The experiences and knowledge of the fishermen about the marine environment represent an opportunity to contribute to the process of evolution of the socio-ecological system of the Mayan octopus, towards the establishment of norms and agreements between the different actors and contribute to the construction of resilience and sustainability against the overexploitation and environmental variability.

KEYWORDS

governance, environmental variability, socioecological system, Mayan octopus, Yucatan fishermen, fishing decisions

Introduction

In 1974, according to the [FAO \(2022\)](#), 10% of the fishing stocks were exploited at biologically unsustainable levels, a situation that has been increasing until reaching 35.4% in 2019. Added to the pressure on fishery resources is climate change, which may influence the redistribution of fish stocks and their catches, predicting an increase in high latitudes and a decrease in low latitudes with repercussions for developing countries in the tropics ([Porter et al., 2014](#); [FAO, 2020](#)). One of the physical factors observed is the sea's surface temperature, which in the Gulf of Mexico oscillates between 22 and 30°C. Current scenarios suggest increases between 0.2 and 0.3°C per decade, which implies increases of 1 to 2°C in the next 50 years ([IPCC, 2014](#)). Knowing the thermal tolerance of some fishing species is necessary to establish the most appropriate way to manage them ([Rosas et al., 2021](#)), and how fishermen interact with some species such as *Octopus maya* in the context of environmental variability. It becomes relevant since it is likely that they will be forced to migrate to deeper areas or to the north, which would imply a change in the structure of the fishing communities ([Rosas et al., 2021](#)). This change could occur gradually and irreversibly as part of climate change ([Orellana, 2009](#)) in the next 30 to 50 years.

The Mayan octopus fishery takes place off the coast of the Yucatan peninsula in the States of Campeche, Yucatan, and to a lesser extent in northern Quintana Roo. The capture is subject to a series of regulations that regulate the actions of the fishermen: NOM-008-SAG/PESC-2015 establishes the closure of the Mayan octopus capture season from December 16 to July 31 and NOM-008-PESC-1993 establishes the minimum capture size in mantle length of 110 mm or 450 grams of weight, and the permitted capture method known as “gareteo” (the fishing method that consists of drifting the boat and the ropes with the bait, generally crabs, and that simulate a movement as if they were alive).

Given the complexity of small-scale fisheries (i.e., many fishers, species caught, and habitats exploited) and the lack of reliable data, classical tools such as setting catch limits based on stock assessments are unlikely to be practical or effective ([Selgrath et al., 2014](#)). This is the case of the Mayan octopus in Yucatan whose catch quota suggested by INAPESCA is constantly doubling. In this fishery, the norms and rules constitute an essential element for its operation since it integrates biophysical and social components as a system. The integration of the social system and ecosystems is what [Ostrom \(2009\)](#) called socio-ecological systems. When natural systems are related to social systems, mutual feedback processes occur, characterized by their interdependence and complexity at different spatial, temporal, and functional scales ([Cox, 2011](#)). On the one hand, the authorities establish limits (for example, fishing regulations) to make fishing sustainable, as shown by the objectives of the Program for the Promotion of Fisheries and Aquaculture Productivity in Mexico ([DOF, 2019](#)). On the other hand, fishing decisions are related to factors such as income, distance, and security that influence the movement of fishermen ([Selgrath et al., 2014](#)) and involve where, how, when, and how much to fish. However, fishing decisions can be modulated by the influence of physical (e.g., wind, sea surface temperature) and biological (e.g., reproduction, feeding) factors. Both play a fundamental role in the distribution and abundance of marine species ([Pabon, 1998](#)).

To facilitate the study of fisheries such as the Mayan octopus, the Social and Ecological Systems Analysis Framework (MASS) allows the identification of components, relationships, and variables that facilitate their analysis ([Ostrom, 2009](#); [Ospina, 2012](#); [McGinnis and Ostrom, 2014](#)). However, an imbalance of this theoretical approach, inherited from the theory of common resources, is characterized by the absence of visualization of biophysical factors, even though the social system does perceive these changes and they are part of ecological knowledge ([Ruddle, 1993](#); [Epstein et al., 2013](#); [Binder et al., 2013](#)). This theoretical approach is complemented by concepts such as scale, self-organization, emergent properties, irreversibility, and resilience ([Levin, 1999](#)) that contribute to the understanding of socio-ecological systems. For example, for resilience, nonlinearity is often seen through threshold effects, while irreversibility means that the system has changed to such an extent that it can no longer return to its original state ([Berkes et al., 2003](#)).

In the case of the variability of physical factors, it is important to distinguish in which of the scales of climatic variability they occur since they can be perceived by fishermen. Climate Variability (VC) responds to climate fluctuations on various scales of time and space, refers to variations in the average state compared to normal values, and can be expressed in precipitation, temperature, or humidity, among other parameters. These deviations from normal values are known as climatic variability, they are quantified by calculating anomalies and are evident in short periods ([Montealegre and Pabon, 2000](#)). While climate change implies the non-return of the average conditions of the normal values of the atmosphere, a process that occurs in the long term and irreversibly, mainly attributable to human activity ([IPCC, 2014](#); [Orellana, 2009](#)). According to [Boshell et al. \(2011\)](#) and [Orellana, \(2009\)](#), the following scales of climate variability are recognized: a) intra-seasonal scale (summers, and intensification of rains), seasonal (rainy and dry) short periods of months, seasons and years, concerning the annual cycle it is common to recognize seasons (winter, spring, summer, and autumn) in mid-latitudes, in tropical latitudes the frequent thing is the alternation between rainy and dry seasons. On the interannual scale, there are cycles of more than one year in duration, typical examples of interannual VC are the phenomena framed within the cycle known as El Niño or La Niña (ENSO); b) interdecadal or episodic scale of decades, on this scale climate fluctuations manifest themselves for decades ([Montealegre, 2009](#)); c) secular or centuries-long variations and d) variations in thousands of years. It is the intra-seasonal climatic variability that, according to field observations, is perceived and recognized by fishermen.

In the case of the Octopus maya, the already mentioned physical factors and others such as light, precipitation, or the hard bottom, have an important influence on the biology of the octopus in aspects such as its development, growth, reproduction, and distribution ([McGowan et al., 1998](#); [Harley et al., 2006](#)). Consequently, in the establishment of norms and rules whose objective is to regulate the behavior of the actors (e.g., fishermen and distributors) in their interactions with the resource unit (Mayan octopus) and the resource system (coastal marine space as the habitat of the Mayan octopus) ([Ostrom, 2005](#); [Dietz et al., 2013](#)). The design and implementation of norms underlie the governance system that moves between the monocentric and the polycentric (hierarchical and horizontal), which refers to the way decisions are made by the

authorities of the federal/central government mainly (Berkes et al., 2001; Whittingham, 2010).

Achieving and maintaining the sustainability of the socio-ecological system of the Mayan octopus implies facing complex challenges such as knowing the possible interactions between its components. Depending on the physical state of the environment and the response of the species, the system of agreements that underlies the management and governance of the Mayan octopus can be favored, threatened, or broken. Hence, the present work aims to know the perception of the fishermen of Progreso on biophysical aspects relevant to the Mayan octopus fishery, environmental variability, and the governance system.

Materials and methods

Two methodological approaches were used to understand Maya octopus fishing as a socio-ecological system: the first was slow and exploratory, at this stage the establishment of trust allowed us to deepen the use of language, feelings, and emotions of the fishermen (Woodruff and Aoki, 2004; Drew, 2005); the second approach was quantitative, using the SmartPLS software (Ringle et al., 2015) and with the support of socio-ecological systems theory (Ostrom, 2009; Cox, 2011). This allowed the ranking of complete sentences that the fishermen themselves revealed as general ideas and that was significant for new working hypotheses and explanations of the previous ones. Both forms of approach in an ethnographic and grounded theory (Glaser and Strauss, 1999) and conventional process, in which the socio-ecological system was deeply reflected for at least one year (2020) before the fieldwork carried out in 2021. The conversations with the fishermen were analyzed from a human ecology perspective (McCay, 1978; Berkes et al., 2001).

Ethnography and the conversational method (Delin, 2000; Woodruff and Aoki, 2004; Drew, 2005) were conducted from August 1 to December 15, 2021 (Mayan octopus harvest period). Open, semi-structured interviews and participant observation were used. To obtain information, the qualitative research cycle was followed according to Creswell (1994), who suggests that once the study area is defined, it is necessary to 1) manage access and establish rapport; 2) establish sampling strategies; 3) operationalize the measurement instrument for which Likert-type scales were used (scalar measurement: low, medium, high) with ordinal type variables to perform quantitative analysis, to obtain data a semi-structured interview, participant observation, and documentary research were carried out and; 4) ordering, capturing, storing and processing information, a process that allowed cyclical adjustments through learning.

An intentional type of sampling was applied (Aldridge, 2001), taking artisanal Mayan octopus fishermen as the target population. The cyclical nature of this work made it possible to comply with the saturation principle (Taylor and Bogdan, 1996), which establishes that between 30 and 60 interviews the answers are usually repetitive, so no more relevant information will be obtained after exceeding this number (Crouch and McKenzie, 2006; Mason, 2010), 41 interviews were conducted (n=41; Progreso=19, Chuburná=10, Chicxulub=10, Chelém=2) (Figure 1).

The information obtained was classified and captured in Word and Excel format, and it was evaluated through categorization and frequency analysis with the support of the SPSS program. With the SmartPLS, a second-generation multivariate analysis was carried out to increase the confidence level in the empirical research, allowing to simultaneously examine a series of dependency relationships between independent and dependent variables. This non-parametric test of structural equation modeling was carried out using analysis of variance with Partial Least Squares (PLS), whose objective is to increase the explanatory and predictive capacity of the empirical verification of the theory (Henseler et al., 2016; Hair et al., 2017; Martínez and Fierro, 2018).

In this way, by induction and deduction, the reactions, impressions, and local knowledge of the artisanal fishermen who fish during the permitted period (four and a half months of the year) and the closed season (for seven and a half months), the understanding of that environmental variability is part of the socioecological system of the Mayan octopus.

Valuation criteria for the estimation of the structural and measurement models

For model estimation, the PLS algorithm (partial least squares) was calculated. This statistical technique is characterized by two basic components: the structural model and the measurement model. The structural model contains the relationships between exogenous (independent) and endogenous (dependent) variables, while the

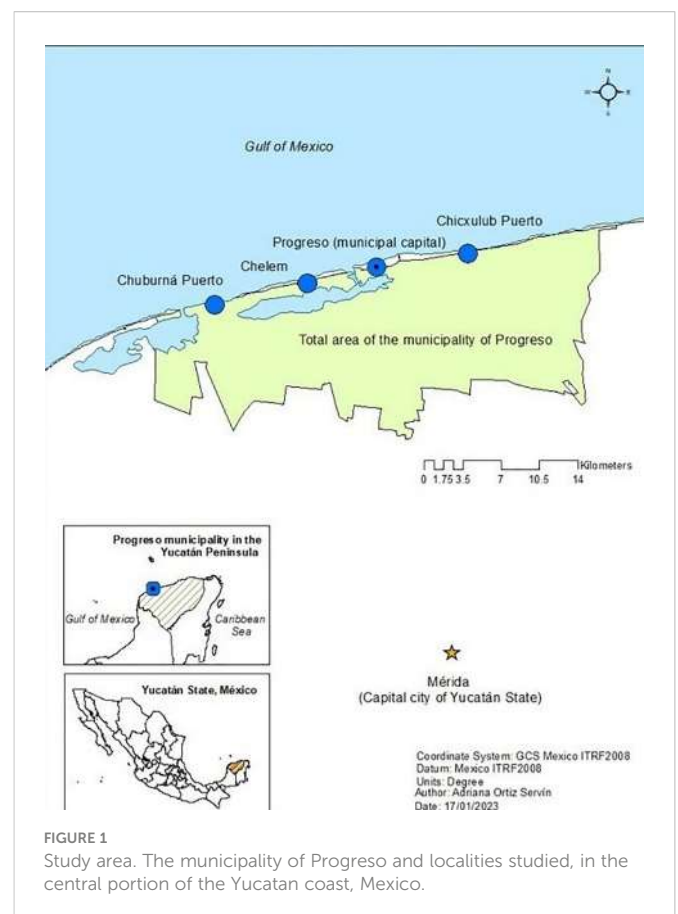


FIGURE 1 Study area. The municipality of Progreso and localities studied, in the central portion of the Yucatan coast, Mexico.

measurement model represents the relationships between the constructs (latent variables) and the indicators (observable variables).

The PLS approach was developed to reflect the theoretical and empirical conditions applied in the social sciences and behavioral sciences. The PLS mathematical procedures are robust and rigorous, but at the same time, they are flexible because they do not establish rigid premises in the distribution of data, measurement scales, or sample size (Martínez and Fierro, 2018).

The values obtained with the estimation of the model, in general, allowed us to analyze and quantify the relationship between variables and the quality criteria, among which stand out: a) the loads or factorial weights (pf), which show the relationship between the observable variables and the latent variables, considering those higher than 0.7 adequate (Carmines and Zeller, 1979); b) the path coefficient (Cp), which allows evaluating the level of causality between constructs, applying the range from -1 to 1, where values close to 0 (zero) show less convergence and values ≥ 0.7 show a strong relationship, according to Bagozzi (1994) and Chin (2010); c) the coefficient of determination (R^2) reflects the amount of variance of the construct that is explained by the other constructs, also called predictor variables. The parameters that show a strong, moderate or weak relationship oscillate around 0.67, 0.33, or 0.10 respectively, according to Falk and Miller (1992) and Chin (1998); d) the value of f^2 allows assessing the impact of a construct when another construct is omitted from the model, where values of 0.02, 0.15 and 0.35 indicate a small, medium and large effect respectively (Cohen, 1998); e) internal consistency, shows the reliability of the construct, in SmartPLS the Composite Reliability Index (IFC) is generated. It is suggested to consider this index as valid when it reaches values of 0.7, 0.8, or 0.9, which mean modest, adequate, and high levels, respectively (Nunnally and Bernstein, 1994). The IFC is more suitable for PLS than Cronbach's alpha as it does not assume that all indicators receive the same weight (Chin, 1998); f) the evaluation of the model, in general, was carried out with a single criterion, the normalization of the residual root mean square (SRMR), in which a correct model implies values >0.06 (Henseler et al., 2016).

Results

Environmental factors in the abundance of the Mayan octopus in the perception of fishermen during 2020

In the understanding of the components, attributes, and interactions of the socio-ecological system of the Mayan octopus, the value and importance of environmental variability as an attribute of the system, was found. For example, a merchant-fisherman from the town of "El Playón" in Progreso expressed the following:

"... last year there were many hurricanes, storms, and "northern" events, this influenced the octopus to store it earlier, the excess rainfall and colder water made it take refuge earlier. What usually happens between November and December, but last season it happened between September and October, the egg was already too big for those dates and that's why it was scarce.

This perception was shared by 95% of those interviewed and it was possible to verify that precipitation reached 1802.2 mm/m² in

2020, while the average recorded in the period 2014-2019 was 1051.2 mm/m², representing an increase of 42% (CONAGUA, 2022).

Another factor was the interruption of operations due to the impact of COVID-19, which influenced the low catches and the market-price subsystem. The low price that octopuses reached in the season encouraged some demand from the local market and seafood packers. In this context, the fishing sector requested an extension of the capture period, to which the authorities granted a 15-day extension, an agreement published on December 15, 2020 (DOF, 2020). The catches recorded in 2020 were 29% less than the quota established as the maximum catch, unfortunately, this limit has been exceeded by more than 100% systematically for several years.

Estimation of the measurement and structural models for the understanding of the socio-ecological system of the Mayan octopus

In the fieldwork carried out in 2021, the fishing decisions related to the most frequently observable variables were observed, as well as the level of influence (Table 1).

In addition, the observed variables were quantitatively assessed using the factor loadings (measurement estimate) and the structural estimate (Figure 2). To facilitate the understanding of the results, the factor loadings of the model were included in Table 2.

Reproductive capacity and natural closure, its influence on the abundance and governance of the Mayan octopus according to the perception of the fishermen

According to the perception of the fishermen, the high reproductive capacity of the octopuses and the care of the mother over the eggs guarantee the abundance of the resource. This could be perceived in the interviews, for example:

"...the octopus will never end, there are many octopuses, and they lay thousands of eggs, up to 5,000"

"...it will not end, it lays thousands of eggs, imagine a single octopus lays thousand and there are thousands of octopuses".

The apparent abundance and high price that octopus reached during the season increased fishing efforts. In the estimation of the measurement model, the natural closure and the reproductive capacity directly affect the perception of the fishermen with values of 0.96 and 0.80 (Table 2). Whose fishing decision of all the actors is oriented to increase the fishing effort (Table 1). In contrast, fishing permits (pf=0.57) and regulatory issues (pf=0.95) (Table 2) had a weak effect (Cp= -0.18) on capture decisions (Figure 2).

Physical factors of the environment and their influence on fishing decisions

The physical factors identified in the interviews were turbidity, sea surface temperature (SST), wind, and marine currents, as those

TABLE 1 Observable variables and fishing decisions.

Observable Variables	Influence level	Proportion (%)	Fishing decisions observed in the field
Competition for other anglers	3 (strong)	75.6	Increase in fishing effort
Knowledge about dribbling	3	70.7	Determine the type of bait, length, and control of ropes, location, perception of the physical environment, orientation, and use of the brake on the boat.
Illegal fishing	3	78	Increase in fishing effort.
Fishing standards (regulations)	1 (weak)	78	Start of the fishing season, approach the fishing quota as a goal and use weight (450 grams) as a criterion to assess the price in the market.
Capture permissions	1	82.9	A condition that determines the way of working: independent, employer, boat owner, cooperative, assistant.
Turbidity	2 (moderate)	58.5	Location to fish
Sea surface temperature	two	48.8	Location to fish
Wind	3	92.7	Location, length, and control of ropes. Orientation of the boat and use of the brake. Increase or reduction of the working day.
Ocean currents	3	97.6	Location, length, and control of ropes. Orientation of the boat and use of the brake. Increase or reduction of the working day.
Octopus High Price	3	95.1	Increase in fishing effort and capture of non-standard specimens.
Reproductive capacity	3	92.7	Increase in fishing effort and capture of non-standard specimens.
Natural closure	3	97.6	Indicates the end of the permitted fishing period.

with the greatest influence on fishing decisions (Figure 2). Its factor loading (pf) was 0.42, 0.29, 0.92, and 0.95 (Table 2). As a construct, Physical Factors (Figure 2) strongly influenced the perception of the fishermen (Cp=0.87). The two physical factors that most strongly

influenced the fishing operations of fishermen at sea were the wind in 92.7% and sea currents in 97.6% of the interviewees (Table 1). The factors that influenced weakly and moderately were the temperature and the turbidity of the seawater related to the wind and

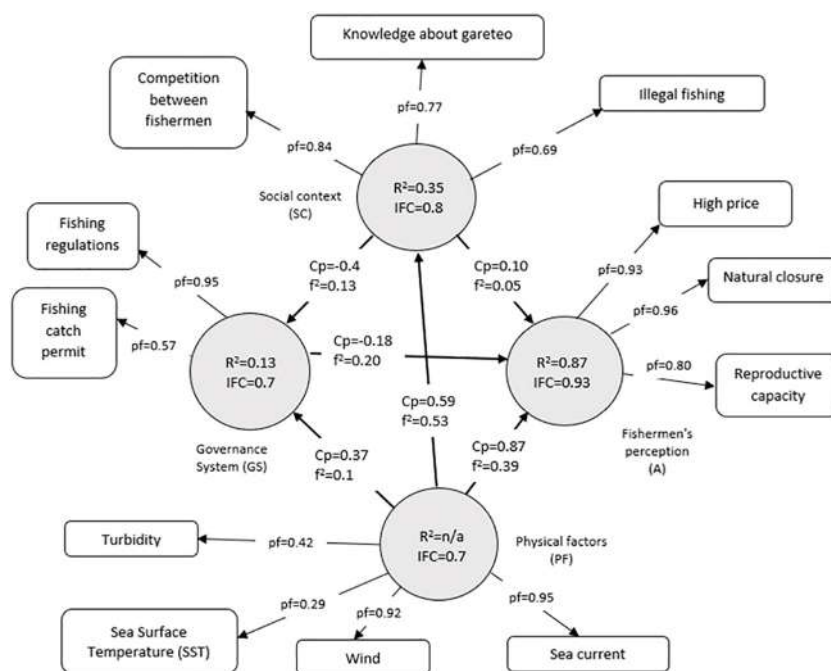


FIGURE 2 Estimation of the structural (grey) and measurement (white) model; each circle represents a latent variable, and a rectangle represents the observable variables; Determination coefficient (R^2), Composite Reliability Index (IFC), Path coefficient (Cp), effect index in R^2 (f^2), loads or factorial weights (pf); analysis method using PLS algorithm; own elaboration based on SmartPLS software.

TABLE 2 Estimation of the measurement model (factorial loadings).

Observable variables	Latent variables			
	SC	GS	PF	A
Competition for other anglers	0.84			
Knowledge about dribbling	0.77			
Illegal fishing	0.69			
Fishing standards (regulations)		0.95		
Capture permissions		0.57		
Turbidity			0.42	
Sea surface temperature			0.29	
Wind			0.92	
Ocean currents			0.95	
Octopus High Price				0.93
Reproductive capacity				0.80
Natural closure				0.96

SC, "Social Context"; GS, "Governance System"; PF, "Physical Factors"; A, "Actors".

marine currents which influenced 58.5 and 34.1% of the interviewees (Table 1).

Precipitation is a factor that can directly influence the closed season and reproductive nature as perceived by fishermen, but it is not a determining factor in fishing decisions to increase or decrease fishing effort or how, where, and when to catch the octopuses. The wind and sea currents are the determining factors. For this reason, it was not included in the model, but it could be a sensitive variable for future analysis, due to its interaction with the natural closure.

Discussion

In this work, Mayan octopus fishermen are recognized as the first link in the value chain that not only contributes catches or a product to the international market. This fishery has also contributed to the well-being of 12,000 fishermen and their families directly and to other economic sectors indirectly in the region. The accumulation of empirical and scientific knowledge made it possible to validate and identify the variables studied, difficult to measure, but identified by the fishermen that together can contribute to the advancement of the adaptive ocean and climate governance processes. This fishery is complex and dynamic and is approached for study as a system.

The socio-ecological system of the Mayan octopus is dynamic and unpredictable, although the governance system tends to be static. Failure to recognize the non-linearity and limits of the system could lead the fishery to a point of no return, towards a significant decrease in octopus abundance, or lead it from a stable to an undesirable state (Berkes et al., 2003; Hughes et al., 2005) with effects on ecosystems and social actors (Wiber et al., 2009). From this approach, the Mayan octopus system does not reflect proper functioning, gradually heading towards an uncertain state. Although to date this fishery is not considered at risk (Ramos-Miranda et al., 2021), it has been constantly subjected to high levels of uncertainty.

Uncertainty as a system attribute can be caused by natural conditions such as environmental variability, such as atypical rainfall, or by human decisions such as estimating inappropriate catch quotas (Charles, 2001; Gunderson and Holling, 2002). Non-linearity can be observed through threshold effects, which determine inflection points that lead ecosystems to changes in their original characteristics to give way to degraded ecosystems or alternate states (Berkes et al., 2003). For example, the Newfoundland cod fishery (Charles, 2007). Cod exploited since 1950 and overexploited in the 1970s, attempts were made to recover using conventional technical resources such as the establishment of quotas. However, it collapsed in 1992 (Chantraine, 1993; Walters, 2007). With the near disappearance of the cod, the seabed changed from a stable state to a different one. Currently, this seabed is characterized by a fauna of invertebrates (crabs, shrimps, and lobsters). Due to its high price, the value added by fishing activity has not diminished. However, the losing actors were the artisanal fishermen, since they did not have the technical capacities to access invertebrate fishing (Wiber et al., 2009; Berkes, 2010). Management oriented toward the political-economic system, the discarding of fishermen's knowledge and the misinterpretation of population trends led to the collapse of the cod fishery (Chantraine, 1993; Walters, 2007).

Collapses do not happen from one day to the next, they are the result of multifactorial processes in which human decisions play a transcendental role. Over time, fishermen have generated detailed knowledge of their activity and environment, resulting from innumerable observations under changing environmental conditions; this knowledge governs their behavior (Johannes, 1993; Ostrom, 2000; Ostrom, 2008). During 2020, the fishermen perceived a population decrease of the octopus, which was attributed to abundant and anticipated rains. In this case, the availability of the resource could have been altered by biophysical factors (e.g., rain and/or nutrient availability) or as part of a natural response of the species. The octopus population sometimes seems to increase and in others to decrease, it is still not known with certainty what influences these

population changes, if they are cyclical or if a state of the population leads to an alternate state. Population variability is a characteristic present in many marine species such as sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) whose biological similarity with the Mayan octopus is that they reproduce only once in their lives, that is, they are semelparous organisms. The population of sockeye salmon, and probably also of the Mayan octopus, can drop dramatically at any given time (McCay, 1978; Holling and Meffe, 1996). Unpredictability and change are part of natural variation and are an important part of species resilience processes (Idem). These types of processes are generally not considered by decision-makers, which contributes to increasing the uncertainty of the systems, putting their governance and governability at stake (Charles, 2001; Gunderson and Holling, 2002), as well as the social adaptive capacities of fishermen.

In a normal cycle, the laying and incubation phase of the Mayan octopus takes place between November and December (Figure 3), when the females go into their caves or hiding places to lay their eggs. Once this process has started, they no longer feed and dedicate themselves completely to the care of the eggs until the moment of hatching, then the mothers die. This process is an indicator of change in the behavior of the Mayan octopus and means that it “hides” or “refuges” giving rise to a kind of “natural closure”, preceded by the gradual growth of the ovary until it reaches its maximum size, a process constantly monitored by the fishermen (verified in the field), and coincides with the period of intensification of the winds coming from the “north” (Figure 3). In response, 97% of the fishermen interviewed decided to increase the fishing effort (Table 1). The argument found for said conduct or fishing decision was:

“... it's the last chance of the season before the octopus is sold”.

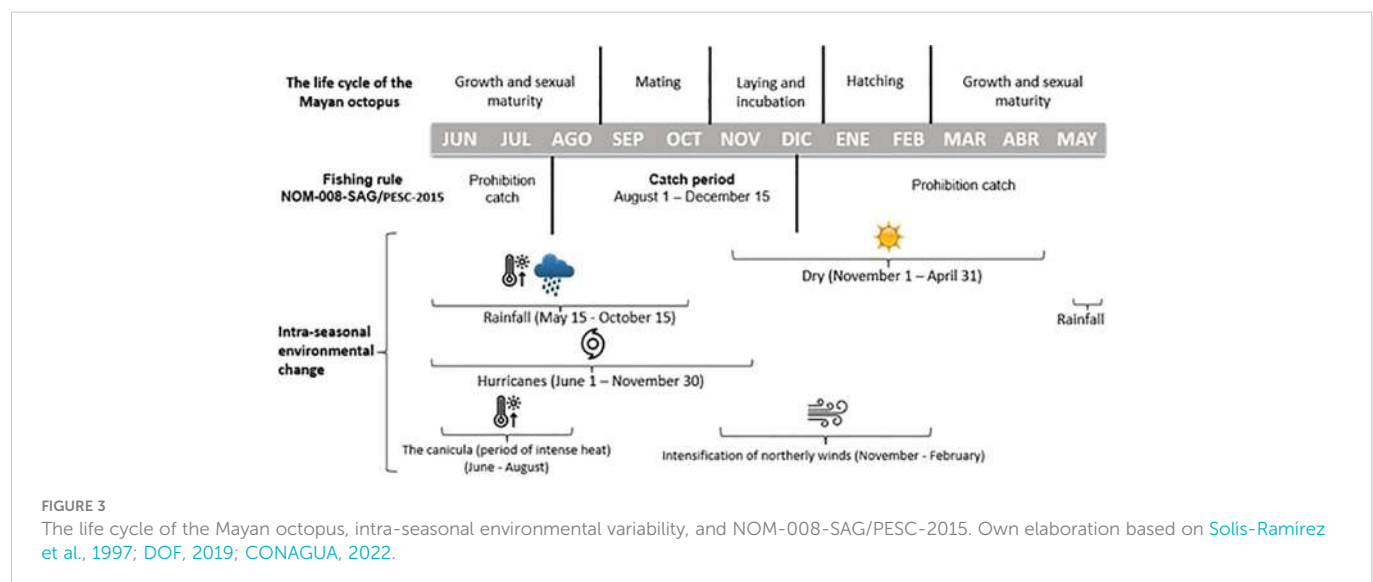
During the season of winds coming from the north, the knowledge and skills of the fishermen are put to the test, this is because the permitted capture method known as “gareteo” implies a detailed and deep knowledge of the behavior of the wind and marine currents (Table 2). It was verified in the field that, if both environmental factors are aligned with each other in the same geographical direction, the capture possibilities increase considerably. But, to the extent that the direction of the wind changes in a different direction than the sea currents, the

possibilities of capture decrease. When the synchrony between the wind and the sea currents occurs, the speed of the boat is controlled using a technical adaptation in their boats known as a “brake” (Table 1). In this sense, the capture maneuvers are not only determined by the seasonal abundance of fish or shellfish, but also by the effect of biophysical factors and local knowledge (Ruddle, 1993; Ehuan-Noh et al., 2020).

Strong winds and sea currents can influence fishermen not to go fishing. However, the northerly winds are valued and desired, if they are not so frequent since they help remove the “garbage” from the seabed near the coast and clean the caves where the octopuses hide. The term garbage refers to remains of algae, seagrass (Ehuan-Noh et al., 2020), and solid waste of human origin. The term that begins to be changed among fishermen to “sargassum”. In addition, the recirculation of the water contributes to lowering the temperature and turbidity, which according to the fishermen is preferred by the octopuses. Thus, once the “northern” event has removed the garbage from the bottom, eventually the octopuses approach the coast again to occupy the liberated shelters, and with them, the fishermen also come to resume their activities with less risk and cost, especially those who lack the technical and material capabilities to venture offshore.

Conclusions

Variability has characterized the uncertainty of socio-ecological systems, proof of this is that fishing decisions are modulated based on environmental variability, the market and the agreements reached as a group and on some occasions together with the authorities. For this reason, fishermen have reiterated for decades that fishing bans must be reviewed from time to time (Fraga et al., 2008) and not leave it in perpetuity. However, the rigidity of the governance system compared to the ability of fishers to adapt to the variability of the system opens the doors for the emergence of conflict, social dilemmas, and perverse problems (Grundmann, 2018). For example, the catch quota recommended by the authorities is perceived more as a goal to be exceeded than a limit, which implies a problem since for years it has been conveniently perceived in the name of economic growth.



The normative conditions established to regulate the Mayan octopus fishery show a bias towards the economic-political system, ruling out environmental variability, fishermen's knowledge, and non-linear processes, which can considerably increase the level of risk and uncertainty of the fishery. As was shown with the Newfoundland cod fishery that collapsed in 1997.

It is recognized that governance is another way that can induce cooperation between the actors to achieve the resilience and sustainability of the socio-ecological system of the Mayan octopus. But it is necessary to consider the accumulated knowledge and learning of fishermen in the face of environmental variability in the design and implementation of regulations. Given this scenario, emerging governance models, such as adaptive governance (Folke et al., 2005) and interactive governance (Kooiman et al., 2005), can provide key elements to guide the course of a highly dynamic fishery with increasing levels of uncertainty, such as that of the Mayan octopus.

Recommendations

Deepen the study of the socio-ecological system of the octopus through different approaches and multidisciplinary research techniques (awareness workshops, accompaniment in the tasks, monitoring and evaluation of indicators beyond concentrating only on fishing catches per unit of effort).

Review the methods for estimating recommended catch quotas.

Encourage productive alternatives in closed seasons for species such as the Mayan octopus.

Evaluate the relationship between physical factors such as precipitation, salinity, and temperature with primary production in the coastal zone of the Yucatan peninsula.

Deepen the study of spawning and incubation timing and its relationship with physical factors to identify its variability and how it can affect regulations while considering the experiences and knowledge of fishermen.

Disseminate principles of bioethics among actors and consumers of any nationality, age, or style of consumption on the importance of respecting the closed periods for octopus and other target species to contribute to the sustainability of resources.

Data availability statement

The original contributions presented in the study are included in the article/supplementary material. Further inquiries can be directed to the corresponding authors.

References

- Aldridge, A. E., and Levine, K. J. (2001). *Surveying the Social World: Principles and Practice in Survey Research*.
- Bagozzi, R. (1994). Structural equation models in marketing research: Basic principles. *Bagozzi (Ed) Principles marketing Res.*, 317–385.
- Berkes, F. (2010). Perspectivas cambiantes sobre la gestión de recursos. resiliencia y reconceptualización de los 'recursos naturales' y la 'gestión'. *MÁSTIL* 9 (1), 13–40.
- Berkes, F., Colding, J., and Folke, C. (2003). *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change* (Cambridge: Cambridge University Press).
- Berkes, F., Mahon, R., McConney, P., Pollnac, R., and Pomeroy, R. (2001). *Managing Small-Scale Fisheries*. Ottawa: International Development Research Centre.
- Binder, C. R., Hinkel, J., Bots, P. W. G., and Pahl-Wostl, C. (2013). Comparison of frameworks for analyzing social-ecological systems. *Ecol. Soc.* 18 (4), 1–39. doi: 10.5751/ES-05551-180426
- Boshell, F., León, G., and Peña, A. (2011). "Methodologies to generate and use meteorological information at the subnational and local levels in the face of climate change. manual series / manual no. 4. AACCC program," in *Adaptation of agriculture and*

Ethics statement

Ethical review and approval was not required for the study on human participants in accordance with the local legislation and institutional requirements. Written informed consent from the participants was not required to participate in this study in accordance with the national legislation and the institutional requirements.

Author contributions

The research design, data collection and information processing were carried out by JS. All authors contributed to the article and approved the submitted version.

Acknowledgments

Special thanks to the CONACYT for the Doctoral scholarship 2020-2023 (Human Ecology Department/CINVESTAV-Mérida). Alos pescadores de Chuburná, Chelém, el Playón de Progreso y Chicxulub. To Marianne Rodriguez for her help in translating this article. To Alicia Poot (CRIPY) and MC. Miguel Cabrera for the interviews they gave.

Conflict of interest

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's note

All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

- agricultural water use to climate change in the Andes (Peru: Andean Countries 2010-2013).
- Carmines, E., and Zeller, R. (1979). "Reliability and validity assessment," in *N. 07-017, sage university paper series on quantitative applications the social sciences* (Beverly, Estados Unidos: Sage).
- CCPY (2022) *Fluctuation and climatic variability*. Available at: <http://www.ccpy.gob.mx/cambio-climatico/fluctuacion-variabilidad-climatica.php>.
- Chantraine, P. (1993). *The last cod* (Montreal: Robert Davies).
- Charles, A. (2001). "Sistemas pesqueros sostenibles," in *Libros de noticias de ciencia pesquera* (Oxford: Blackwell).
- Charles, A. (2007). "Adaptive co-management for resilient resource systems," in *Adaptive cogestión British Vancouver*. Eds. D. Armitage, F. Berkes and N. Doubleday (Columbia Press), 83–102. <https://www.ubcpres.ca/asset/9067/1/9780774813839.pdf>
- Chin, W. (1998). "The partial least square approach to structural equation modeling," in *Modern methods for business research*. Ed. G. Marcoulides (Mahawah, Estados Unidos: Lawrence Erlbaum), 295–369.
- Chin, W. (2010). "How to write up and report PLS analyses," in *Handbook of partial least squares: Concepts, methods, and applications*. Eds. E. Vinzi, W. Chin, J. Henseler and H. Wang (Berlin, Alemania: Springer-Verlag), 655–690.
- Cohen, J. (1998). *Statically power analysis for the behavioral sciences* (USA, New York: Lawrence Erlbaum Associates).
- CONAGUA (2022) *Monthly precipitation and temperature summaries*. Available at: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>.
- CONAGUA (2022). Portal de datos abiertos: Resúmenes mensuales de temperaturas lluvia. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>. México.
- Contreras, D., Vazquez, E., Romero, Y., Pardo, J., Guevara, M., and Rivera, R. (2019) *Strategic plan: Mayan octopus technology platform for the development of high value-added products.CIATEJ*. Available at: https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5f593a994e3c3.pdf.
- Cox, M. (2011). Advancing the diagnostic analysis of environmental problems 1. introduction: Complexity and panaceas. *Int. J. Commons* 5 (2), 346–363.
- Creswell, J. (1998). *Qualitative Inquiry and Research Design. Choosing Among Five Traditions* (Thousand Oaks, California: Sage Publications).
- Crouch, M., and McKenzie, H. (2006). The logic of small samples in interview based qualitative research. *Soc. Sci. Inf.* 45 (4), 483–499. doi: 10.1177/0539018406069584
- Delin, J. (2000). *The language of everyday life* (Londres: Sage publications).
- Diario Oficial de la Federación (2019) *Agreement establishing a catch quota octopus maya*. Available at: https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5338727.
- Diario Oficial de la Federación (2020) *Agreement establishing a catch quota octopus maya*. Available at: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5607231&fecha=10/12/2020&print=true.
- Dietz, T., Ostrom, E., and Stern, P. (2013). The struggle to govern the commons. *Science* 302, 1902–1912.
- Drew, P. (2005). "Conversation analysis," in *Handbook of language and social interaction*. Eds. K. L. Fitch and R. E. Sanders (N.J. Lawrence Erlbaum), 71–102. <https://psycnet.apa.org/record/2004-21251-004>
- Ehuan-Noh, R. G., Mariaca, R., Sáenz-Arroyo, A., and Espinoza, A. (2020). *Tácticas y saberes: los capitanes de la pesca ante la variabilidad ambiental del mar sociedad y ambiente, núm Vol. 23* (El Colegio de la Frontera Sur: México Disponible), 1–22. Available at: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455765022004>. doi: 10.31840/sya.vi23.2199
- Epstein, G., Vogt, J. M., and Cox, M. (2013). Missing ecology: integrating ecological perspectives with the social-ecological system framework. *Int. J. Commons* 7 (2), 432–453. doi: 10.18352/ijc.371
- Falk, R., and Miller, N. (1992). *A primer for soft modeling* (Akron, Estados Unidos: University of Akron Press).
- FAO (2022). "El Estado mundial de la pesca y la acuicultura," in *Hacia la transformación azul* (Roma: FAO), 48–53. doi: 10.4060/cc0461es
- FAO. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020*. La sostenibilidad en acción. Roma. doi: 10.4060/ca9229es.
- Folke, C., Hahn, T., Per, O., and Norberg, J. (2005). ADAPTIVE GOVERNANCE OF SOCIAL-ECOLOGICAL SYSTEMS. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 30, 441–473. doi: 10.1146/annurev.energy.30.050504.144511
- Fraga, J., Salas, S., and y Mexicano-Cintora, G. (2008). La Pesca en Yucatán: de la abundancia a la escasez, a la fragilidad de las estructuras institucionales (Parte 3). En *Descentralización y manejo ambiental: gobernanza costera en México*. Coordinadores: Fraga, Villalobos, Dayon y García. 1a. Edición. 2008. 142–160.
- Glaser, B., and Strauss, A. (1999). "Discovery of grounded theory," in *Strategies for qualitative research* (New York: Routledge).
- Grundmann, R. (2016). Climate change as a wicked social problema. *Nature Geoscience* 9(8), 562–563. doi: 10.1038/ngeo2780
- Gunderson, L., and Holling, C. (2002). "Panarchy," in *Understand transformations in human and natural systems* (Washington dc: Island Press).
- Hair, J., Hult, G., Ringle, C., and Sarstedt, M. (2017). *A primer on partial least square structural equation modeling (PLS-SEM)* (USA, California: Sage).
- Harley, C. D.G., Hughes, A. R., Hultgren, K. M., Miner, B. G., Cascade, J. B., Thornber, C. S., et al. (2006). The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters* 9, 228–241. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00871.x
- Henseler, J., Hubona, G., and Ray, P. (2016). Using PLS path modeling new technology research: updated guidelines. *Ind. Manage. Data Syst.* 116 (1), 2–20. doi: 10.1108/IMDS-09-2015-0382
- Henseler, J., Ringle, C., and Sarstedt, M. (2016). Testing measurement invariance of composites using partial least squares. *Int. Marketing Rev.* 33 (3), 405–431. doi: 10.1108/IMR-09-2014-0304
- Henseler, J., Hubona, G., and Ray, P. (2016). *Using PLS Path Modeling in New Technology Research: Updated Guidelines. Industrial Management & Data Systems*. 116, 2–20. doi: 10.1108/IMDS-09-2015-0382.
- Holling, C., and Meffe, G. (1996). Command and control and pathology of natural resources administration. *Biología la conservación* 10, 328–337.
- Hughes, T., Bellwood, D., Folke, C., Steneck, R., and Wilson, J. (2005). New paradigms for supporting the resilience of marine ecosystems. *Trends Ecol. Evol.* 20 (7), 380–86. doi: 10.1016/j.tree.2005.03.022
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014). *Climate change 2014 synthesis report summary chapter for policymakers* Vol. 31 (IPCC). doi: 10.1017/CBO9781107415324
- Johannes, R. E. (1993). *Integrating traditional ecological knowledge and management with environmental impact assessment* (Ottawa, Canada: Concepts and Cases Ed. Julian T Inglis), 33–39.
- Kooiman, J., Bavinck, M., Jentoft, S., and Pulin, R. (2005). *Fish for life: interactive governance for fisheries* (Amsterdam: Amsterdam University Press).
- Levin, S. (1999). *Fragile dominion: Complexity and the commons* (Reading, MA: Perseus).
- Martínez, A. M., and Fierro, M. E. (2018). Aplicación de la técnica PLS-SEM en la gestión del conocimiento: un enfoque técnico práctico. *RIDE. Rev. Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* 8 (16), 130–164. doi: 10.23913/ride.v8i16.336
- Mason, M. (2010). "Sample size and saturation in Ph.D. studies using qualitative interviews," in *Forum qualitative sozial for Chung/Forum qualitative social research*, vol. 11, . 8.
- McCay, B. J. (1978). Systems ecology, people ecology, and the anthropology of fishing communities. *Hum. Ecol.* 6 (4), 397–421. doi: 10.1007/BF00889417
- McGinnis, M., and Ostrom, E. (2014). Social-ecological system framework: Initial changes and continuing challenges. *Ecol. Soc.* 19 (2), 1–30. doi: 10.5751/ES-06387-190230
- McGowan, J. A., Cayan, D. R., and Dorman, L. M. (1998). *Climate-Ocean Variability and Ecosystem Response in the Northeast Pacific*. <http://science.sciencemag.org/> Downloaded from Science 281 (5374), 210–217. [doi: 10.1126/science.281.5374.210].
- Monteleagre, J., and Pabon, J. (2000). Interannual climate variability associated with the El niño-la niña-southern oscillation cycle and its effect on the rainfall pattern in Colombia. *Meteorol. Colomb.* 2, 7–21. ISSN 0124-6984. Bogotá, D.C. – Colombia.
- Monteleagre, J. E. (2009). Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada procesos oceánicos atmosféricos de meso gran escala. Obtenido en: <https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosMarinosCosterosyRecursosAcuatico/CUNDINAMARCA.pdf>, 08/07/2021
- Nunnally, J., and Bernstein, I. (1994). *Psychometric theory. 3a ed* (Nueva York, USA: McGraw-Hill).
- Ospina, D. (2012). *Actualización del marco para el estudio de sistemas socioecológicos*. Producto II. Instituto Alexander von Humboldt.
- Orellana, R., Espadas, C., Conde, C., and Gay, C. (2009). *ATLAS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN*. Unidad de Recursos Naturales Centro de Investigación Científica de Yucatán Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, México. Pp 1–6. (Retrieved December 2, 2022) <http://www.ccpy.gob.mx/pdf/Regional/escenarios-cambio-climatico/introduccion.pdf>
- Ostrom, E. (2000). Crowding out citizenship. *Scandinavian Political Stud.* 23 (1), 3–16. doi: 10.1111/1467-9477.00028
- Ostrom, E. (2005). *Understanding institutional diversity* (Nueva York: Princeton University Press). doi: 10.3200/ENVT.50.4.8-21
- Ostrom, E. (2008). "Institutions and the environment," in *Institute of economic affairs 2008* (Blackwell Publishing). doi: 10.1111/j.1468-0270.2008.00840.x
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* 325 (5939), 419–422.
- Porter, J. R., Xie, L., Challinor, A. J., Cochrane, K., Howden, S. M., Iqbal, M. M., et al. (2014). "Food security and food production systems", E. C.B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, et al, eds. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribución del Grupo de Trabajo II al quinto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, págs. 485–533. Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos de América), Cambridge University Press.
- Ramos-Miranda, J., Cabrera, M., Salas, S., López-Rocha, J., and Flores Hernández, D. (2021). "Commercial species of artisanal fishing in the Yucatan peninsula," in *Universidad autónoma de campeche. centro de investigación y de estudios avanzados del IPN unidad mérida* (Universidad Nacional Autónoma de México), 176.
- Ringle, C. M., Wende, S., and Becker, J. M. (2015). "SmartPLS 3," in *Boenningstedt: SmartPLS GmbH*. Available at: <http://www.smartpls.com>.
- Rosas, C., Caamal-Monsreal, C., Rodríguez, F. G., Mascaró, M., Galindo, C. E., Díaz, F., et al. (2021). Capacidad adaptativa a los cambios de temperatura de diversas especies de crustáceos, moluscos y peces de importancia pesquera ante escenarios de calentamiento en el golfo de México. *Resiliencia Costera. CICESE y UGM. Geos* 40 (1), 158.

- Ruddle, K. (1993). "The transmission of traditional ecological knowledge," in *Concepts and cases*. Ed. J. T. Inglis (Ottawa, Canadian Museum of Nature and IDRC), 17–31. https://www.academia.edu/357980/3_The_Transmission_of_Traditional_Ecological_Knowledge
- Selgrath, J. C., Kleiber, D., and O'Donnell, K. P. (2014). *Understanding tradeoffs in fishers decision making: Catch, distance, and safety influence where fishers fish. project seahorse* (Vancouver, Canada: University of British Columbia), 36–44. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/265336514>.
- Solis-Ramírez, M. J., Arreguín-Sánchez, F., and Seijo, J. (1997). "Cephalopod fisheries," in *Analysis and diagnosis of the critical fishing resources of the gulf of Mexico*. Eds. D. Flores-Hernández, P. Sánchez-Gil, J. C. Seijo and F. Arreguín-Sánchez (Mexico), 61–80, 496.
- Taylor, S. J., and Bogdan, R. (1990). Introducción los métodos cualitativos de investigación. *La búsqueda de significados*. México: Paidós. Cap. 1
- Walters, C. J. (2007). Is adaptive management helping to solve fisheries problems? *Ambio* 36, 304–307. doi: 10.1579/0044-7447(2007)36[304:IAMHTS]2.0.CO;2
- Whittingham Munévar, M. V. (2010). ¿Qué es la gobernanza para qué sirve?. *Revista Análisis Internacional (Cesada a Partir De 2015)*, (2), 219–236. Recuperado a partir de <https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/RAI/article/view/24.12/0772021>
- Wiber, M., Charles, A., Kearney, J., and Berkes, F. (2009). Improve community empowerment through participatory fisheries research. *Mar. Policy* 33, 172–179. doi: 10.1016/j.marpol.2008.05.009
- Woodruff, A., and Aoki, P. M. (2004). Conversation analysis and the user experience. *Digital Creativity* 15 (4), 232–238. doi: 10.1080/1462626048520184