



Consultoría Principio 2: Efecto del arte de pesca en el hábitat Reporte Bivalvos: Almejas y Callo de hacha

Autor: M. en C. Maldonado-Aguilar Alejandra.

Índice.

Índice.....	2
Figuras.....	4
Tablas	6
Introducción	7
Antecedentes	7
Pesquería de bivalvos: callo de hacha	7
Pesquería de bivalvos: Almejas.....	8
Objetivo.....	9
Material y métodos / Metodología.....	9
Descripción de las artes de pesca para bivalvos.	10
Tipo de sustrato	13
Relieve	13
Tamaño de la nube de sedimento.....	13
Tiempo de recuperación del sustrato.....	14
Daño.	14
Vulnerabilidad del hábitat.....	14
Susceptibilidad y recuperación del sustrato.....	14
Área de estudio.....	16
Resultados.	17
Bahía de Kino.....	17
Sustrato y Relieve.....	17
Susceptibilidad y recuperación.	19
Interacción y daño del arte de pesca con otras especies.....	19
Resultados de Puerto Libertad.....	23
Sustrato y relieve.....	23
Arena.....	24
Arena gruesa.	25
Conchal	26
Mixto.....	27
Arena y conchal	27
Arena-roca	28
Relieve	29
Susceptibilidad y recuperación del sustrato	30
Puerto Libertad: Susceptibilidad.....	30

Puerto Libertad: Recuperación	31
Interacción y daño del arte de pesca con otras especies	32
Enterramiento	32
Larvas de peces.....	34
Peces oportunistas.....	34
Arrastre de la bolsa de malla	36
Aplastamiento	36
Discusión.....	37
Interacción y daño del arte de pesca sobre el hábitat.....	39
Bibliografía	42

Figuras

Figura 1. Especie de callo de hacha colectada en Bahía de Kino, Sonora. Callo de hacha negra o botijona (<i>Atrina tuberculosa</i>).	8
Figura 2. Especies de la pesquería de almeja en el estado de Sonora.	9
Figura 3. A, B) Gancho de acero para la extracción de callo de hacha en Bahía de Kino, Sonora. C) Equipo de pesca (bolsa de malla, “jaba”) y D) Extracción de callo de hacha en Bahía de Kino, Sonora.	11
Figura 4. Espátula de acero y red de malla (jaba) utilizadas para la extracción de especies objetivo de almeja en Puerto Libertad, Sonora.	12
Figura 5. Esquema del método para estimar en los videos el tamaño de la nube de sedimento por extracción de especies objetivo de bivalvos (almejas o callo de hacha)	15
Figura 6. Sitio de colecta de callo de hacha <i>Atrina</i> spp (marcado en rojo) cerca de la comunidad de Bahía de Kino, Sonora en el noreste del Golfo de California, Mexico.	16
Figura 7. Sitio de colecta de almeja roja (<i>Megapitaria aurantiaca</i>), almeja chocolate (<i>M. squalida</i>) y almeja blanca (<i>Dosinia ponderosa</i>) en Puerto Libertad, Sonora en el noreste del Golfo de California, Mexico.	17
Figura 8. Capturas de pantalla del video BK012 durante la colecta de callo de hacha.	18
Figura 9. Sedimento de arena con categoría de relieve 0 en Bahía de Kino.	19
Figura 10. Video de callo de hacha BK005 (https://www.youtube.com/watch?v=ji-vVRLZRew)... ..	20
Figura 11. Perturbación negativa sobre el sustrato de arena en Bahía de Kino, Sonora. El pescador apoya ambas aletas sobre el sustrato para extraer fácilmente el individuo de callo de hacha.	21
Figura 12. Conjunto de organismos sobre las valvas de <i>Atrina spp.</i> en el sustrato de arena en Bahía de Kino, Sono-ra (video PL001 https://www.youtube.com/watch?v=BHGJdvMz-eA)	22
Figura 13. Conjunto de organismos sobre las valvas de <i>Atrina spp.</i> en el sustrato de arena en Bahía de Kino, Sono-ra (video BK002 https://www.youtube.com/watch?v=BHGJdvMz-eA).....	22
Figura 14. Conjunto de organismos sobre las valvas de <i>Atrina spp.</i> en el sustrato de arena en Bahía de Kino, Sono-ra (video BK012 (https://www.youtube.com/watch?v=1hzffNYIz4k)).	23
Figura 15. Caracterización del sustrato en Puerto Libertad, Sonora.	23
Figura 16. Captura de imagen del video PL007 en Puerto Libertad, Sonora (https://www.youtube.com/watch?v=PoL-esYszDk&t=555s).....	24

Figura 17. Captura de imagen del video PL032 en Puerto Libertad, Sonora. (https://www.youtube.com/watch?v=ILqYjbtAxhw).....	25
Figura 18. Captura de imagen del video PL013 en Puerto Libertad, Sonora. (https://www.youtube.com/watch?v=y3pc5AZTrIM).....	26
Figura 19. Captura de imagen del video PL011 en Puerto Libertad, Sonora. (https://www.youtube.com/watch?v=Zb2bKzhyvo4).....	26
Figura 20. Captura de imagen del video PL024 en Puerto Libertad, Sonora. (https://www.youtube.com/watch?v=Ih3S2DANqmY).....	27
Figura 21. Capturas de imagen del video PL012 en Puerto Libertad, Sonora. (https://www.youtube.com/watch?v=JNOk-P20ui0&t=80s).....	28
Figura 22. Captura de imagen del video PL017 en Puerto Libertad, Sonora. (https://www.youtube.com/watch?v=IgT4nFyj8LA&t=178s).....	29
Figura 23. Caracterización del relieve en Puerto Libertad, Sonora.....	29
Figura 24. Indicador de susceptibilidad (alteración del hábitat) de los sustratos caracterizados en Puerto Libertad, Sonora.....	31
Figura 25. Indicador de la recuperación de los sustratos caracterizados en Puerto Libertad, Sonora.....	32
Figura 26. Impacto de la bolsa de malla sobre un bosque juveniles de <i>Sargassum</i> spp. (video PL017 https://www.youtube.com/watch?v=IgT4nFyj8LA&t=27s).....	33
Figura 27. Daño por el arrastre de la bolsa de malla y la suspensión de sedimento sobre un individuo de <i>Laminaria</i> spp. en Puerto Libertad (video PL022, https://www.youtube.com/watch?v=j2Np5c4LX1Y).....	33
Figura 28. Daño por el arrastre de la bolsa de malla y la suspensión de sedimento sobre un individuo de <i>Prionitis</i> spp. en Puerto Libertad (video PL022 https://www.youtube.com/watch?v=j2Np5c4LX1Y).....	34
Figura 29. Larvas de peces en la columna de agua de los sitios de arena en Puerto Libertad, Sonora (videos PL001-PL005 https://www.youtube.com/watch?v=3a71ss15Ssg&t=479s).....	34
Figura 30. A) <i>Calamus brachisomus</i> en búsqueda de pequeños organismos para alimentarse en Puerto Libertad (video PL017 https://www.youtube.com/watch?v=IgT4nFyj8LA&t=27s). B) Hábitat de sustrato arenoso con rocas.....	35
Figura 31. A) Arrastre de la bolsa de malla sobre el fondo de arenoso Puerto Libertad (video PL018 https://www.youtube.com/watch?v=-aOLsg_rwl4). B) Arrastre de la bolsa de malla sobre el fondo arenoso en Puerto Libertad (video PL031 https://www.youtube.com/watch?).....	36

Figura 32. . Individuo de alga roja *Rhodymenia* spp. arrancado por la bolsa de malla en Puerto Libertad (video PL021, <https://www.youtube.com/watch?v=3oiw9zg8HNk&t=32s>).....37

Tablas.

Tabla 1. Información general de la pesca de almejas y callo de hacha en Puerto Libertad y Bahía de Kino, Sonora.10

Tabla 2. Clave de categorización del sustrato. Modificado de Hernandez et al. (2018).....13

Tabla 3. Clave de categorización del relieve, Tomado de Hernandez et al. (2018).....13

Tabla 4. Categorías empleadas para caracterizar el daño del arte de pesca sobre otras especies.14

Tabla 5. Susceptibilidad y recuperación en Bahía de Kino, Sonora.19

Tabla 6. Número de observaciones y clasificación del sustrato en los 32 videos de la comunidad de Puerto Libertad, Sonora.24

Tabla 7. Número de observaciones y caracterización del relieve en Puerto Libertad, Sonora.29

Tabla 8. Susceptibilidad y recuperación (con los valores de desviación estándar de la media) en Bahía de Kino y Puerto Libertad.30

Introducción

Las pesquerías artesanales (definidas por unidades de pesca de propiedad local, con dimensiones no mayores a 15 m de longitud, el uso de artes de pesca manuales y bajas capturas por unidad de pesca) son muy importantes social, económica y culturalmente, debido a que proveen la mitad de la captura marítima y son fuente de empleo del 99% de personas que trabajan en el sector. No obstante, la magnitud en la que las artes de pesca artesanal posiblemente estén impactando sobre el hábitat y sobre los conjuntos o ensambles de especies objetivo y no-objetivo es aún desconocida. Lo anterior señala la importancia de orientar los esfuerzos de investigación, manejo y conservación en áreas de pesca artesanal, ya que es considerada la que utiliza más sustentablemente los recursos marinos costeros y la que genera el menor impacto ecológico (Shester y Micheli, 2011).

Revertir los impactos de la pesca sobre los ecosistemas costeros depende de la implementación de estrategias gubernamentales efectivas por medio de programas de manejo basados en ecosistemas (Crowder *et al.*, 2006). Estos programas de manejo se basan en el conocimiento de los efectos directos e indirectos de las actividades humanas sobre los procesos biofísicos del ecosistema costero en un sitio particular, con la finalidad de conciliar los intereses de los actores locales y de manejo, asegurando capturas sustentables, al mismo tiempo que se protegen áreas y especies vulnerables (Crowder *et al.*, 2006; 2008; Lindeboom, 2020). Uno de los aspectos para la aplicación de estos programas de manejo implica conocer y caracterizar los componentes físicos y biológicos del hábitat de especies objetivo y no-objetivo, que están siendo impactados por las artes de pesca.

Las artes de pesca impactan mayormente la estructura física del sustrato y la comunidad biológica asociada (Grabowski *et al.*, 2014). Los equipos de pesca estática y móvil impactan los sustratos en entornos de baja y alta energía, generan daño y pérdida de diversas especies de flora y fauna tales como macroalgas y pastos marinos, ascidias, hidroides, bivalvos y poliquetos. Además, generan disturbio en los procesos biogeoquímicos, incrementando el sedimento superficial por entierro y re suspensión, aumentando la turbidez de fondo y modificando así los niveles de oxígeno del sedimento (Grabowski *et al.*, 2014). Analizar los impactos de las artes de pesca sobre los componentes físicos y biológicos es especialmente importante si la distribución de la comunidad biológica depende de las características del hábitat, como es el caso de algunas poblaciones de moluscos bivalvos.

Antecedentes

Pesquería de bivalvos: callo de hacha

Los moluscos bivalvos pelecípedos o callo de hacha, se distribuyen comúnmente en bahías y lagunas costeras de fondo arenoso y limoso-arcilloso, a profundidades que varían de 0.5 a 15m (Ahumada-Sempoal *et al.*, 2002) En el golfo de California la pesquería de callo de hacha está representada por las especies *Atrina maura* (Sowerby, 1835) y *Atrina tuberculosa* (Sowerby, 1835) (Figura 1), *Pinna rugosa* (Sowerby, 1835) (Arizpe, Félix 1985) y *Atrina oldroydii*, (Dall, 1901) registrada en la Comunidad de Bahía de Kino, Sonora (Leal-Soto, 2012), en sustratos lodoso-fangosos y hasta 30 m de profundidad.



Figura 1. Especie de callo de hacha colectada en Bahía de Kino, Sonora. Callo de hacha negra o botijona (*Atrina tuberculosa*). Foto por COBIA. C.

Pesquería de bivalvos: Almejas

En el estado de Sonora la pesquería de moluscos bivalvos venéridos o almejas comprende a las especies almeja roja *Megapitaria aurantiaca* (Sowerby, 1831), almeja chocolate *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1831) y almeja blanca *Dosinia ponderosa* (Gray, 1838) (Figura 2). *M. aurantiaca* habita en fondos de gránulos a arena media o gruesa, con pedacería de algas calcáreas (Carta Nacional Pesquera, SAGARPA, 2012) asociado a condiciones de energía de moderada a muy alta. *M. squalida* se ha observado en arena gruesa o arena muy fina o areno limosa o fangosa (Carta Nacional pesquera, SAGARPA, 2012), en niveles de energía moderados y muy altos. *D. ponderosa* habita en fondos blandos muy finos, de sustrato limoso y arena fina, con niveles de energía bajos a intensos (Baqueiro, 1979).



Figura 2. Especies de la pesquería de almeja en el estado de Sonora. Izquierda, Almeja roja (*Megapitaria aurantiaca*); centro, almeja chocolata (*Megapitaria squalida*); derecha, almeja blanca (*Dosinia ponderosa*).

Objetivo

El objetivo de este estudio es examinar los posibles impactos superficiales de la pesca de bivalvos sobre el hábitat bentónico, en relación al tipo de sustrato y al arte de pesca empleado en dos comunidades pesqueras: Puerto Libertad y Bahía de Kino, donde se realiza la pesca artesanal de almejas y callo de hacha (pesquería de bivalvos), respectivamente.

Para evaluar los impactos de las artes de pesca de bivalvos sobre el hábitat bentónico se hizo una revisión de videos de la pesca de bivalvos, con los que en cada sitio se describió y categorizó el sustrato y relieve, la interacción y el daño del arte de pesca con las especies no objetivo, las cuales fueron identificadas al menor nivel taxonómico posible (dependiendo de la visibilidad del video). Asimismo, se tomó como base el marco de evaluación cuantitativo de Grabowski et. al (2014) para calcular la vulnerabilidad del sustrato en contacto con el arte de pesca.

Material y métodos / Metodología.

Todos los datos utilizados en este estudio fueron obtenidos mediante videos submarinos que registraron la actividad de pesca de especies objetivo de bivalvos en las comunidades de Bahía de Kino y Puerto libertad durante el mes de febrero del 2020. Los videos fueron grabados por una persona de COBI A.C. con el apoyo de buzos de las cooperativas pesqueras (Tabla 1).

Tabla 1. Información general de la pesca de almejas y callo de hacha en Puerto Libertad y Bahía de Kino, Sonora.

Comunidad	Pesquería	Arte de Pesca	Cooperativa	Fecha	Profundidad	Temperatura <i>in situ</i>
Bahía de Kino, Sonora	Callo de hacha	Gancho callero de acero	SCPP Buzos Lideres de Kino	19/02/2020 20/02/2020	5 m	16°C
Puerto Libertad, Sonora	Almeja	Espátula de acero	SCPP Mojarra del arrecife	27/02/2020 28/02/2020	9-10 m	16°C

Descripción de las artes de pesca para bivalvos.

En Bahía de Kino la unidad de pesca consiste en una embarcación menor (panga) equipada con un motor fuera de borda y un compresor de aire para buceo semiautónomo tipo Hooka, y el arte de pesca es mediante engranaje de agarre (FAO, “Grappling and Wounding Gears” <http://www.fao.org/fishery/geartype/110/en>) para la extracción manual con un gancho callero de acero, con forma semejante a una flecha y una bolsa de malla o jaba (Figura 4, A,B). Se observa que al astil se le incorporó un triángulo de acero, que parece ser forjada por los mismos pescadores, y que sirve para anclar el inserto (punta) entre ambas valvas del organismo y desenterrarlo del sustrato (Figura 3, B).

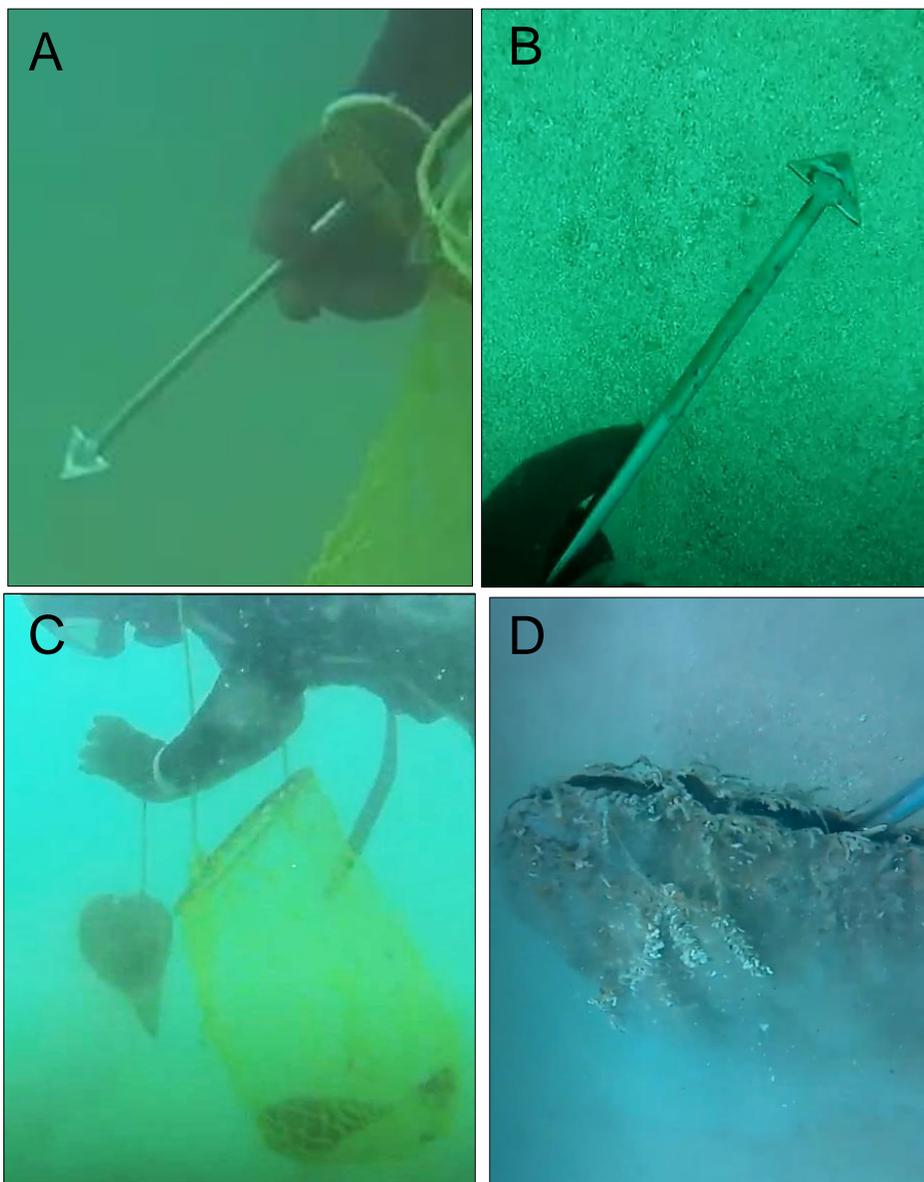


Figura 3. A, B) Gancho de acero para la extracción de callo de hacha en Bahía de Kino, Sonora. C) Equipo de pesca (bolsa de malla, “jaba”) y D) Extracción de callo de hacha en Bahía de Kino, Sonora (video PL001 <https://www.youtube.com/watch?v=qQSFvqwQyuk>).

En Puerto Libertad la unidad de pesca consiste en una embarcación menor (panga) equipada con un motor fuera de borda y un compresor de aire para buceo semiautónomo tipo Hooka, y el arte de pesca es un engranaje de agarre (FAO, “Grappling and Wounding Gears” <http://www.fao.org/fishery/geartype/110/en>) con una espátula de acero para la extracción manual (DOF, 2017) y una bolsa de malla (jaba). La espátula de acero para extracción de almeja es una herramienta que consiste en un tubo de acero ajustado a una placa metálica, cuya terminación consta de dos extensiones planas y redondeadas, separadas por una ranura central (Figura 3, A). La espátula actúa como una palanca permitiendo desenterrar la almeja al mismo tiempo que remueve el sedimento alrededor (Figura 4, B,C).

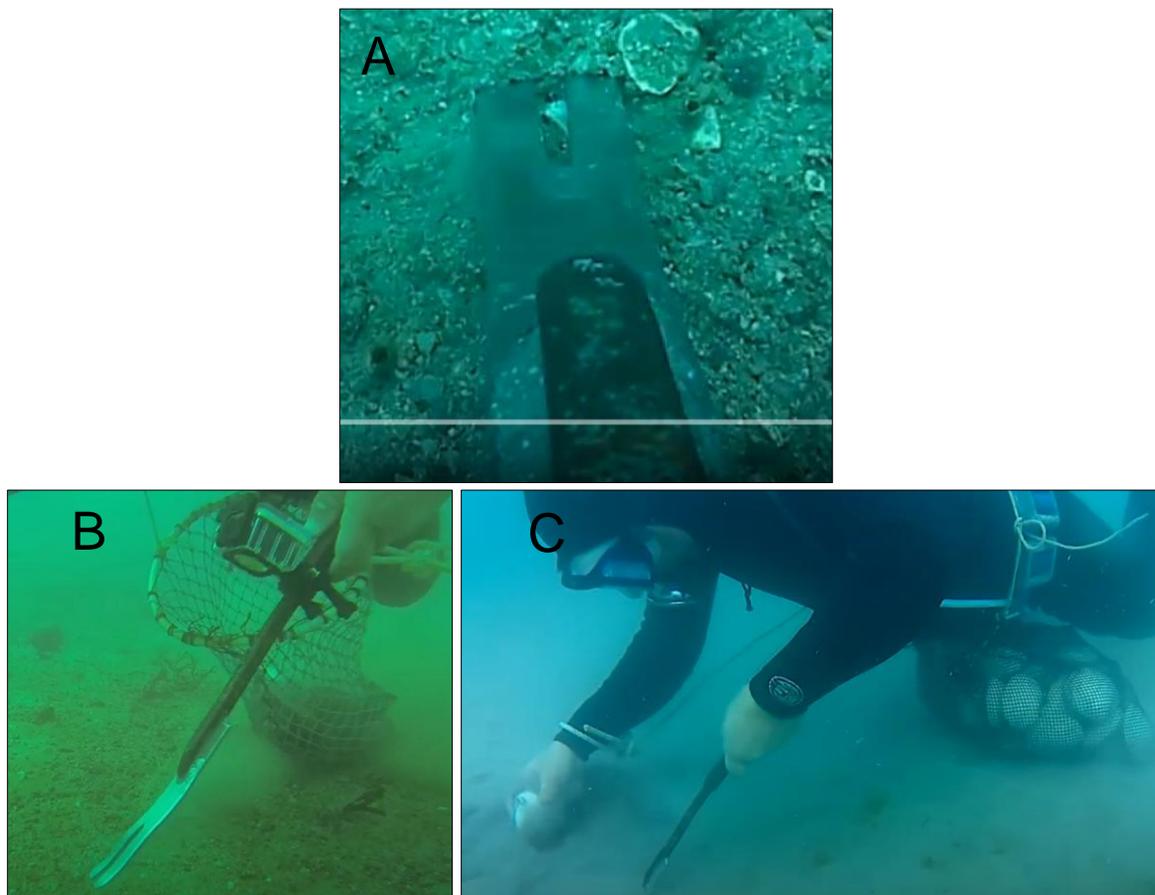


Figura 4. Espátula de acero y red de malla (jaba) utilizadas para la extracción de especies objetivo de almeja en Puerto Libertad, Sonora. Fuente: COBI A.C. A) Acercamiento a la placa de acero de la espátula, donde se aprecian las dos terminaciones. B) Vista de perfil de la espátula de acero; C) Equipo de pesca y procedimiento de extracción en la pesca de almeja en Puerto Libertad, Sonora.

Se grabaron un total de 61 videos: 32 videos en Bahía de Kino y 29 videos en Puerto Libertad. Los videos se grabaron durante el tiempo efectivo de pesca (El tiempo desde que ocurre una interacción con el ambiente marino, hasta que se recupera el arte de pesca) y tuvieron duraciones variables, no mayor a 15 minutos cada uno. En Bahía de Kino los videos tuvieron una duración promedio de 0:22 segundos, y en Puerto Libertad, la duración promedio de los videos fue de 7:19 min, y en. Se grabaron aproximadamente 3 horas de imágenes, las cuales está disponibles en la plataforma de YouTube en los canales “Pesca de callo de hacha” (<https://www.youtube.com/watch?v=qQSFvqwQyuk>) y “Pesca de almejas con Hookah” (https://www.youtube.com/watch?v=P7a2J_iw7gw).

En una base de datos se registraron las observaciones de los videos de los sitios de pesca, donde cada observación contenía información relacionada a la extracción de la especie objetivo. Adicionalmente se hizo una descripción de la complejidad del hábitat, siendo éste un indicador de la riqueza en los hábitats marinos, ya que proveen un mayor número de nichos y aumentan la disponibilidad de microhábitats, y proveyendo protección de los disturbios físicos (Kovalenko et al., 2012). En la evaluación de los videos de pesca la complejidad del hábitat se determinó por medio de la evaluación de la complejidad topográfica o rugosidad del sustrato (Torres-Moye et

al., 2013), por medio de las observaciones del tipo de sustrato, relieve y componentes geológicos del hábitat. Otro factor para determinar la complejidad del hábitat fue mediante la observación de la diversidad taxonómica presentes en los sitios de pesca (Kaiser et al., 1999). Algunas de las variables, junto con el criterio de su análisis, se describen a continuación:

Tipo de sustrato

Considerado como el fondo que es habitado por los organismos y se caracteriza por el tamaño de grano del sedimento en unidades categóricas, basado en el criterio del protocolo de monitoreo de reservas marinas de COBI A.C. por Hernández et al. (2018). (Tabla 2). En sitio de Puerto Libertad se observó una categoría extra de sustrato que en el presente reporte se definió como sustrato mixto con predominancia de arena gruesa y conchal en el video PL012 (<https://www.youtube.com/watch?v=JNOk-P20ui0>), al que se le asignó la clave #8. Asimismo, se diferenció un sustrato mixto con predominancia de arena y roca en el video PL017, <https://www.youtube.com/watch?v=IgT4nFyj8LA&t=52s>) al que se le asignó la clave #9 (Tabla 2).

Tabla 2. Clave de categorización del sustrato. Modificado de Hernandez et al. (2018).

Clave	Sustrato
1	Roca
2	Limo
3	Arena
4	Arena gruesa
5	Conchal
6	Alga
7	Coral
8	Mixto: Arena gruesa- conchal
9	Mixto: Arena-roca

Relieve

Medida que cuantifica la elevación del fondo considerando las estructuras que se encuentren en el o la pendiente del terreno. Este se calcula determinando la altura entre el punto más alto y el más bajo dentro de una caja imaginaria de 1 x 0.5 m frente el buzo, basado en el criterio del protocolo de monitoreo de reservas marinas de COBI A.C. por Hernández *et al.* (2018) (Tabla 3).

Tabla 3. Clave de categorización del relieve, Tomado de Hernandez et al. (2018).

Clave	Relieve
0	0-10 cm
1	10 cm-1m
2	1-2 m
3	>2 m

Tamaño de la nube de sedimento

Cobertura en porcentaje del sedimento suspendido inmediatamente después de la extracción (%). Utilizada para calcular el índice de susceptibilidad del sustrato según la metodología de Grabowski et al. (2014).

Tiempo de recuperación del sustrato.

Tiempo en que tarda en reestablecerse el sustrato (%). Utilizada para calcular el índice de recuperación del sustrato según la metodología de Grabowski et al. (2014).

Daño.

El porcentaje de daño que se observa en el organismo afectado por el arte de pesca hacia otras especies (%) (Tabla 4).

Tabla 4. Categorías empleadas para caracterizar el daño del arte de pesca sobre otras especies.

No.	Clave
1	<10%
2	10-50%
3	>50%

Vulnerabilidad del hábitat.

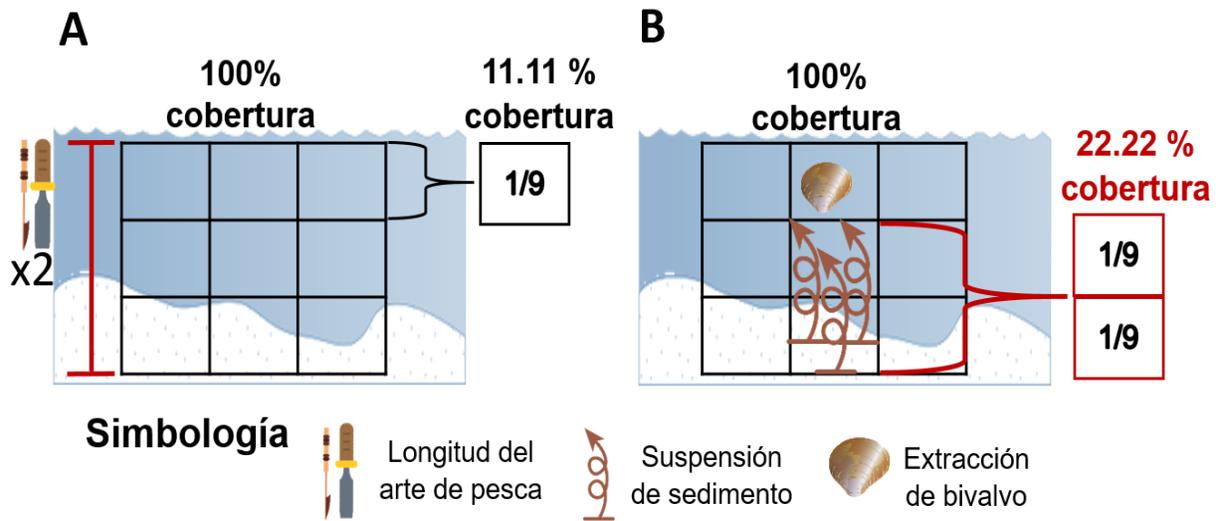
Grabowski et. al (2014) definen la vulnerabilidad como la extensión en la que los efectos del arte de pesca sobre los componentes del hábitat, tanto físicos como biológicos, son adversos. Y de manera técnica esto combina dos cosas: qué tan susceptible es un componente a un arte de pesca, y qué tan rápido se puede recuperar después del impacto de este arte de pesca sobre el componente del hábitat estudiado.

Para conocer qué tan vulnerable es el hábitat bentónico en contacto con las artes de pesca artesanal de moluscos bivalvos en Puerto Libertad y Bahía de Kino, Sonora, se calculó la susceptibilidad y la recuperación del sustrato, tomando como base el marco de evaluación cuantitativo de Grabowski et. al (2014). Los videos que no tuvieron ninguna observación de extracción de especies objetivo (como en algunos casos en Bahía de Kino, que fueron marcado en la base de datos) se removieron del análisis.

Susceptibilidad y recuperación del sustrato.

Según Grabowski *et. al* (2014), la susceptibilidad es definida como el porcentaje de reducción de un componente con valor funcional en el hábitat por efecto del contacto con el arte de pesca. Para el propósito de este reporte, el componente físico que presenta un valor funcional en el hábitat es el fondo marino o sustrato, debido a que constituye refugio para las especies objetivo y no objetivo.

En la revisión de videos, la susceptibilidad se midió como el porcentaje del tamaño de la nube de sedimento suspendido por efecto de la extracción individual de almeja o callo de hacha, distinguiendo entre artes de pesca y tipos de sustrato. Para estimar lo anterior, inmediatamente después de la extracción de cada organismo y antes de comenzar el restablecimiento del sustrato (recuperación), se hizo una captura de imagen, en la que se ajustó un cuadrante cuyos lados tuvieron el tamaño equivalente al doble de la longitud del arte de pesca utilizada. Este cuadrante representó el 100% de cobertura. Posteriormente, para facilitar la estimación, se subdividió el cuadrante en nueve partes iguales, en el que cada sub-cuadrante representó el 11.11% de cobertura. (Figura 5).



Símbolos cortesía de Integration and Application Network, University of Maryland Center for Environmental Science (ian.umces.edu).

Figura 5. Esquema del método para estimar en los videos el tamaño de la nube de sedimento por extracción de especies objetivo de bivalvos (almejas o callo de hacha). A) Diseño del cuadrante del 100% de cobertura de sedimento, tomando como lado el doble de la longitud del arte de pesca empleado (espátula para extraer almeja o gancho para extraer callo de hacha), donde cada sub-cuadrante es $\frac{1}{9}$ del 100% de la superficie del cuadrante, representando una cobertura de sedimento del 11.11%. B) Estimación del porcentaje de sedimento suspendido después de la extracción de especies objetivo de bivalvos, donde la suspensión del sedimento sobre dos sub-cuadrantes ($\frac{2}{9}$) equivale al 22.22% de cobertura del sedimento.

La recuperación según estos mismos autores, es el tiempo en años requerido para el restablecimiento del componente del hábitat reducido. En este análisis, la escala temporal para evaluar la recuperación del sustrato es obviamente menor (segundos), y se consideró al sustrato como recuperado cuando la nube de sedimento estuvo completamente diseminada y reestablecida en el fondo. Debido a la cercanía de la cámara y a la interacción del fondo con la red de pesca y el equipo de buceo, en algunos casos puntuales no fue posible contar el tiempo de recuperación. En estos casos, se utilizó el promedio de los tiempos de recuperación evaluados para el mismo video, considerando el mismo tipo de sustrato y/o un índice similar de susceptibilidad.

Área de estudio

Los días 19 y 20 de febrero del 2020 se grabaron los videos de pesca de callo de hacha cerca de la comunidad de Bahía de Kino, Sonora (Latitud: 28°54'57.4020", Longitud: 112°07'16.24") (Figura 6).

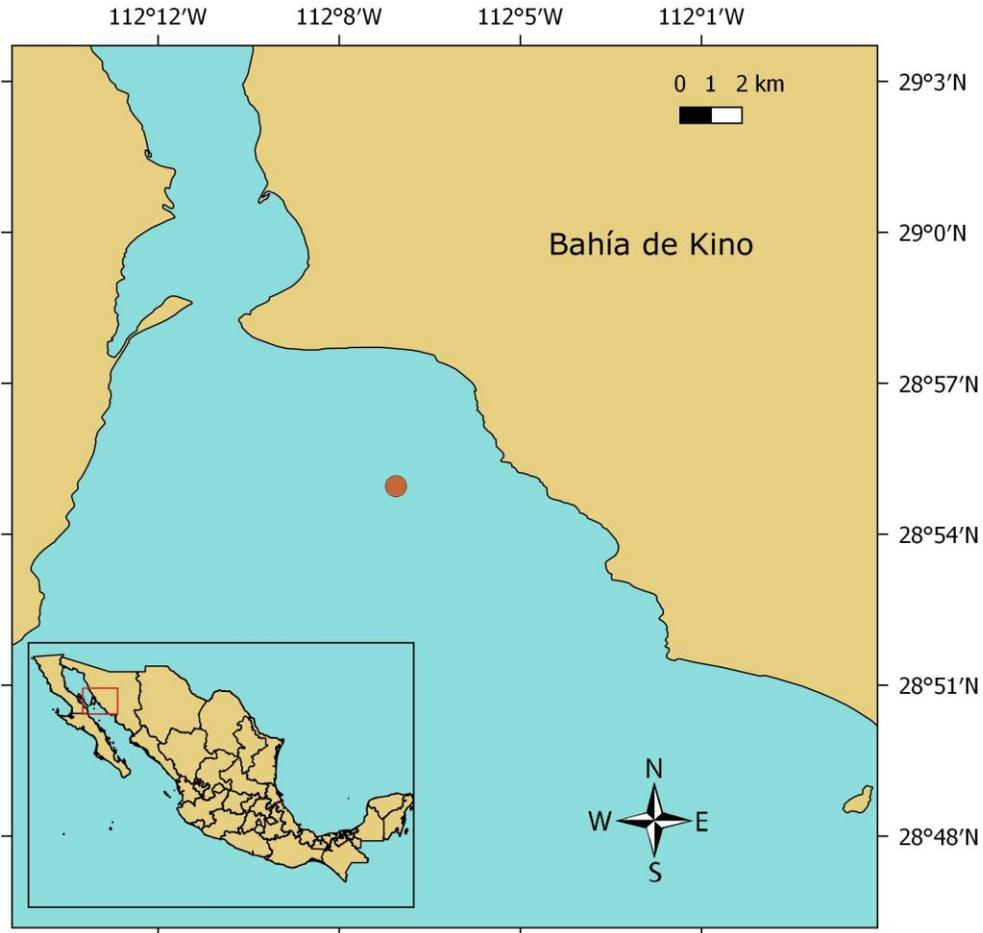


Figura 6. Sitio de colecta de callo de hacha *Atrina spp* (marcado en rojo) cerca de la comunidad de Bahía de Kino, Sonora en el noreste del Golfo de California, Mexico.

Los días 27 y 28 de febrero del 2020 se grabaron los videos de pesca de las especies objetivo de almeja en tres sitios de la bahía en Puerto Libertad, Sonora (Sitio 1: Latitud: 29°54'00.0936, Longitud: 112°43'10.80"; Sitio 2 Latitud: 29°53'12.6636, Longitud: 112°41'22.7292"; Sitio 3: Latitud: 29°52'01.0740, Longitud: 112°39'29.3868") (Figura 7).

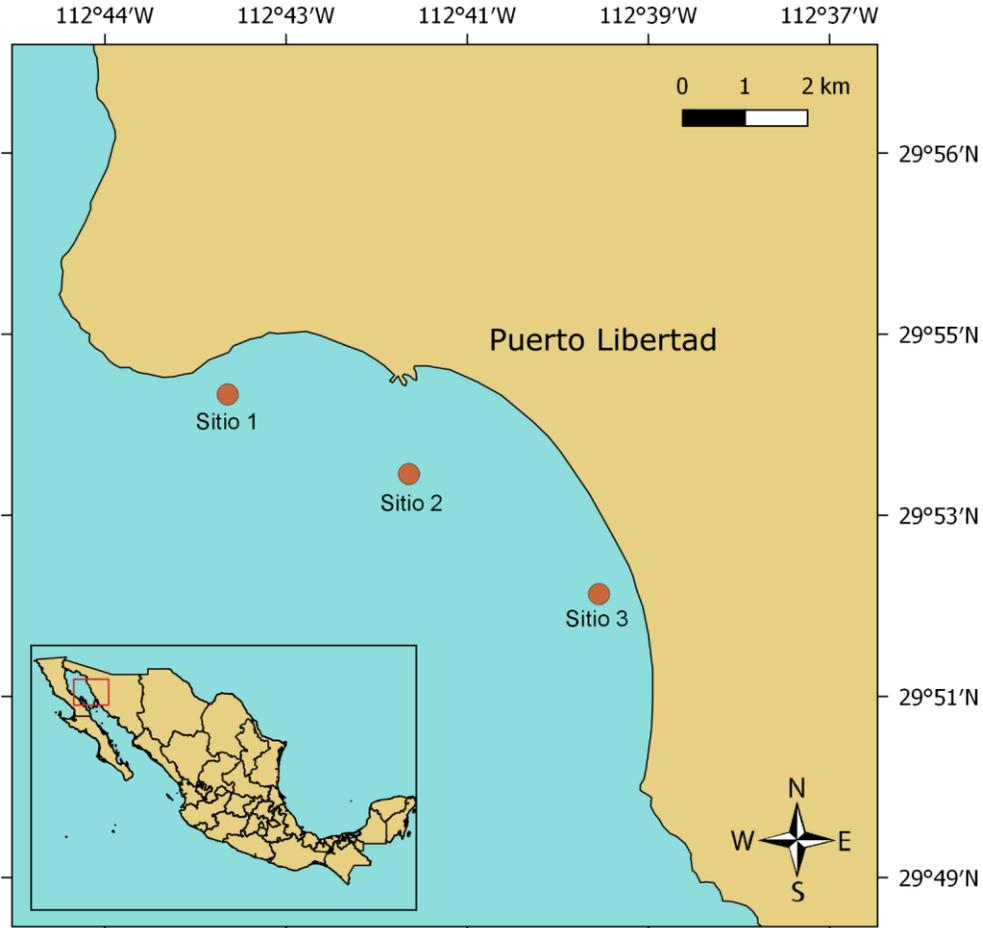


Figura 7. Sitio de colecta de almeja roja (*Megapitaria aurantiaca*), almeja chocolate (*M. squalida*) y almeja blanca (*Dosinia ponderosa*) en Puerto Libertad, Sonora en el noreste del Golfo de California, Mexico.

Resultados.

Bahía de Kino.

Sustrato y Relieve

Se registraron un total de 199 observaciones: 170 en Puerto Libertad y 29 en Bahía de Kino. De las 29 observaciones analizadas a partir de los 32 videos grabados en Bahía de Kino, Sonora, se observa un hábitat homogéneo. El sustrato se compone de un fondo blando de arena, y pocos restos calcáreos (Figura 8, A). En general el relieve en general fue plano, de categoría 0 en todas las observaciones. No se observaron componentes físicos como rocas, guijarros o cementación de adoquín que aportara rugosidad al sustrato, pero en algunos videos se observaron algunas proyecciones y una cubierta de macroalgas, aunque no fue posible identificar el grupo taxonómico (figura 8,D). Antes de la extracción, aparentemente no se observaron macro invertebrados bentónicos u otros componentes biológicos relacionados al sustrato. Se observaron ondulaciones hechas por la marea en los primeros videos (Figura 8).

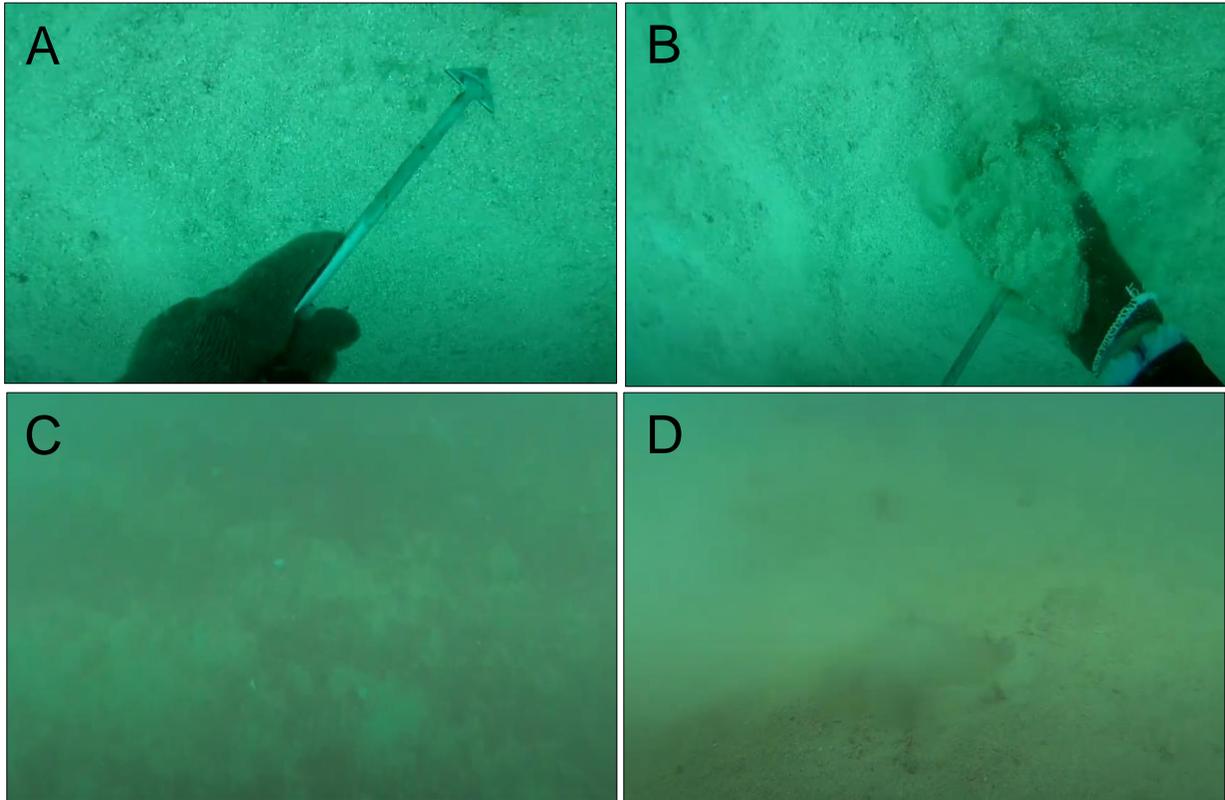


Figura 8. Capturas de pantalla del video BK012 durante la colecta de callo de hacha (<https://www.youtube.com/watch?v=1hzffNYIz4k>) en Bahía de Kino, Sonora. A) Sustrato de arena con restos calcáreos y relieve plano (segundo 0:02) B) Extracción de callo de hacha y suspensión de sedimento (segundo 0:10) C) Cubierta de macroalgas BK017 (<https://www.youtube.com/watch?v=zp3xhUkQTOo>) D) Dispersión del sedimento después de la colecta de callo de hacha, y ejemplo de la alteración del sustrato de arena al dejar un hueco donde se ubicaba la especie objetivo (BK020, <https://www.youtube.com/watch?v=dTtZ0uBOSUU>).





Figura 9. Sedimento de arena con categoría de relieve 0 en Bahía de Kino, donde se observan ondulaciones de mera en el fondo de arena. A) video BK007 (<https://www.youtube.com/watch?v=aYNUHbsubI0>) B) video BK008 (<https://www.youtube.com/watch?v=qRvOmxfrhBQ>).

Susceptibilidad y recuperación.

En la comunidad de Bahía de Kino, el tamaño promedio de la nube de sedimento en el sustrato de arena fue de 25 % ± 13.3, con un tiempo de recuperación de aproximadamente 10 segundos. (Tabla 5).

Tabla 5. Susceptibilidad y recuperación en Bahía de Kino, Sonora.

Tipo de sustrato	Tamaño promedio de la nube de sedimento (%)	Tiempo promedio de recuperación del sustrato (segundos)
Bahía de Kino		
Arena	24.7 ± 13.30	9.96 ± 5.6

Interacción y daño del arte de pesca con otras especies.

No se observó interacción o daño directo del arte de pesca sobre especies no objetivo en estado de protección, amenaza o en peligro de extinción en los videos revisados. Sin embargo, se destacan distintas interacciones sobre los componentes físicos y biológicos que pudieran estar impactando el hábitat en este sitio de manera indirecta.

En el video de callo de hacha BK005 (figura 10) minuto 0:09 (<https://www.youtube.com/watch?v=ji-vVRLZRew>) se observa en la primera imagen como en

el mismo sitio de la colecta, el sedimento se suspende no sólo por efecto del arte de pesca, sino por efecto del disturbio generado por el arrastre de la bolsa de malla y el movimiento de las aletas del pescador sobre el sustrato (minuto 0:20). Este efecto sobre el fondo, es mucho mayor al del arte de pesca por si solo y no es considerado en los análisis de vulnerabilidad.

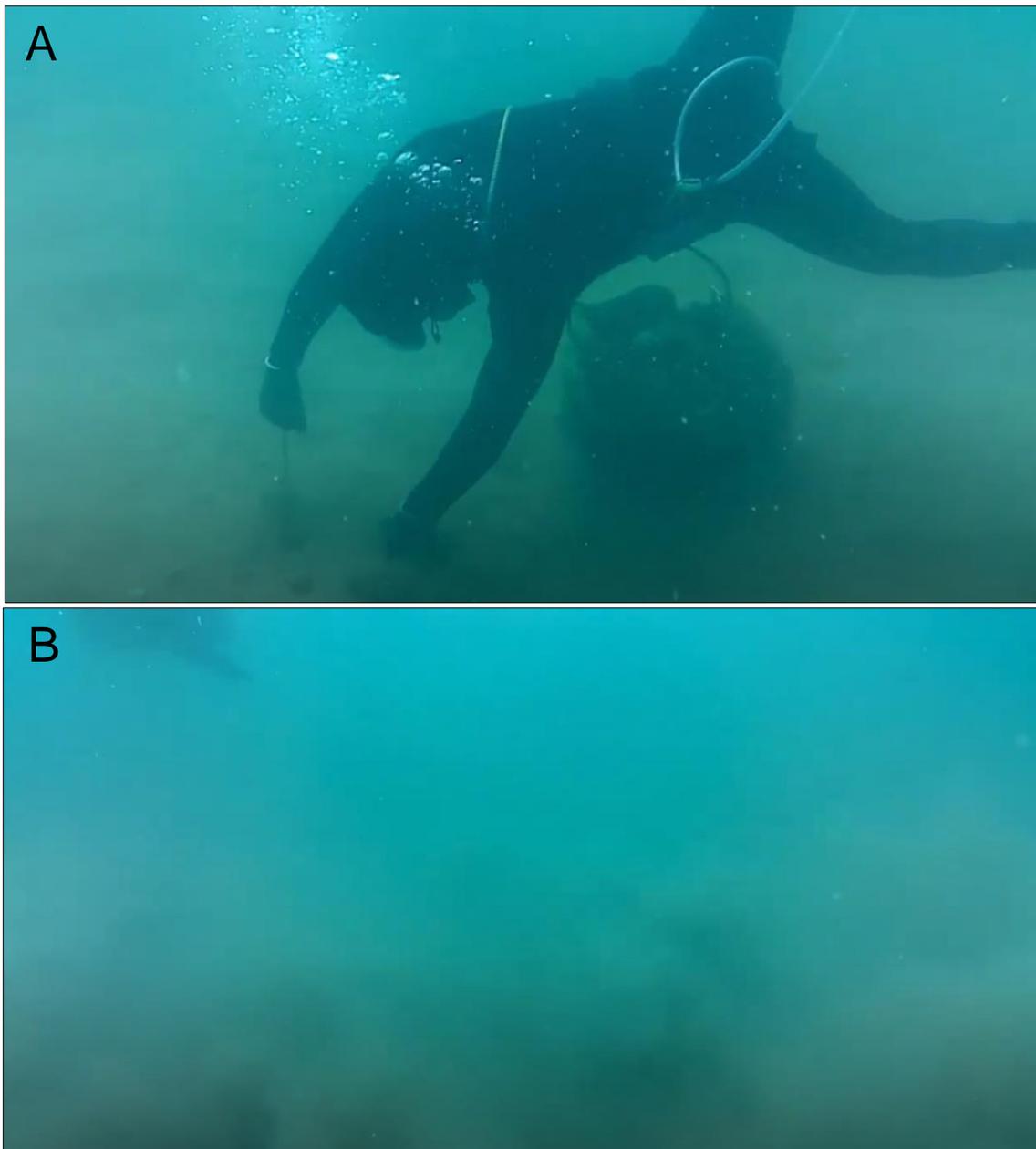


Figura 10. Video de callo de hacha BK005 (<https://www.youtube.com/watch?v=ji-vVRLZRew>). A) minuto 0:09 B) en el mismo sitio de la colecta, el sedimento se suspende por efecto del disturbio generado por el arrastre de la bolsa de malla y el movimiento de las aletas del pescador sobre el sustrato (minuto 0:20).

El ejemplo de lo que se consideraría una extracción óptima se observa en el video BK010 (<https://www.youtube.com/watch?v=CJeIKPj0FtU>) en el minuto 0:18. El pescador hace

contacto con el fondo sólo en el momento de la extracción, y evita arrastrar así la red de malla y las aletas en el fondo marino. El video BK006 (https://www.youtube.com/watch?v=TSFy_DmCJVA) ejemplifica una buena exploración sin contacto por parte del pescador, quien se mantiene encima del fondo marino. Por otro lado, sería preferible evitar la técnica de extracción que se observa en el minuto 0:08 del video BK0015 (<https://www.youtube.com/watch?v=OF7cpjGQ1Zg>), en la que el pescador apoya sus dos aletas en el sustrato como soporte para extraer el bivalvo, generando posiblemente una perturbación sobre el sustrato y sobre los componentes biológicos (figura 11).



Figura 11. Perturbación negativa sobre el sustrato de arena en Bahía de Kino, Sonora. El pescador apoya ambas aletas sobre el sustrato para extraer fácilmente el individuo de callo de hacha.

El video PL001 minuto 0:09 (<https://www.youtube.com/watch?v=qQSFvqwQyuk>) (figura 12) y el video PL002 minuto 0:16 (<https://www.youtube.com/watch?v=BHGJdvMz-eA>) (figura 13), se observa un conjunto de invertebrados que colonizan las valvas del callo de hacha. Dentro de este conjunto de especies se observan gasterópodos, algas costrosas y madrigueras de gusanos poliquetos hechas de fragmentos de conchas. Estas estructuras biogénicas son observadas con mayor densidad en los bordes de las valvas. Sin embargo, no se observa esta colonización sobre las valvas de callo de hacha en todos los ejemplares que se extraen; aparentemente estos ejemplares provienen de ambientes diferentes, en lo que respecta a la profundidad y a la turbulencia del sitio (figura 14).

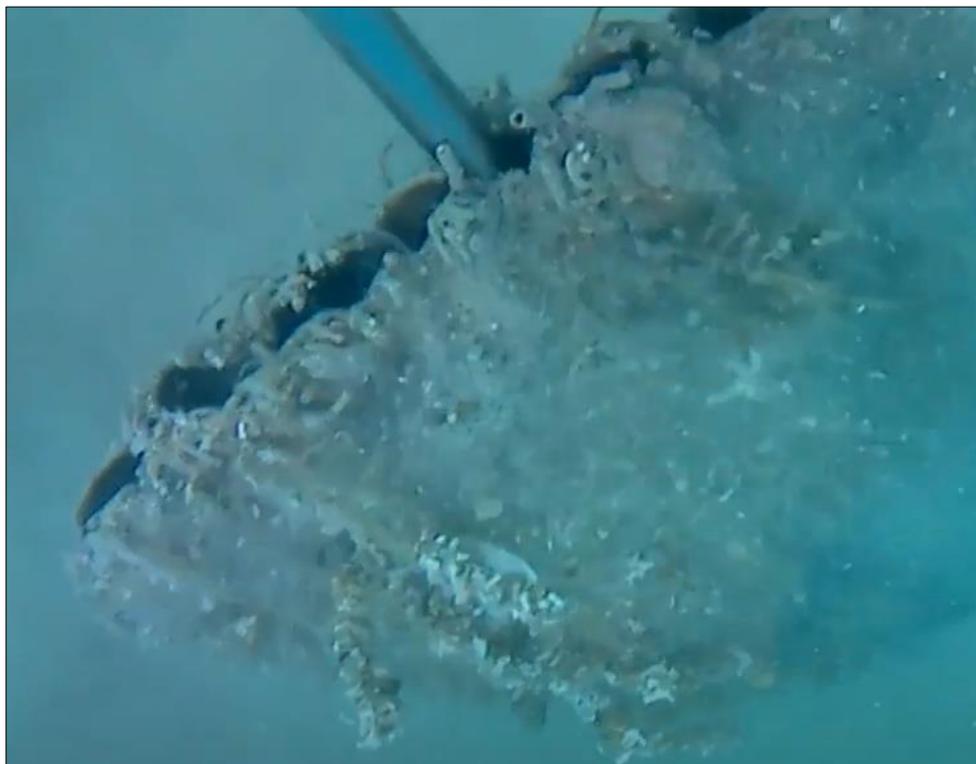


Figura 12. Conjunto de organismos sobre las valvas de *Atrina spp.* en el sustrato de arena en Bahía de Kino, Sono-ra (video PL001 <https://www.youtube.com/watch?v=BHGJdvMz-eA>) minuto 0:09.

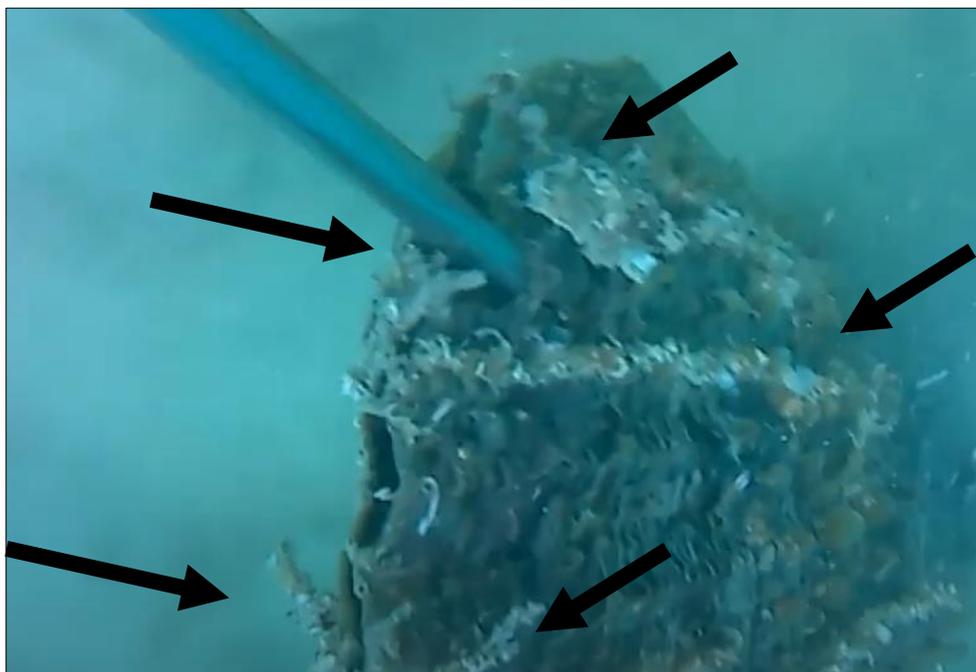


Figura 13. Conjunto de organismos sobre las valvas de *Atrina spp.* en el sustrato de arena en Bahía de Kino, Sono-ra (video BK002 <https://www.youtube.com/watch?v=BHGJdvMz-eA>) minuto 0:16.



Figura 14. Conjunto de organismos sobre las valvas de *Atrina spp.* en el sustrato de arena en Bahía de Kino, Sono-ra (video BK012 (<https://www.youtube.com/watch?v=1hzffNYIz4k>)).

Resultados de Puerto Libertad

Sustrato y relieve

Se registraron un total de 199 observaciones: 170 en Puerto Libertad y 29 en Bahía de Kino. De las 170 observaciones analizadas a partir de los 29 videos grabados en Puerto Libertad, Sonora, se observó en su mayoría un sustrato arenoso (72 %). No obstante, se identificaron cinco tipos de sustrato según el del tamaño de grano y el predominio del tipo de sustrato (Figura 15, tabla 6).

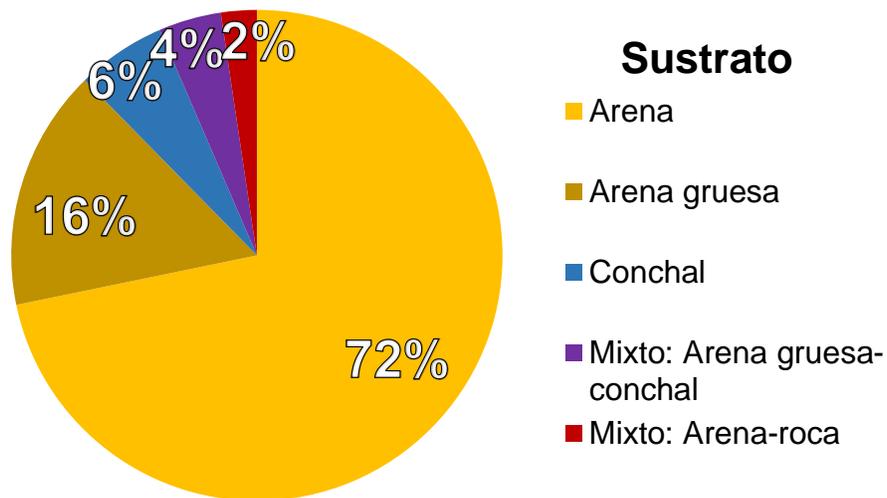


Figura 15. Caracterización del sustrato en Puerto Libertad, Sonora.

Tabla 6. Número de observaciones y clasificación del sustrato en los 32 videos de la comunidad de Puerto Libertad, Sonora.

Sustrato	Observaciones	%	ID del video
Arena	122	71.76	PL001-PL010, PL015-PL020, PL029, PL031, PL032
Arena gruesa	27	15.88	PL011, PL013, PL014, PL025, PL026, PL027, PL028, PL030
Conchal	10	5.88	PL021- PL024
Mixto: Arena gruesa-conchal	7	4.11	PL012
Mixto: Arena-roca	4	2.35	PL017
Total	170	100	

A continuación se ejemplifican y describen a detalle los tipos de sustrato caracterizados en Puerto Libertad, Sonora:

Arena

En las primeras capturas (videos PL001-PL010), donde predomina la pesca de almeja blanca, el hábitat bentónico se caracteriza por un fondo arenoso, con pocos restos de conchas, plano y sin rugosidad ni complejidad topográfica ni ondulaciones hechas por la marea. Debido a la escasez de sustrato duro, no se observan asentamientos de conjuntos de macro invertebrados sobre el fondo, aunque se observan individuos de algas verdes cladophorales, pastos marinos, y enterramientos biogénicos además de las generadas por las especies objetivo, que podrían ser generadas por madrigueras de infauna de gusanos poliquetos (Figura 16).

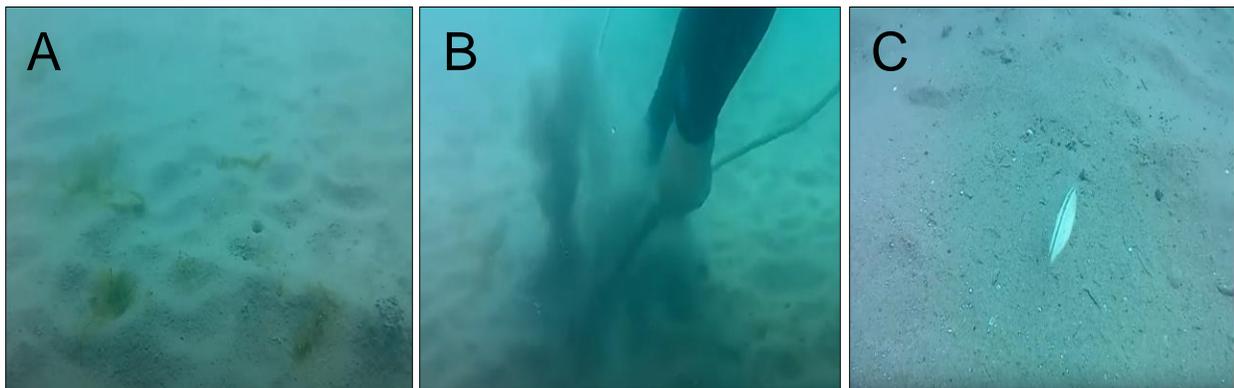


Figura 16. Captura de imagen del video PL007 en Puerto Libertad, Sonora (<https://www.youtube.com/watch?v=PoL-esYszDk&t=555s>). A) Sustrato de arena con relieve de caracterización 0 (minuto 1:20). B) Sustrato de arena con relieve de caracterización 0 en suspensión después de la colecta de almeja (minuto 0:20). C) Acercamiento al sustrato de arena y restos de conchas donde además del enterramiento de la almeja blanca, se presentan orificios señales de estructuras tubulosas (PL007 <https://www.youtube.com/watch?v=PoL-esYszDk&t=20s>).

En los videos de las últimas capturas se observa un sustrato blando arenoso con pequeños guijarros sueltos, cantos rodados y restos calcáreos de moluscos que podrían aportarle mayor complejidad topográfica o rugosidad al hábitat (ver video PL030, <https://www.youtube.com/watch?v=8USniIrZWkU>). Asimismo se observa una comunidad de algas rojas del género *Prionitis spp.* y *Rhodymenia spp.* (Figura 17).

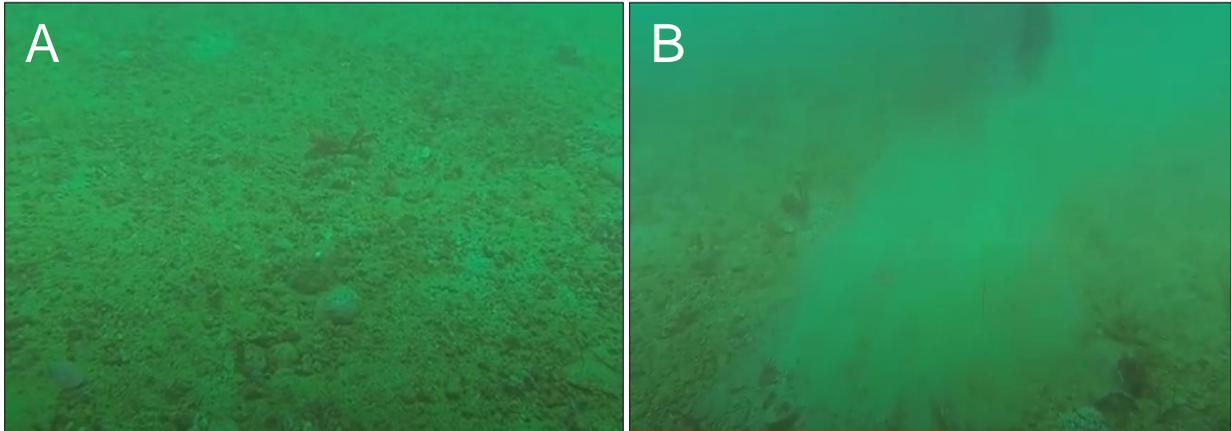


Figura 17. Captura de imagen del video PL032 en Puerto Libertad, Sonora. (<https://www.youtube.com/watch?v=lLqYjbtAxhw>). A) Sustrato de arena de relieve de mayor altura (categoría 1) donde se observan algunos guijarros dispersos y un individuo de *Rhodymenia spp.* B) Sustrato de arena con relieve de mayor altura (categoría 1) en suspensión después de la colecta de almeja (minuto 0:33).

Arena gruesa.

Sustrato con arena de mayor tamaño con un relieve de categoría 1, con presencia de guijarros sueltos, restos calcáreos y proyecciones o montículos de arena,. Se observó un conjunto de macroalgas verdes y rodofitas género *Rhodymenia spp.* en estadio juvenil y adulto (Figura 18, 19).



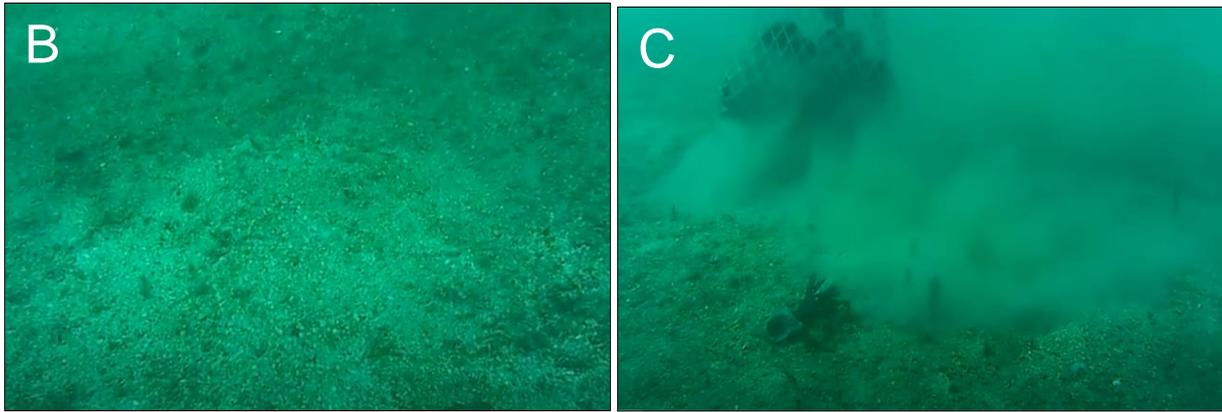


Figura 18. Captura de imagen del video PL013 en Puerto Libertad, Sonora. (<https://www.youtube.com/watch?v=y3pc5AZTrIM>). A) Alga rodophyta sobre el sustrato de arena gruesa; B) Sustrato de arena gruesa donde se observa el relieve de categoría 1 (minuto 0:49). C) Sustrato de arena gruesa tipo 1 en suspensión después de la colecta de almeja cerca de un individuo de *Rhodymenia* spp. y una concha de gasterópodo (minuto 0:27).



Figura 19. Captura de imagen del video PL011 en Puerto Libertad, Sonora. (<https://www.youtube.com/watch?v=Zb2bKzhyvo4>) donde se observa una población de algas verdes cladoforales distribuida en parches sobre el sustrato de arena gruesa.

Conchal

Se identifica este tipo de sustrato por un tipo de fondo con mayor rugosidad, con un relieve de mayor altura (categoría 1). La estructura del hábitat está compuesta por un fondo blando cubierta de una densa cama de restos de conchas de gasterópodos, erizos y bivalvos. Se observa un conjunto de macroalgas clorofitas *cladophorales*, rodofitas (*Rhodymenia* spp., *Prionitis* spp.) y algas pardas (*Laminaria* spp., *Sargassum* spp.) (Figura 20). En este tipo de sustrato extrae principalmente almeja roja.

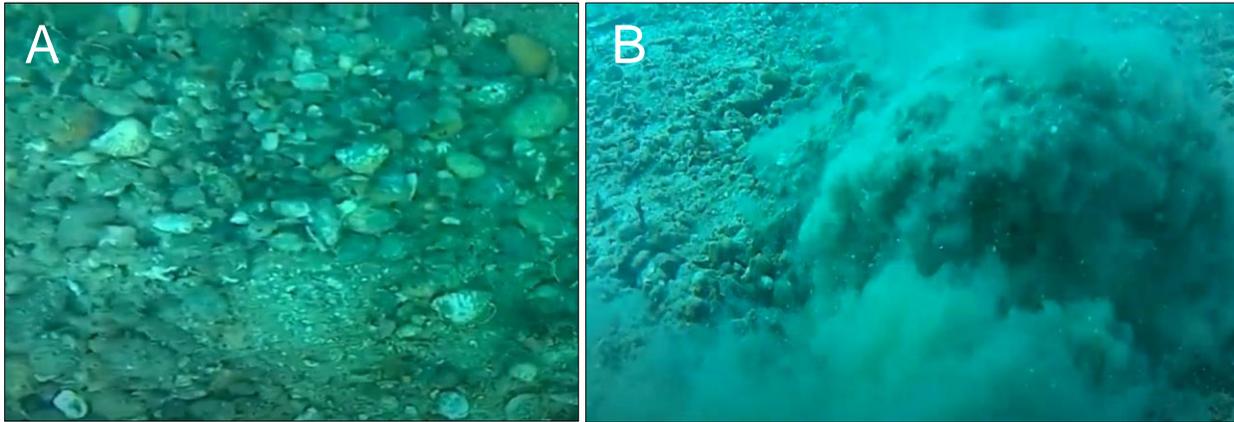


Figura 20. Captura de imagen del video PL024 en Puerto Libertad, Sonora. (<https://www.youtube.com/watch?v=Ih3S2DANqmY>). A) Acercamiento al sustrato de conchal con relieve categoría 1 en Puerto Libertad, Sonora. B) Sustrato en suspensión después de la colecta de almeja (min 0:18).

Mixto

Arena y conchal

Presente en el video PL0012 (<https://www.youtube.com/watch?v=JNOk-P20ui0&t=80s>), no se caracterizó dentro de una categoría en específico (de arena gruesa o conchal) debido a que compartía características de ambos tipos de sustrato. Este tipo de hábitat, donde se observa la pesca de almeja roja, presentó un sustrato de arena gruesa cubierto de restos calcáreos, grava y conchas de moluscos que formaron montículos de arena teniendo así un relieve de categoría 1 y una mayor heterogeneidad estructural que lo que había sido observado en los sustrato previamente caracterizados como arena gruesa. Si bien se presenta una gran cantidad de restos de animales calcáreos, se observa que el fondo se mantiene relativamente compacto. También en este sustrato se observa un conjunto de algas rojas (min 0:49), Laminariales y *Sargassum spp.* (Figura 21, A, C) y ocurre aglomeramiento de peces mojarras después de la extracción de almeja.

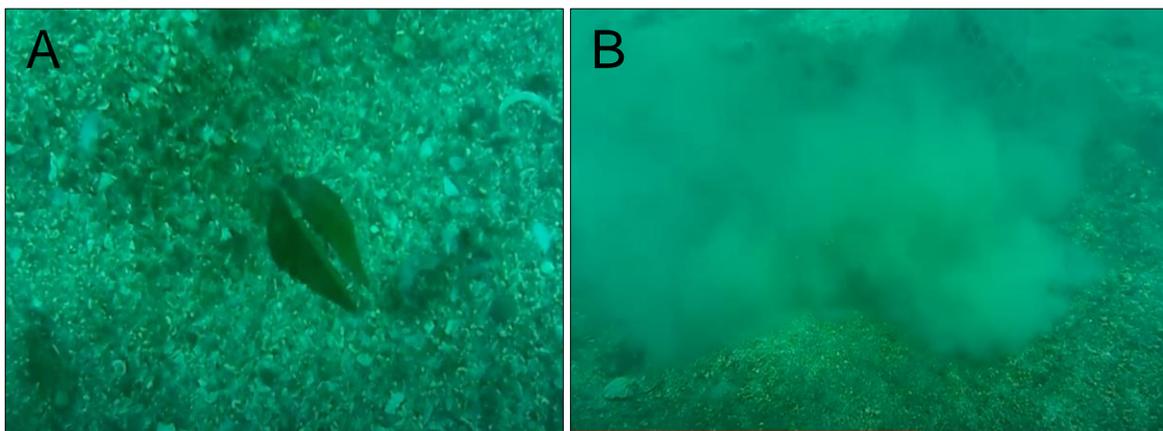
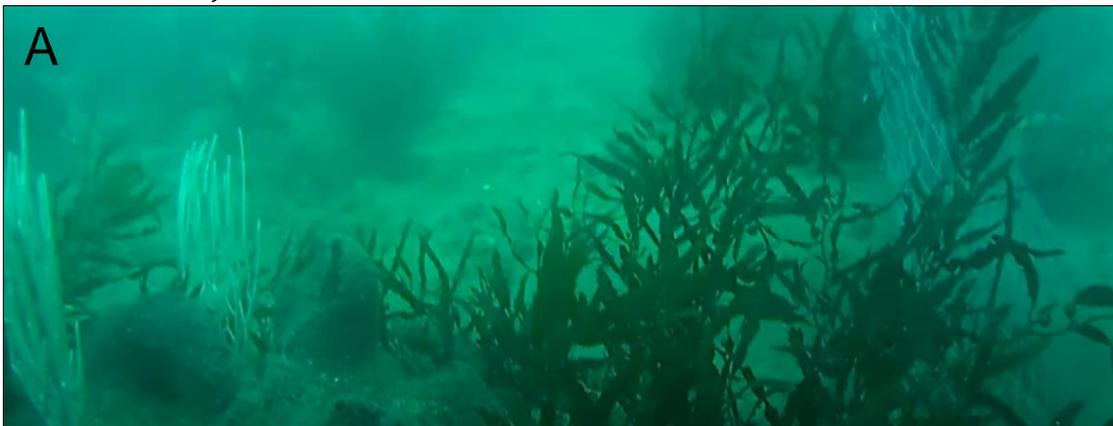




Figura 21. Capturas de imagen del video PL012 en Puerto Libertad, Sonora. (<https://www.youtube.com/watch?v=JNOk-P20ui0&t=80s>). A) Individuo de *Laminaria* spp. sobre el sustrato de arena-conchal con categoría de relieve 1 en Puerto Libertad, Sonora (min 4:41). B) sustrato de arena-conchal con categoría de relieve 1 en suspensión después de la colecta de almeja (min 4:10); C) Extracción de almeja cerca de Individuos de *Sargassum* spp. que dominan el conjunto de macroalgas en el video PL012.

Arena-roca

Presente en el video PL017 (<https://www.youtube.com/watch?v=IgT4nFyj8LA&t=178s>), Se observa un hábitat heterogéneo compuesto por un sustrato arenoso y plano (relieve categoría 1) y cantos rodados de gran tamaño, distribuidos de forma dispersa (figura 22, B) y que proporcionan el sustrato sólido para el desarrollo de conjuntos de macroalgas, en la que domina una población juvenil de *Sargassum* spp, ocurre aglomeramiento de peces mojarras después de la extracción de almeja.



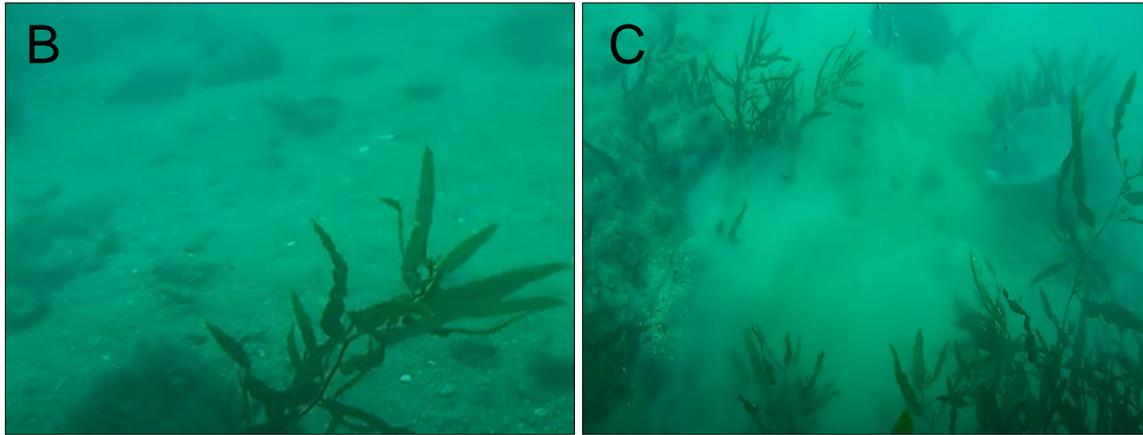


Figura 22. Captura de imagen del video PL017 en Puerto Libertad, Sonora. (<https://www.youtube.com/watch?v=IgT4nFyj8LA&t=178s>). A) Sustrato de arena y superficie plana (relieve de categoría 1) donde se observan cantos rodados de gran tamaño y un conjunto de algas calcáreas y algas pardas del género *Sargassum* spp. B) Sustrato de arena-roca con relieve categoría 1 donde se observa una heterogeneidad marcada; C) Sustrato de arena en suspensión después de la colecta de almeja y la ulterior aglomeración de peces mojarra (minuto 0:22).

Relieve

De un total de 170 observaciones analizadas a partir de los 29 videos grabados en Puerto Libertad, Sonora se observaron dos categorías de relieve, predominando un relieve plano de categoría 0 (74%) y un relieve con mayor altura de categoría 1 en el 26% de las observaciones (Figura 23, tabla 7).

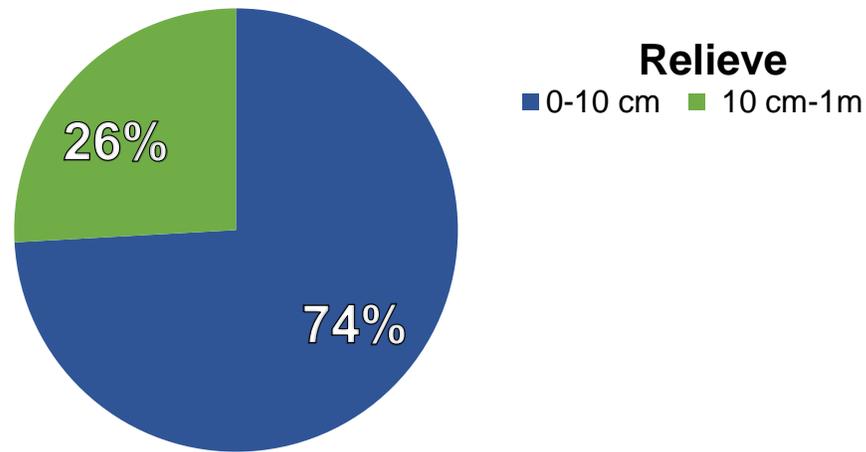


Figura 23. Caracterización del relieve en Puerto Libertad, Sonora.

Tabla 7. Número de observaciones y caracterización del relieve en Puerto Libertad, Sonora.

Relieve	Observaciones	%	ID del video
0-10 cm	126	74.11	PL001 – PL010; PL019,PL020; PL025-PL028
10 cm-1m	44	25.88	PL011-PL018; PL021-PL024, PL029, PL030-PL032
Total	170	100	

Susceptibilidad y recuperación del sustrato

En la tabla 7 se presentan los resultados de susceptibilidad y recuperación del sustrato en las comunidades de Bahía de Kino y Puerto Libertad, Sonora. En la comunidad de Bahía de Kino, el tamaño promedio de la nube de sedimento en el sustrato de arena fue de 25 % \pm 13.3, con un tiempo de recuperación de aproximadamente 10 segundos. En la localidad de Puerto Libertad, la nube de sedimento (sin distinción del sustrato) tuvo un tamaño promedio de 17.13 % \pm 10 (Tabla 8).

Tabla 8. Susceptibilidad y recuperación (con los valores de desviación estándar de la media) en Bahía de Kino y Puerto Libertad.

Tipo de sustrato	Tamaño promedio de la nube de sedimento (%)	Tiempo promedio de recuperación del sustrato (segundos)
Bahía de Kino		
Arena	24.7 \pm 13.30	9.96 \pm 5.6
Puerto Libertad		
Arena	17.47 \pm 9.75	9.39 \pm 4.97
Arena gruesa	13.11 \pm 7.88	12.37 \pm 7.06
Conchal	24.42 \pm 11.46	15.7 \pm 4.52
Mixto	16.53 \pm 8.29	20.45 \pm 14.75

Puerto Libertad: Susceptibilidad

El conchal tuvo el mayor tamaño de la nube de sedimento, con un 24% \pm 11.5 mientras que el menor tamaño lo tuvo el sustrato de arena gruesa, con un 13% \pm 8. El tamaño promedio de la nube de sedimento del sustrato de arena fue de 17.5% \pm 10, y el sustrato mixto tuvo un tamaño de nube de sedimento de 16.53% \pm 8.29 (Figura 24).

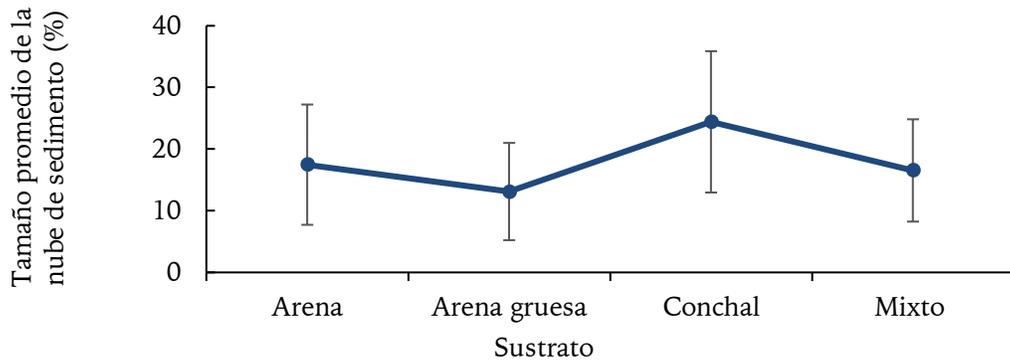


Figura 24. Indicador de susceptibilidad (alteración del hábitat) de los sustratos caracterizados en Puerto Libertad, Sonora.

Puerto Libertad: Recuperación

En cuanto al tiempo promedio de recuperación del sustrato después de cada colecta, el sustrato mixto tuvo el mayor tiempo con 20 segundos, mientras que la arena tuvo el menor tiempo de recuperación, con 9 segundos. El sustrato de conchal se recuperó 16 segundos y por último la arena gruesa se recuperó en promedio 12 segundos (Figura 25).

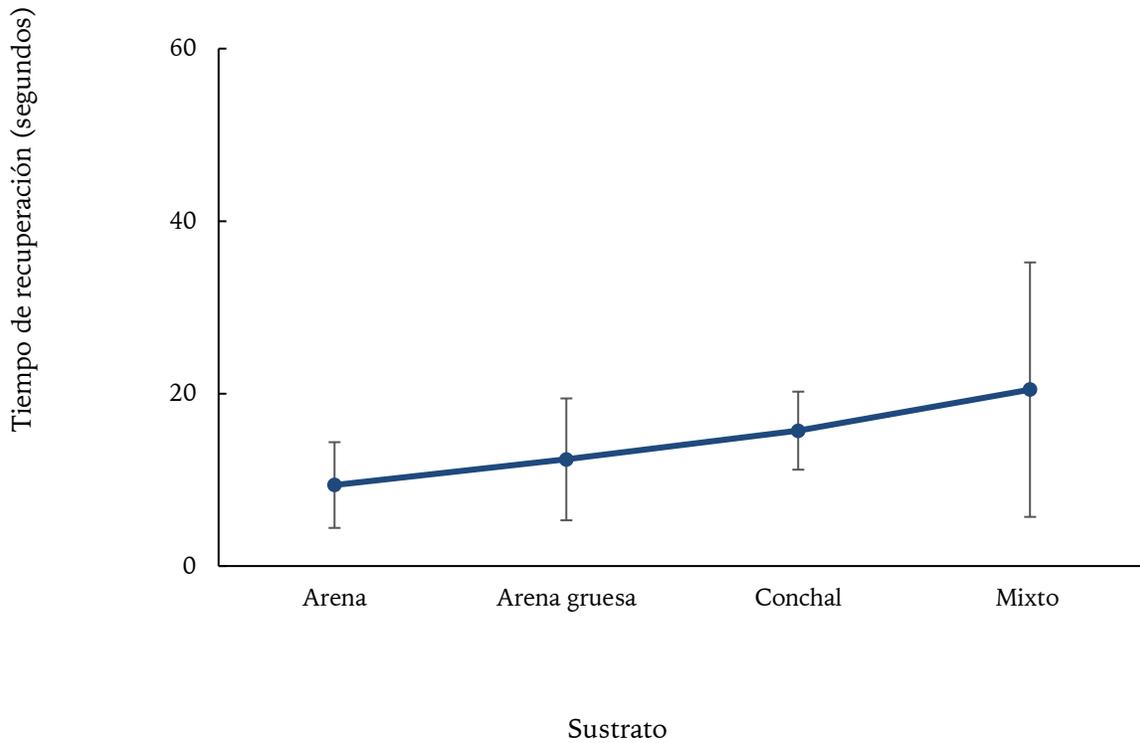


Figura 25. Indicador de la recuperación de los sustratos caracterizados en Puerto Libertad, Sonora.

Interacción y daño del arte de pesca con otras especies

Enterramiento

Enterramiento por suspensión del sedimento después de la extracción sobre algas del género *Sargassum spp.*, cladophorales, y *Rhodymenia spp.*, *Prionitis spp.* (Figura 26, 27,28).



Figura 26. Impacto de la bolsa de malla sobre un bosque juveniles de *Sargassum* spp. (video PL017 <https://www.youtube.com/watch?v=IgT4nFyj8LA&t=27s>).



Figura 27. Daño por el arrastre de la bolsa de malla y la suspensión de sedimento sobre un individuo de *Laminaria* spp. en Puerto Libertad (video PL022, <https://www.youtube.com/watch?v=j2Np5c4LX1Y>).



Figura 28. Daño por el arrastre de la bolsa de malla y la suspensión de sedimento sobre un individuo de *Prionitis* spp. en Puerto Libertad (video PL022 <https://www.youtube.com/watch?v=j2Np5c4LX1Y>).

Larvas de peces

Se observó una alta densidad de larvas de peces en la columna de agua en el sitio con el sustrato de arenoso (videos PL001-PL005 <https://www.youtube.com/watch?v=3a71ss15Ssg&t=479s>) en Puerto Libertad (Figura 29).



Figura 29. Larvas de peces en la columna de agua de los sitios de arena en Puerto Libertad, Sonora (videos PL001-PL005 <https://www.youtube.com/watch?v=3a71ss15Ssg&t=479s>).

Peces oportunistas

Se observa un grupo de peces *Calamus brachysomus* asociados al hábitat de sustrato mixto de roca-arena, que persigue a los buzos durante la pesca en busca de pequeños organismos que queden expuestos después de la extracción, indicando una posible afectación por la suspensión de sedimento después de la extracción y del arrastre de la bolsa de malla (Figura 30). De acuerdo a la experiencia de pescadores locales, *C. brachysomus* es una especie oportunista y son

comúnmente visibles después de la remoción de almeja, lo que indica que aprovechan ese momento de remoción de sustrato para alimentarse.

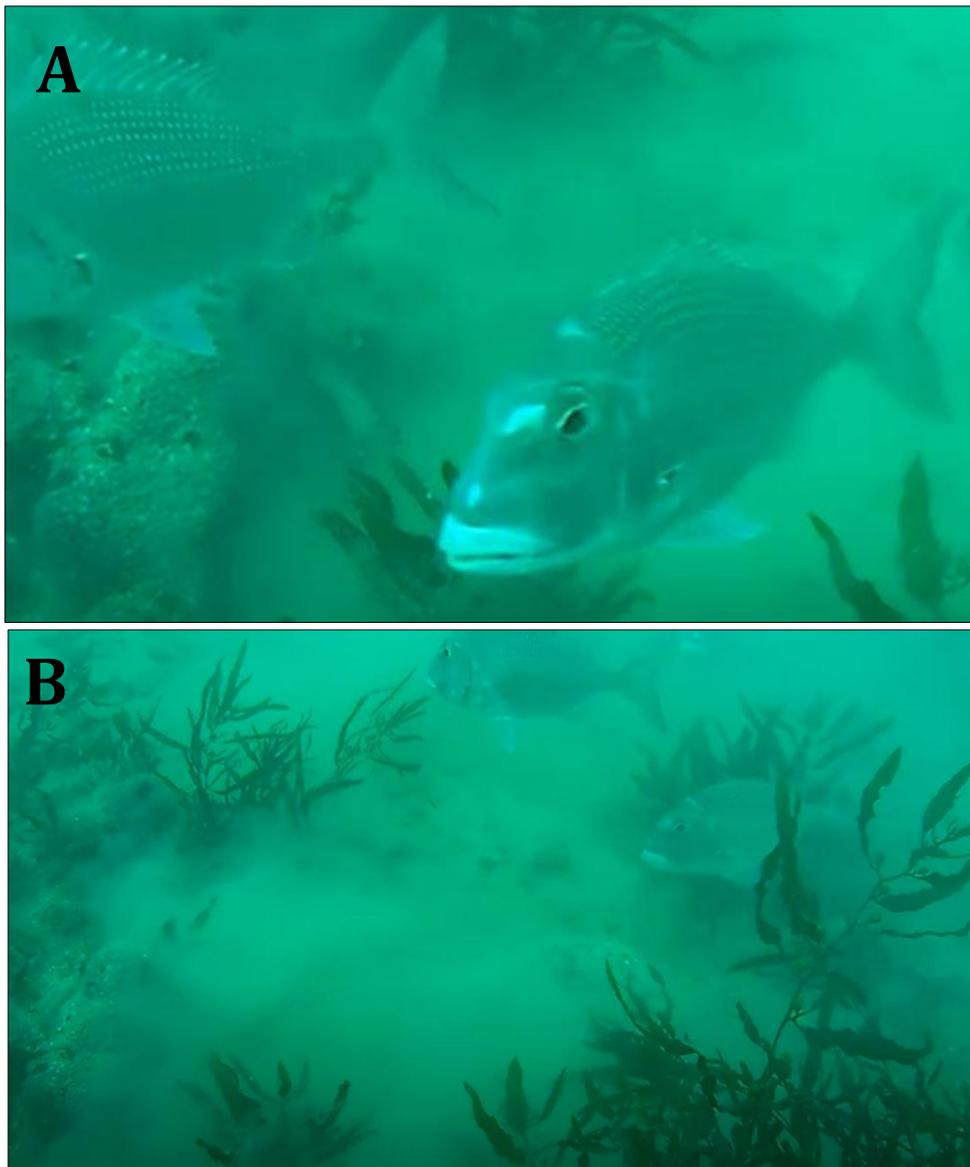


Figura 30. A) *Calamus brachysomus* en búsqueda de pequeños organismos para alimentarse en Puerto Libertad (video PL017 <https://www.youtube.com/watch?v=IgT4nFyj8LA&t=27s>). B) Hábitat de sustrato arenoso con rocas. Un grupo de *C. brachysomus* en busca de pequeños organismos después de la remoción de sedimento por arrastre de la red de pesca (video PL017 <https://www.youtube.com/watch?v=IgT4nFyj8LA&t=27s>).

Arrastre de la bolsa de malla

Arrastre de la bolsa de malla y del equipo de buceo que se considera impacta negativamente los componentes físicos del sustrato y daña la comunidad bentónica asociada al sustrato como macroalgas rodofitas y clorofitas (Figura 31). Lo anterior se observó durante todo el tiempo efectivo de pesca en los videos PL004, PL005, PL007, PL010, PL012, PL013, PL014, PL015, PL017, PL018, PL021, PL030, PL031. Aunque en algunos videos este daño es evitado asegurando la bolsa de malla al equipo de buceo.

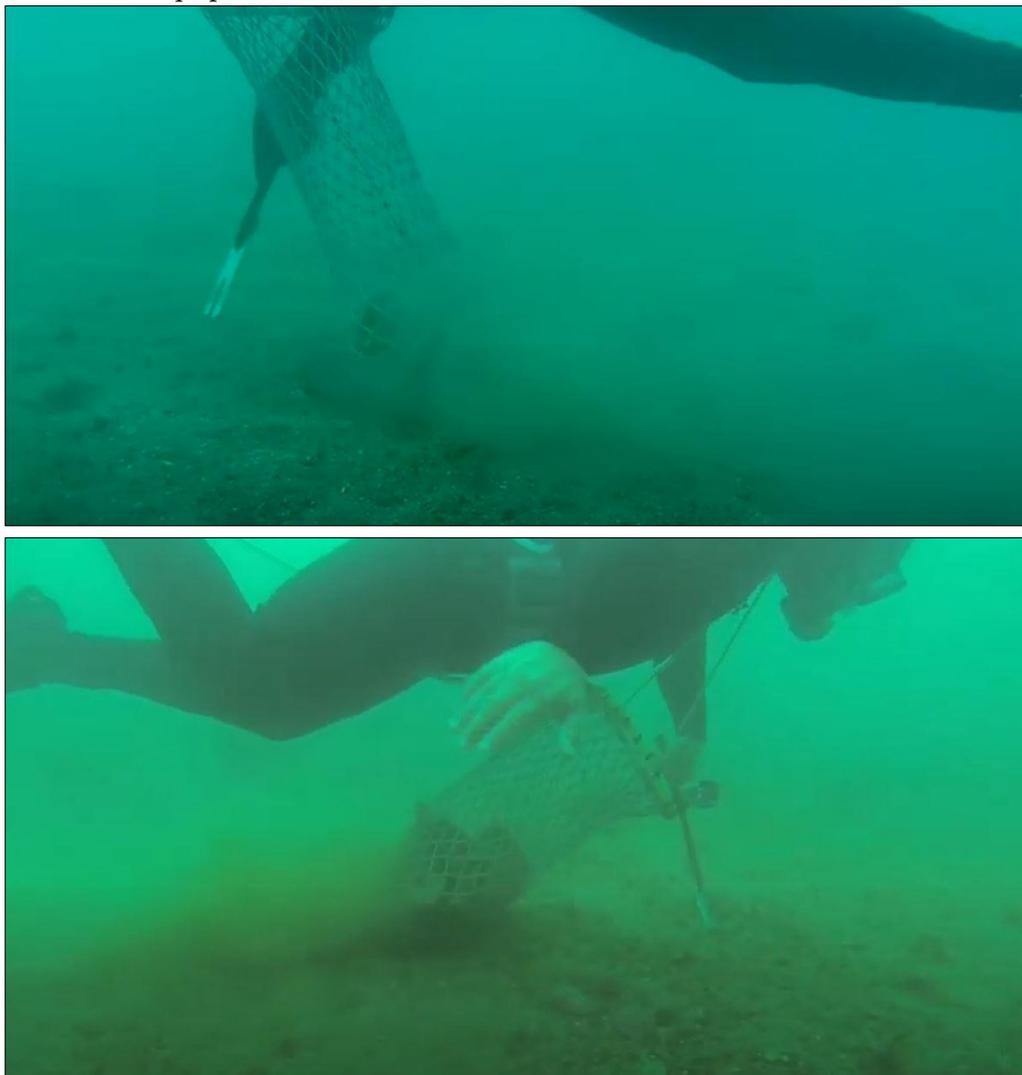


Figura 31. A) Arrastre de la bolsa de malla sobre el fondo de arenoso Puerto Libertad (video PL018 https://www.youtube.com/watch?v=-aOLSg_rwl4). B) Arrastre de la bolsa de malla sobre el fondo arenoso en Puerto Libertad (video PL031 <https://www.youtube.com/watch?>

Aplastamiento

Se observa un aplastamiento que ocasiona un daño total en algas verdes cladoforales, *Rhodomenia spp.* y organismos de *Sargassum spp.* en estadio juvenil que son aplastados por la bolsa de malla (videos PL005, PL008, PL009, PL019, PL020, PL021, PL027), y un arrastre sobre algas verdes cladoforales, *Prionitis spp.*, *Sargassum spp.* y *Laminaria spp.* (videos PL015, PL017, PL030) . De acuerdo a los comentarios de buzos monitores, este daño se presenta generalmente

en temporadas en las que la mayoría de las especies de macroalgas están en su máximo crecimiento, y coincide con el desprendimiento natural por aumento de la temperatura. (Figura 32).



Figura 32. . Individuo de alga roja *Rhodymenia* spp. arrancado por la bolsa de malla en Puerto Libertad (video PL021, <https://www.youtube.com/watch?v=3oiw9zg8HNk&t=32s>).

Se observó que la recuperación podría variar dependiendo no sólo del tipo de sustrato y del tamaño de la nube de sedimento, si no del efecto mecánico de la colecta. La colecta más eficiente y con el menor impacto sobre el sustrato se observó en el minuto 3:31 del video PL002 (<https://www.youtube.com/watch?v=3a71ss15Ssg&t=22s>) (arena) presentando el menor porcentaje de sedimento suspendido (3.7%), y el menor tiempo de recuperación (3 segundos). Una observación cualitativa es que durante colectas eficientes (menos agresivas y más rápidas) se observa un tiempo de recuperación menor, independientemente del tamaño de la nube de sedimento que se suspenda por la colecta. Por ejemplo, en el minuto 2:55 del video PL004 (<https://www.youtube.com/watch?v=R-5liXpMxlw&t=4s>), una nube de arena con tamaño de 11.1% se reestablece en 3 segundos.

Discusión

La literatura disponible que evalúe los impactos de las artes de pesca artesanal sobre el hábitat bentónico es muy escasa (Shester y Micheli, 2011). Sin embargo, se tomó como base el criterio de Grabowski et al (2014) para determinar a los hábitats más vulnerables por efecto del arte de pesca, en las comunidades de Bahía de Kino y Puerto Libertad. Estos autores mencionan que los sustratos de mayor susceptibilidad (suspensión del sedimento por la interacción del arte de pesca) y los que tardan más tiempo en recuperarse después del impacto por el arte de pesca, son

los más vulnerables.

En el análisis de los cinco tipos de sustratos caracterizados en Puerto Libertad, la vulnerabilidad evaluada fue mayor en sustratos mixtos (arena gruesa-conchal y arena-roca), ya que fueron éstos los que presentaron mayor susceptibilidad y un mayor tiempo de recuperación. Se observó que la vulnerabilidad del sustrato se relaciona con una mayor complejidad del hábitat (Grabowski et al., 2014). El sustrato mixto de arena gruesa-conchal, el sustrato mixto de arena-roca y el sustrato de conchal, fueron los que presentaron mayor complejidad estructural debido a que tuvieron mayor complejidad topográfica (rugosidad), debido a la composición física del sedimento (guijarros, grava, arena de tamaño mediano, cantos rodados, depresiones y montículos de arena y densas camas de conchas) los cuales son generadores de micro hábitats para las especies epibentónicas (Kovalenko et al., 2012). Los sustratos duros, que tardan más en recuperarse y que aportan una mayor complejidad estructural al hábitat, se consideran como los más vulnerables. Según Grabowski et al. (2014) éstos (sustratos duros) deberían tener una mayor prioridad de manejo.

Seguido de los sustratos mixtos, el sustrato de conchal, arena gruesa y por último los sustratos de arena son los sustratos de menor vulnerabilidad, debido a su tasa de recuperación. Lo anterior coincide con Grabowski et al (2014), en el que los hábitats bentónicos de sustrato duro (adoquín, roca y en menor grado, guijarro granulado) son más vulnerables por contacto individual con el arte de pesca, que los sustratos blandos (arena, limo). La recuperación de los componentes geológicos ocurre típicamente más rápido en fondos blandos que en sustratos duros, aunque los primeros hayan sido muy disturbados (Grabowski et al., 2014). Por ejemplo, la susceptibilidad del sustrato de arena en Bahía de Kino, fue alto (24.7 ± 13.30 segundos), similar al sustrato de conchal (considerado como el tercer tipo de sustrato con mayor complejidad estructural en el hábitat) en Puerto Libertad (24.42 ± 11.46 segundos). Sin embargo, su recuperación (15.7 ± 4.52 segundos) fue más lenta que el del sustrato de arena en Bahía de Kino (9.96 ± 5.6 segundos).

Se observaron ondulaciones de marea en el fondo marino en Bahía de Kino, lo que indica un hábitat de alta energía, y con ello se explicaría la rápida recuperación de este sustrato. Los hábitats compuestos de estructuras físicas hechas por corrientes de marea tienden a reestablecerse con rapidez después de los impactos generados por la pesca (Auster et al., 1996, Grabowski et al., 2014). Considerando esta característica, la recuperación en los sustratos de arena que presentan ondulaciones de marea en esta localidad es más rápida. Y esto fue así, si se compara el tiempo de recuperación del sustrato en Bahía de Kino (9.96 ± 5.6 segundos), con el tiempo de recuperación del sustrato mixto (20.45 ± 14.75 segundos) en Puerto Libertad. Por lo anterior, el sustrato de arena sería menos vulnerable a las artes de pesca, que los sustratos de conchal y mixtos.

El hecho de que los sustratos de arena se recuperan más rápidamente llevaría a pensar que el impacto de las artes de pesca sobre este tipo de hábitat sería mínimo, y por lo tanto el manejo de las pesquerías en estos hábitats no se consideraría de mayor importancia. No obstante, es importante mencionar que en un determinado hábitat, los tiempos de restablecimiento de los componentes biológicos no responden a los mismos periodos temporales de restablecimiento de las estructuras físicas, y esto está relacionado a las historias de vida de las especies. Por ejemplo, en el caso de los hidroides, con ciclos de vida de aproximadamente de un año, las perturbaciones físicas serían a corto plazo, mientras que las perturbaciones a las especies de largas historias de

vida como es el caso de las esponjas, la colonia tardaría muchos años en asentarse y crecer nuevas colonias (Auster et al., 1996).

Bahía de Kino presentó un hábitat homogéneo y plano, en algunos videos se observaron ondulaciones hechas por la marea en el sustrato, pero en general no se presentaron componentes físicos que le aportaran mayor complejidad. Aparentemente no se observaron macroinvertebrados bentónicos u otros componentes biológicos relacionados. Sin embargo, en algunas colectas se observa un conjunto de invertebrados epibiontes sobre las valvas de *Atrina spp.*, compuesto de gasterópodos, algas costrosas y madrigueras de gusanos poliquetos hechas de fragmentos de conchas, que son observadas en mayor densidad en los bordes de las valvas. Los moluscos bivalvos son uno de los ingenieros del ecosistema más citados en la literatura, siendo sus conchas una fuente importante de la estructura del hábitat en ambientes marinos, estuarinos y de agua dulce (Kovalenko et al., 2012). A su vez, los depósitos de conchas, las depresiones y los enterramientos biogénicos de moluscos bivalvos son componentes físicos característicos de los sedimentos arenosos y limosos, como los observados en *Atrina spp.* (Grabowski et al., 2014). A estos componentes físicos están asociados componentes biológicos tales como anfípodos, braquiópodos e invertebrados bentónicos como anémonas (Actiniidae y Cerianthus) y ascidias, briozoarios, corales, plumas de mar, hidroides, macroalgas, poliquetos y esponjas (Grabowski et al., 2014). Estos macroinvertebrados son animales de hábitos sésiles o de poca movilidad, que para sobrevivir tienden a adherirse a los componentes físicos del sustrato, incluyendo conchas de moluscos, como se observa en las imágenes aquí expuestas.

Las estructuras biogénicas en el medio marino (ej. algas, pastos marinos, corales y esponjas) se encuentran entre los hábitats más sensibles a los impactos de las artes de pesca (Shester y Micheli, 2011), por lo que es posible que la colecta de especies productoras de depresiones biogénicas en sustratos arenosos pudiera estar afectando a largo plazo la complejidad estructural del hábitat. Una de las consecuencias de la reducción en la complejidad del hábitat es el incremento de la depredación epibentónica, que es uno de los procesos de post-reclutamiento más importantes en las poblaciones juveniles de anfípodos, poliquetos y macrofauna habitantes de fondos blandos (Austen et al., 1996; Thiel, 1997). Para evitar la depredación, estos organismos utilizan diferentes estrategias, algunos utilizan las depresiones del enterramiento de la macrofauna de mayor tamaño para protegerse de los depredadores epibentónicos (Thiel, 1997). Los gusanos poliquetos compactan el sedimento en conjunto con mucosa para formar madrigueras (Brenchley, 1982), como las estructuras tubulosas que se observan en este sitio sobre *Atrina spp.*, hechas con remanentes de conchas, lo que indica que los organismos de macroinvertebrados en Bahía de Kino se han adaptado a habitar sobre el sustrato duro que les proporcionan las valvas de *Atrina spp.*, como respuesta a la ausencia de micro hábitats de origen físico. Por ende, la extracción de *Atrina spp.* en este sitio estaría afectando la supervivencia de la epifauna que se asienta en sus superficies.

Interacción y daño del arte de pesca sobre el hábitat

En Puerto Libertad se observó que posteriormente a la extracción de las especies objetivo ocurría un enterramiento por suspensión del sedimento, afectando algas del género *Sargassum spp.*, *Laminaria spp.*, *Rhodymenia spp.*, *Prionitis spp.* y algas verdes cladoforales. Además, se observa que el arrastre de la bolsa de malla y el equipo de buceo incrementa la sedimentación en

el hábitat bentónico. El incremento de la sedimentación y la eutrofización son factores que degradan a los ecosistemas marinos costeros (Jackson *et al.*, 2001) y pueden afectar negativamente el reclutamiento y crecimiento de macroalgas *Dictyota spp.* en arrecifes coralinos (Flórez *et al.*, 2010). Se ha observado que el enterramiento parcial (de uno o dos sifones expuestos) o completo bajo el sedimento aumenta la mortalidad de tunicados, y reduce la sobrevivencia de juveniles y adultos de poliquetos tubulosos, ambos organismos componentes de la epifauna en hábitats bentónicos (Hinchey *et al.*, 2006). Otro tipo de interacción del arte de pesca con el sustrato observado en Puerto Libertad fue el aplastamiento de la bolsa de malla que ocasiona un daño total en algas verdes cladoforales, *Rhodymenia spp.* y organismos de *Sargassum spp.* en estadio juvenil.

Sargassum spp. es considerado como el componente más notable de la flora marina en el litoral costero del Golfo de California debido a que el hábitat que crea esta especie es una fuente clave en el suministro de alimentación y refugio de un gran número de larvas y formas adultas de especies de algas, invertebrados y vertebrados. Se han registrado 130 invertebrados y 95 peces que están asociadas a los bosques de *Sargassum spp.*, de los cuales, 2.2% (2 invertebrados y 3 peces) son endémicas del Golfo de California, 48% (40 invertebrados y 68 peces) de importancia comercial, y 34.7% (5 invertebrados y 73 peces) están bajo alguna categoría de protección nacional o internacional (Suárez *et al.*, 2013; Suárez, 2014).

En los últimos años se ha evidenciado una reducción y en algunos casos una pérdida total de bosques de *Sargassum spp.* en amplias áreas del Golfo de California, fuera de su patrón de variación interanual (Suárez *et al.*, 2013; Suárez, 2014). Entre los posibles factores relacionados a esta pérdida destacan la eutrofización, turbidez y actividades antropogénicas como la pesca de arrastre y el desarrollo costero (Suárez, 2014). La eutrofización es una amenaza antropogénica para los bosques de sargazo en áreas costeras, ya que incrementa la atenuación de la luz en la columna de agua y con ello el crecimiento del fitoplancton y macroalgas oportunistas filamentosas, foliosas y epifitas (Wernberg *et al.*, 2019). En algunos casos los estresores ambientales pueden causar la pérdida de biomasa del sargazo por tiempos cortos o largos y favorecer cambios persistentes en los estados de la comunidad (Wernberg *et al.*, 2019). Es muy probable que la reducción de *Sargassum* ponga en riesgo la riqueza de especies del lugar, pues se perdería uno de los sitios principales de alimentación (directo e indirecto), refugio y desarrollo para las especies en sus etapas críticas (Suárez *et al.*, 2013).

La alteración de los ecosistemas de bosques de *Sargassum spp.* por medio de la perturbación física del sustrato por contacto directo, o la sobrepesca de especies clave podría ocasionar efectos tróficos de tipo cascada o dominó, desde niveles tróficos superiores o inferiores, alterando la salud general del ecosistema (Crowder *et al.*, 2008). Además, las actividades pesqueras podrían verse afectadas por una pérdida de recursos pesqueros, lo que a su vez representaría una afectación en el bienestar económico y calidad de vida de las comunidades pesqueras locales de la región (Suárez *et al.*, 2013).

En algunos sitios de sustrato de arena en Puerto Libertad se observó una alta densidad de larvas de peces en la columna de agua. El hecho de que estén presentes en ciertos sitios, indicaría que están aprovechando alguna característica particular del hábitat. En el caso de las larvas de peces, se sabe que la mortalidad por depredación en peces juveniles y en post-larva, es un factor con un efecto mayor en la fuerza de clase por año (Auster *et al.*, 1996). Por lo tanto, si el uso de hábitats específicos en el piso marino reduce significativamente la mortalidad por depredación, entonces mantener la complejidad del hábitat debería estar contemplado en las estrategias de manejo (Auster *et al.*, 1996).

Las historias de vida de los invertebrados bentónicos (grupo al que pertenecen las especies objetivo de bivalvos) están relacionadas con el tipo de hábitat (Grantham et al., 2003). Se ha encontrado que en hábitats submareales de fondos blandos (como los que se observan en los videos de sustrato de arena en Puerto Libertad), las larvas de invertebrados bentónicos son planctotróficas y tienen una larga permanencia en vida libre (>30 d). Lo anterior indica que estas larvas tienen un extenso potencial de dispersión, y que el reclutamiento de las poblaciones depende mayormente de poblaciones externas. No obstante, también es indicativo de que estos hábitats (sustratos de arena) presentan una particular escala espacial de regulación poblacional. Para evitar el desacoplamiento y un posible cambio en la estructura de la comunidad, el manejo orientado a los ecosistemas debe contemplar la escala en que las poblaciones se regulan. Un enfoque utilitario de lo anterior es diseñar reservas suficientemente largas en dimensión para incluir el margen de dispersión de las poblaciones (Grantham et al., 2003).

Un tipo de interacción del arte de pesca sobre el sustrato que fue observado en ambas localidades pesqueras, y que se presentó de manera consistente en la mayoría de los videos, fue el arrastre de la bolsa de malla sobre el fondo, y el movimiento de las aletas del pescador sobre el sustrato, que levantaba una gran cantidad de sedimento en la columna de agua. En ocasiones, resulta notorio que estas perturbaciones son de mayor magnitud a las generadas por el arte de pesca *per se*, y sin embargo no son consideradas en los análisis cuantitativos, sin embargo no dejan de representar impactos directos e indirectos de las artes de pesca sobre los componentes físicos y biológicos del hábitat. No obstante, se observaron ejemplos de lo que sería una exploración y extracción “positivas”, en las que el pescador se mantiene nadando por encima del fondo marino, y hace contacto con el fondo únicamente en el momento de la extracción, evitando así arrastrar la red de malla y las aletas en el sustrato. Asimismo, se observó que la recuperación del sustrato varía dependiendo no sólo del tipo de sustrato y del tamaño de la nube de sedimento, si no del efecto mecánico de la colecta. Durante colectas eficientes (menos agresivas y más rápidas) se observa un tiempo de recuperación menor, independientemente del tamaño de la nube de sedimento que se suspenda por la colecta. Hacer uso de estas sencillas consideraciones técnicas sería ampliamente sugerido, ya que no es un esfuerzo que genere costos adicionales (fuera de la preparación del equipo de pesca y la precaución del pescador) y hacen una gran diferencia, generando un impacto mínimo sobre el hábitat.

Bibliografía

- Ahumada S. M.A., Serrano G. S.J., Ruiz G. N. (2002). Abundancia, estructura poblacional y crecimiento de *Atrina maura* (Bivalvia: Pinnidae) en una laguna costera tropical del Pacífico mexicano. *Rev. Biol. Trop.* 50(3-4): 1091-1100.
- Arizpe, C. O., Félix R. U. (1985). Crecimiento de *Pinna Rugosa* (Soerby, 1835) en la Bahía de La Paz, México. *Anales del instituto de ciencias del mar y limnología.*
- Baqueiro C.E., (1979). Sobre la distribución de *Megapiratia auriantica* (Sowerby), *M.squalida* (Sowerby) y *Dosinia ponderosa* (Gray) en relación a la granulometría del sedimento (Bivalvia: Veneridae). *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología* 6:25-32.
- Brenchley G. A. (1982). Mechanisms of spatial competition in marine soft-bottom communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 60: 17-33.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (1999c). "Projection of World Fishery Production in 2010." [http:// www.fao.org/fi/highligh/2010.asp](http://www.fao.org/fi/highligh/2010.asp).
- Flórez L. L., Rangel C. A., Martha D.R., Venera P. D. E. y Díaz P. G. (2010). Efecto de la sedimentación en el reclutamiento de las macroalgas *Dictyota* spp. y *Lobophora variegata*: Un estudio experimental en el parque nacional natural Tayrona, caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 39(1): 41-56.
- Grantham, B.A., Eckert, G.L., Shanks, A.L. (2003). Dispersal Potential of Marine Invertebrates in Diverse Habitats. *Ecological Applications*, 13(1): S108–S116
- Grabowski J.H., Bachman M., Demarest C., Eayrs S., Harris B.P., Malkoski V., Packer D., Stevenson D. (2014). Assessing the Vulnerability of Marine Benthos to Fishing Gear Impacts. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. 22(2): 142-155.
- Hernández, V., A., Caamal, J., Suárez, C. A., Pérez, A., F. y Fulton, S. (2018). Protocolo de Monitoreo para reservas marinas. Comunidad y Biodiversidad, A.C. Guaymas, Sonora.
- Hinchey, E.K., Schaffner, L.C., Hoar, C.C., Vogt, B.W., Batte, L.P. (2006) Responses of Estuarine Benthic Invertebrates to Sedimental Burial: The Importance of Mobility and Adaptation. *Hydrobiologia*. 556: 85-98.
- Hunter, Lenihan, S., Pandolfi, M.J., Peterson, H.C., Steneck, S.R., Tegner, J.M. y Warner, R.R. (2001). Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. *Science*, 293(5530): 629-638.
- Jackson, J B.C., Kirby, X M., Berger H W., Bjorndal, K. A., Botsford L. W., Bourque, B. J., Bradbury, R. H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J. A., Hughes, T. P., Kidwell, S., Lange, B., Kaiser M. J., Spence F. E., Hart P. J. B. (1999). Fishing-Gear Restrictions and Conservation of Benthic Habitat Complexity. *Conservation Biology*, 14(5): 1512–1525.
- Kovalenko K. E., Thomaz S. M., Warfe D. M, (2012). Habitat complexity: approaches and future directions. *Hydrobiologia*, 685:1–17.
- Leal S.S.D. (2012). El callo de hacha, *Atrina oldroydii* (Bivalvia:Pinnidae) en el Golfo de California.

Hidrobiológica, 22: 2.

Lindeboom H., Field J.G., Hempel G., Summerhayes C.P. (2020). The Coastal Zone: An ecosystem under pressure. En: *Oceans 2020: science, trends, and the challenge of sustainability*. Washington D.C., US: Island Press 49-50.

L. B. Crowder, G. Osherenko, O. R. Young, S. Airamé, E. A. Norse, N. Baron, J. C. Day, F. Douvère, C. N. Ehler, B. S. Halpern, S. J. Langdon, K. L. McLeod, J. C. Ogden, R. E. Peach, A. A. Rosenberg, J. A. Wilson. (2006). Resolving Mismatches in U.S. Ocean Governance. *Science*. 313(4): 616-617.

L.B. Crowder, E. L. Hazen, N. Avissar, R. Bjorkland, C. Latanich, M. B. Ogburn. (2008). The Impacts of Fisheries on Marine Ecosystems and the Transition to Ecosystem Based Management. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 39:259–78.

SAGARPA (2017). Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación. 11/06/2018.

Shester G.G., Micheli F. (2011). Conservation challenges for small-scale fisheries: Bycatch and habitat impacts of traps and gillnets. *Biological Conservation*. 144: 1673–1681

Suárez, C. (2013). Bosques de algas pardas en el Golfo de California: *Sargassum*, un hábitat esencial. 108: 12-13.

Suárez, C., (2014). Bosques de *Sargassum* en el Golfo De California: Estrategias para su Conservación y Manejo (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur.

Thiel M. (1997). Epibenthic predation in marine soft-bottoms: being small and how to get away with it. *Hydrobiologia*. 355: 11-19.

Torres M.G., Edwards M.S., Montaña M.C.G. (2013). Benthic community structure in kelp forests from the Southern California Bight. *Ciencias Marinas*, 39(3): 239–252.

Wernberg, T., Krumhansl, K., Filbee-Dexter, K., Pedersen, M.F. (2019). Status and trends for the World's Kelp Forests. *World Seas: An Environmental Evaluation*. 57-78.