

# Monitoreo de Agregaciones Reproductivas de Peces en la Red MARFish



FONDS FRANÇAIS POUR  
L'ENVIRONNEMENT MONDIAL

## Monitoreo de Agregaciones Reproductivas de Peces en la Red MARFish

Resultados del taller MARFish - Monitoreo de Agregaciones Reproductivas de Peces  
21-22 noviembre 2019, Hotel Marriot Courtyard, Cancún, México



Los editores de documentos (Araceli Acevedo, Jacobo Caamal y Stuart Fulton) desean agradecer a todas las personas que contribuyeron al taller, a este documento, y que brindaron comentarios sobre los protocolos de monitoreo. También nos gustaría agradecer a MARFund, Fonds Français pour l'Environnement Mondial y Summit Foundation por brindar apoyo financiero para la reunión y la iniciativa MARFish.

Citar como: Acevedo, A., Caamal, J., y Fulton, S. (eds). (2020). Monitoreo de Agregaciones Reproductivas de Peces en la Red MARFish. Comunidad y Biodiversidad A.C. y MARFund. Cancún, México.

Monitoreo de Agregaciones Reproductivas de Peces en la Red MARFish .....	2
Introducción.....	4
Objetivos del taller.....	4
Objetivos específicos.....	4
Agenda del Taller .....	5
Resumen de puntos clave y acuerdos del taller .....	6
Protocolos de Monitoreo de Agregaciones Reproductivas de Peces.....	7
1. Conocimiento Tradicional de los Pescadores.....	8
2. Monitoreo de Desembarcos Pesqueros .....	10
3. Datos Biométricos de Peces.....	12
4. Mapeo Batimétrico .....	14
5. Censo Visual Subacuático .....	17
6. Estimación de Tallas con Láser .....	19
7. Muestreo eDNA.....	22
8. Monitoreo Acústico Pasivo .....	24
9. Acuerdo de Compartir Información .....	26
10. Indicadores claves.....	26
11. Recomendaciones para los sitios centinela.....	27
Referencias.....	28
Anexos .....	30
1. Presentaciones.....	30
2. Hojas de campo.....	30
3. Formatos de base de datos .....	30
4. Participantes en el Taller MARFish de noviembre 2019.....	30

## Introducción

Cada año, diversas especies de peces comerciales migran largas distancias hacia localidades particulares, en momentos específicos del año, para desovar. En el Mar Caribe se conocen 37 especies de peces que forman agregaciones reproductivas (ARP), entre las que se encuentran algunas de gran importancia comercial y altamente explotadas, de meros y pargos. Los depredadores tope son elementos clave para mantener la salud del ecosistema. Las especies que forman las ARP concentran todo su esfuerzo reproductivo anual en una pequeña oportunidad que se les presenta algunos días después de la luna llena, en meses específicos del año. El desove ocurre en el mismo sitio cada año y a menudo son varias especies las que se concentran en la misma área. El Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) está expuesto a la sobrepesca debido al aumento de la población humana y al turismo masivo que incrementa la demanda de alimento. La periodicidad y la especificidad de los sitios en que ocurren las ARP las vuelve altamente vulnerables a la explotación pesquera. Por ejemplo, en 1964, en uno de los sitios de desove en Belice se observó una agregación en la que se estimaron más de 100,000 meros y dos toneladas de peces extraídas diariamente. Para 2001, los investigadores solo encontraron 21 peces en el mismo sitio. Eventos similares han ocurrido en México; un ejemplo es el sitio de agregación de mero en Mahahual (Quintana Roo) que desapareció a principios de 2000.

Comenzando en Belice, y posteriormente en México, Honduras y Guatemala, se han hecho esfuerzos para proteger y monitorear los sitios de ARP. La detección de los sitios de ARP generalmente comienza documentando el conocimiento ecológico tradicional, antes de comenzar el trabajo de campo, y se incluye la caracterización del sitio y los censos visuales subacuáticos. Gran parte de este trabajo está basado en metodologías similares (ej. Heyman et al. 2004) sin embargo, las nuevas técnicas y tecnologías, aunadas a los cambios que han ocurrido a lo largo de 15 años, requieren una revisión y estandarización entre todos los grupos de trabajo que continúan estudiando las ARP para monitoreo y conservación.

### Objetivos del taller

*Validar una estrategia común de monitoreo a través de un taller regional: priorización y validación de sitios; protocolo, colegas y acuerdos para compartir datos.*

El objetivo principal de este taller regional fue reunir a todos los colegas de la región (pescadores, manejadores, miembros de OCS, investigadores y líderes comunitarios) que trabajan en sitios de agregaciones reproductivas en el Sistema Arrecifal Mesoamericano con la finalidad de reforzar la necesidad de desarrollo de una red de monitoreo regional y validar una estrategia común (considerando la priorización y validación de sitios de monitoreo, protocolos y colegas, además de la colecta de datos, manejo y acuerdos para compartir datos).

### Objetivos específicos

- Mapear el esfuerzo de monitoreo de sitios de ARP y los protocolos actuales de monitoreo.
- Analizar, desarrollar y acordar procedimientos estandarizados para el uso e implementación del conocimiento ecológico tradicional, censos visuales, ciencia participativa, nuevas tecnologías, manejo de bases de datos y forma de compartir datos, para una red regional.

## Agenda del Taller

Jueves 21 de noviembre de 2019

Hora	Tema
9:00	Introducción y objetivos ¿Qué son las ARP? ¿Dónde se les encuentra? ¿Cuáles son las tendencias regionales? <i>Stuart Fulton - COBI</i>
10:00	¿Cómo deberíamos incluir el conocimiento ecológico tradicional y el monitoreo pesquero, en la conservación de las ARP? Presentación y discusión <i>Alfonso Aguilar - Universidad Autónoma de Yucatán</i>
11:00	Censos Visuales Subacuáticos (CVS) para el monitoreo de ARP. Presentación y discusión sobre los protocolos en uso actualmente en el SAM <i>Jacobo Caamal - COBI, Myles Phillips - WCS, Marcio Aronne - Cayos Cochinos, Ana Giro - HRI</i>
13:00	Comida
14:00	Actividad de mapeo: ¿Quién está haciendo qué, cuándo y dónde? Ejercicio grupal. <i>Araceli Acevedo and Stuart Fulton - COBI</i>
16:00	Monitoreo participativo para el éxito en la conservación. Discusión grupal <i>Jacobo Caamal - COBI, Pescadores de México y Belice</i>
18:00	Cierre

Viernes 22 de noviembre de 2019

Hora	Tema
9:00	Tecnologías emergentes- Monitoreo acústico pasivo y activo, eDNA, ROV etc... <i>Stuart Fulton - COBI</i>
10:00	Una nueva ARP ¿Qué deberíamos hacer? Ejercicio grupal <i>Stuart Fulton, Jacobo Caamal - COBI</i>
11:30	Manejo de bases de datos de ARP. Discusión <i>Patricia Kramer - AGRRA</i>
12:30	Cómo compartir datos y colaboración. Discusión <i>Patricia Kramer - AGRRA</i>
13:00	Comida (continuación) Discusión: Cómo compartir datos y colaboración
15:00	Recomendaciones para un monitoreo efectivo de las ARP y oportunidades para futuras colaboraciones en el SAM, y más allá
16:00	Acuerdos y conclusiones para una red efectiva de sitios de ARP monitoreados en el SAM
18:00	Cierre

## Resumen de puntos clave y acuerdos del taller

Técnica	Notas y recomendaciones
Conocimiento Ecológico Tradicional (CET)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alfonso Aguilar (UADY) compartió recomendaciones para un acercamiento efectivo con las comunidades pesqueras. Su capítulo (Hamilton et al. 2011) debe ser leído por todos los participantes.</li> </ul>
Censo Visual Subacuático (CVS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>El grupo debe continuar con el uso del protocolo de censo visual de <a href="#">Heyman et al 2004</a> que ya se ha implementado en todo el SAM.</li> <li>El grupo debe continuar con el registro visual de tallas de los peces hasta que el dispositivo láser se encuentre implementado en todos los sitios. En el momento en que todos los países cuenten con sus dispositivos láser, seguir el mismo proceso y usar los mismos formatos que se están implementando en Belice.</li> <li>El grupo recomienda que todos los colegas usen los dispositivos láser para la medición de tallas. Se compartirán recomendaciones de tamaño de muestra y buenas prácticas.</li> <li>El grupo <i>SPAG de Belice</i> compartió sus formatos para la captura de datos y su portal online, el cual puede proporcionar un modelo para la región.</li> <li>Esfuerzo mínimo recomendado:               <ul style="list-style-type: none"> <li>Cuatro buzos (dos parejas).</li> <li>Monitorear durante la abundancia máxima (con base en datos históricos), extendiendo el monitoreo de modo que el último día de actividades se observen menos peces (para registrar la abundancia máxima).</li> <li>Priorizar el monitoreo durante la tarde/atardecer.</li> <li>Indicadores clave - diversidad de peces (# de especies de meros y pargos), abundancia total por especie, talla (dispositivo láser o estimación visual), comportamiento.</li> <li>Describir comportamiento y cambio de coloración de acuerdo con las siete categorías incluidas en <a href="#">Heyman et al 2004</a></li> <li>Completar un formato de datos (<a href="#">Heyman et al 2004</a>) por buceo.</li> </ul> </li> <li>Comprar los dispositivos láser de la siguiente manera: México (3), Guatemala (2), Honduras (3), Belice (2).</li> </ul>
Monitoreo Acústico Pasivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Un hidrófono por sitio centinela.</li> <li>Implementar de diciembre a marzo. Periodo de grabación por definir.</li> <li>Adquirir <a href="#">sensores Loggerhead SNAP</a>: Guatemala (de contrapartida), Honduras (3), Belice (2).</li> <li>Buscar oportunidades de capacitación. Idealmente una persona de cada país, para que funja como capacitador posteriormente.</li> </ul>
Otras técnicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las tecnologías adicionales que incluyen la batimetría, marcaje, monitoreo pesquero, eDNA, serán discutidas en el reporte final.</li> </ul>
Compartir datos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usar el formato de datos de Censo Visual Subacuático de Excel en toda la región (ING/ESP).</li> <li>Formato de datos del dispositivo láser.</li> <li>Mantener privadas las coordenadas - Usar coordenadas de cuadrícula para el público en general.</li> <li>Revisar los acuerdos para compartir datos.</li> <li>Base de datos idealmente alojada por AGRRA.</li> <li>Alojar recursos de capacitación y fotografías en el sitio de MARFund.</li> </ul>

## Protocolos de Monitoreo de Agregaciones Reproductivas de Peces

Las agregaciones de desove de peces (ARP) son sitios críticos en el ciclo de vida de muchas especies de peces comerciales. Los sitios tienen importancia sociocultural, características biogeográficas específicas y son sitios de importancia biológica única. Debido a esto, encontrar, caracterizar y monitorear los sitios de ARP debería contemplar todos estos componentes.

El Proyecto MARFish es la iteración más reciente y grande del trabajo coordinado de ARP en el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM). El taller de monitoreo de MARFish, celebrado en noviembre de 2019 en Cancún, México, reunió a las partes interesadas de los sectores civil (OSC), gobierno, pescadores y académica para consolidar una visión para el monitoreo de las ARP en el SAM. El resultado clave fue que el grupo acordó el uso de protocolos de monitoreo estandarizados y acuerdos de intercambio de datos para promover la ciencia de conservación de las ARP en la región.

En el nivel básico, el monitoreo de las ARP es sencillo. Con más de 10 años de experiencia en la caracterización, monitoreo y protección de sitios de agregación en México, los editores de documentos recomiendan el uso del principio KISS<sup>1</sup> para el monitoreo de las ARP. Se recomiendan protocolos de monitoreo básicos que se pueden replicar en toda la región con un bajo presupuesto. Se pueden desarrollar protocolos más elaborados para responder preguntas específicas, pero se debe entender que las partes interesadas pueden no tener los recursos, la necesidad o el contexto para aplicar estos protocolos en sus sitios. Una red regional de monitoreo de las ARP se basará en indicadores básicos y comunes que se comparten en todo el SAM, de la misma manera que el [Índice de Arrecifes Saludables](#) ha reunido a los interesados clave bajo una visión común para la salud de los arrecifes de coral.

En las páginas siguientes los lectores encontrarán protocolos de monitoreo breves y resumidos para cada técnica que podría aplicarse en su sitio de ARP. Esto no significa que todos los protocolos deban aplicarse. Esto variará caso por caso. Los lectores tampoco deben olvidar el considerable trabajo de los investigadores, tanto en el SAM como a nivel internacional, para crear protocolos y metodologías para la investigación de las ARP. Este documento y sus protocolos se basan en gran medida en muchos de ellos. Se citan en cada protocolo. Los siguientes documentos deben ser consultados por todos los lectores y se encuentran [aquí](#).

Tabla 1 Guías de referencia y protocolos claves

Título del documento	Autores	Año	Notas
Fish Spawning Aggregation Sites in the MBRS Region: Recommendations for monitoring and management	Heyman, Requena et al.	2003	Reporte de consultoría del Proyecto SAM
Spawning aggregation monitoring protocol for the Meso-American Reef and the Wider Caribbean.	Heyman, Azueta, Lara et al.	2004	Primer protocolo extenso de monitoreo de ARP en el SAM
Reef fish spawning aggregations: Biology, Research and Management	Sadovy de Mitcheson & Colin	2011	Material de referencia de investigación de ARP
Protocolos de monitoreo e investigación participativa para agregaciones reproductivas de peces en México	Heyman, Fulton, Erisman & Aburto-Oropeza	2018	Protocolos adaptados y actualizados para el Caribe Mexicano
Monitoreos pesqueros - Generalidades y protocolo	Rivera	2018	Resumen de protocolos de monitoreo pesquero

<sup>1</sup> Por sus siglas en inglés, Keep It Simple, Stupid. Un principio desarrollado por la Marina de los EE. UU. que establece que los sistemas funcionan mejor cuando se mantienen sencillos, en lugar de complicarse. Se debe evitar la complejidad innecesaria.

## 1. Conocimiento Tradicional de los Pescadores<sup>1</sup>

### Introducción

El conocimiento ecológico tradicional - CET - (Drew 2005) se refiere al conocimiento acumulado de individuos o grupos con base en sus experiencias e interacciones con el medio ambiente. Si bien no sigue los procesos formales de la ciencia occidental, son muchas las ocasiones en que se ha documentado que el CET está alineado a las teorías científicas. Las percepciones son dinámicas y cambian con el tiempo, dando otra fuente de información para un investigador. En sitios pobres de datos, el CET puede ser un camino para conocer los cambios en las condiciones de pesquerías o factores sociales.

En el proceso de “descubrir”<sup>2</sup> e investigar los sitios de agregaciones reproductivas de peces (ARP), la documentación del CET es generalmente el primer paso (Hamilton et al. 2012). Posteriormente la información debe ser validada en el sitio a través del buceo autónomo u otra metodología, idealmente involucrando a los mismos pescadores como científicos ciudadanos<sup>3</sup> (Fulton et al. 2018).



Figura 1 Identificando sitios potenciales en el mapa (Crédito: COBI).

En principio, realizar entrevistas a pescadores sobre las ARP es sencillo y de bajo costo, pero siempre se debe hacer con cuidado, con entrevistadores preparados, y tomando en cuenta las relaciones de confianza, confidencialidad y contextos sociales. Es importante tener el permiso de la comunidad para realizar las actividades. Se recomienda aplicar entrevistas semiestructuradas.

### Materiales y equipo

- Formato 1 “Conocimiento tradicional de los pescadores”
- Carta náutica, imágenes satelitales y otros mapas que muestren la batimetría de la zona y línea de costa
- Guía de campo de especies de peces locales
- Tabla de las épocas de desove por especie, estación y periodo lunar
- Fotos o videos de los comportamientos de desove de peces
- Cámara digital

### Metodología

#### *Antes de la salida:*

- Realizar una revisión de la literatura científica (artículos publicados y literatura gris) para identificar sitios potenciales de desove. Esto se puede realizar en línea y en

---

<sup>1</sup> Preparado por Stuart Fulton - COBI, con contribuciones de los participantes del taller “MARFish - Monitoreo de Agregaciones Reproductivas de Peces” noviembre 2019, y la información de la bibliografía.

<sup>2</sup> Entre comillas porque lo más probable es que los pescadores conozcan el sitio antes de la llegada de los investigadores.

<sup>3</sup> Ciencia ciudadana: la recopilación y el análisis de datos relacionados con el mundo natural por parte del público en general, usualmente como parte de un proyecto de colaboración con científicos profesionales.

bibliotecas regionales.

- Identificar a los pescadores dispuestos a ser entrevistados en las comunidades de la zona de estudio. Se recomienda realizar entrevistas con pescadores libres y cooperativados, con amplio rango de edades y experiencia.

*Durante la salida:*

- Acercarse a los pescadores y explicar las razones de la entrevista, la confidencialidad de la información y el objetivo final.
- Escuchar atentamente y tomar notas.
- Completar el formato de encuesta (formato 1 “Conocimiento tradicional de los pescadores”).
- Solicitar fotografías y/o video para apoyar la información anecdótica.
- Donde sea posible, identificar el sitio con coordenadas, si no, con un punto en el mapa.
- Agendar cita con los pescadores para retroalimentar la información generada en el futuro.

*Después de la salida:*

- Almacenar toda la información recopilada en una hoja de cálculo o en una base de datos.
- Archivar las hojas de datos originales.
- Respalidar en papel y en discos duros externos.
- Dar retroalimentación a los pescadores que participaron a través de talleres.

**Protocolos de referencia**

- Heyman, W., Azueta, J., Lara, O., Majil, I., Neal, D., Luckhurst, B., Paz, M., Morrison, I., Rhodes, K.L., Kjerve, B., Wade, B., Requena, N. (2004). Spawning aggregation monitoring protocol for the Meso-American Reef and the Wider Caribbean. Version 2.0. Meso-American Barrier Reef Systems Project, Belize City, Belize.
- Heyman, W.D., Fulton, S., Erisman, B. Aburto-Oropeza, O. (2017). Protocolos de monitoreo e investigación participativa para agregaciones reproductivas de peces en México. Comunidad y Biodiversidad A.C., Guaymas, Sonora, Mexico & LGL Ecological Research Associates, Inc. Bryan, TX, Estados Unidos. 40 p.

## 2. Monitoreo de Desembarcos Pesqueros<sup>1</sup>

### Introducción

Las agregaciones reproductivas de peces (ARP) son muy vulnerables a la sobreexplotación ya que los pescadores se benefician económicamente de su previsibilidad y las grandes cantidades de biomasa que concentran (Sadovy y Domeier 2005). Es por ello que el monitoreo de desembarcos nos provee un mecanismo económico para conocer el estado de los stocks pesqueros de las especies en agregación (Graham et al. 2008). El monitoreo de desembarcos nos permite coleccionar información sobre el esfuerzo pesquero, costos de la pesca y la biología de la especie (datos biométricos y reproductivos).



Figura 2 Científicas comunitarias monitoreando desembarcos (Crédito: CORAL).

El monitoreo de desembarcos para las ARP usualmente se realiza en los puertos de desembarco durante el procesamiento de las capturas (Heyman et al. 2004) pero también se puede realizar a través de monitoreos abordo y monitoreos en mercados locales (Environmental Defense Fund 2013). Independientemente del método de recolección de datos, es esencial generar una relación de confianza con las comunidades. Se recomienda trabajar en conjunto con científicos comunitarios, miembros de la comunidad pesquera con conocimiento básico de las especies pesqueras, para la realización de los monitoreos (Rivera 2018). Los monitoreos deben abarcar todo el periodo de explotación de la ARP, usualmente 15 días antes y después de la luna llena durante el pico de agregación.

El análisis de las capturas y ganancias de las ARP proporcionará información sobre el estado de las poblaciones de peces, así como la rentabilidad de la pesca de las ARP. Esta información será útil para desarrollar políticas de conservación que protejan simultáneamente las especies locales y los medios de vida de los pescadores.

### Materiales y equipo

- Hoja de recolección de datos
- Lápices
- Bolsa de plástico azul o verde
- 2 bolsas zip-lock
- Guantes plásticos
- Cesta de plástico
- Balanza con precisión de 0.1g
- Balanza de gónadas con precisión de 0.01g
- Ictiómetro
- Cuchillo
- Cámara
- Guía de campo local

### Metodología

#### Antes de la salida:

- Desarrollar entrevistas informales con los pescadores donde se explique el objetivo del

---

<sup>1</sup> Preparado por Antonella Rivera- The Coral Reef Alliance, con contribuciones de los participantes del taller “MARFish - Monitoreo de Agregaciones Reproductivas de Peces” noviembre 2019, y las referencias citadas en la bibliografía.

trabajo y se detalle las actividades a desarrollar. Aprovechar la oportunidad para preguntar sobre las principales especies capturadas en la ARP y la distribución de sus sitios de desembarque.

- Recopilar evidencia anecdótica sobre los picos de desove de las especies en las ARP del área y determinar un cronograma de monitoreo.
- Revisar la literatura para obtener información sobre los rasgos físicos de las especies locales para su identificación en el campo.
- Asegurar que todas las baterías cuenten con carga y que el equipo funcione correctamente.
- Colocar las balanzas dentro de bolsas zip-lock para asegurar que no sufrirán daños por agua en el campo. Colocar la cesta en la balanza y calibrar la balanza a 0.

*Durante la salida:*

- De manera conversacional, consultar a los pescadores sobre su esfuerzo pesquero (número de pescadores en el barco, ubicación, profundidad, tiempo, artes y barcos de pesca) y gastos estimados (combustible, hielo, carnada, reparación de equipos y alimentos).
- Cuando sea posible, recopilar datos biométricos de toda la captura. Si esto no es posible, recopilar información de una submuestra heterogénea de al menos 30 peces.
- Identificar la especie e indicar tanto su nombre común como su nombre científico. Si se desconoce la especie, colocarla sobre un fondo azul o verde y tomar una fotografía de todo el pez (con las aletas extendidas) y un primer plano de la cabeza para identificarlo más adelante.
- Colocar cada pez individualmente en la canasta y medir su peso en la balanza. Indicar si el pescado ha sido eviscerado.
- Medir la longitud de horquilla (punta del hocico hasta la bifurcación de la cola) para cada pez. Para las especies con cola truncada, medir la longitud total (punta del hocico hasta el final de la cola).
- Obtener las gónadas haciendo un corte vertical poco profundo en el abdomen del pez, que se extienda desde el orificio anal hasta la aleta pélvica. Los órganos reproductivos se encuentran en el área superior trasera de la pared abdominal; es el único órgano bilobulado en el abdomen. Registrar el sexo del pez y la etapa de madurez (i.e. indeterminado, inmaduro, maduro, grávido, desovante y post-desovante).

*Después de la salida:*

- Enjuagar con agua dulce todo el equipo que ha estado en contacto con el pez.
- Remover las baterías de la balanza.
- Almacenar toda la información recopilada en una base de datos.
- Archivar las hojas de datos originales.
- Respaldar la información en dos sitios distintos (estos pueden ser discos duros externos o servidores online).

**Protocolos de referencia**

Heyman, W., Azueta, J., Lara, O., Majil, I., Neal, D., Luckhurst, B., Paz, M., Morrison, I., Rhodes, K.L., Kjerfve, B., Wade, B., Requena, N. (2004) Spawning aggregation monitoring protocol for the Meso-American Reef and the Wider Caribbean. Version 2.0. Meso-American Barrier Reef Systems Project, Belize City, Belize.

Rivera, A. (2018). Monitoreos Pesqueros: Generalidades y Protocolo. Tegucigalpa, Honduras: The Coral Reef Alliance.

### 3. Datos Biométricos de Peces<sup>1</sup>

#### Introducción

Muchas especies de peces comerciales migran largas distancias para agregarse y desovar en lugares y momentos específicos en los arrecifes cada año. En la mayoría de los casos, los pescadores locales son los primeros en identificar estos sitios (Heyman y Kjerfve 2008) y/o pescar el sitio de agregación o las rutas de migración. Los programas de monitoreo pesquero son herramientas efectivas para recolectar información biológica sobre especies clave (ver Protocolo 2). Estos programas incorporan el conocimiento ecológico tradicional, involucrando a pescadores capacitados en la recolección de datos e involucrando a la comunidad en la toma de decisiones para manejar los recursos (Ramírez-Valdez et al. 2017).



Figura 3 Muestreo de tejido (Crédito: Arturo Ramírez-Valdez).

Se pueden obtener datos biométricos de los peces desembarcados; para cada uno, la longitud total, la longitud estándar, la longitud de la horquilla, la longitud de la cabeza y el peso. Además, se pueden recolectar muestras de tejido (ej. músculo, hígado, o aletas), escamas y otolitos. La información generada puede permitir a los investigadores comprender mejor la dinámica y estructura de la población, y los períodos de desove. Les permite también recolectar muestras para la edad y el análisis genético. El pescado se puede obtener como parte de un programa de monitoreo sistemático o de manera oportunista en los sitios de desembarque o mercados.

#### Materiales y equipo

- Martillo
- Formón
- Cinta adhesiva
- Marcador permanente
- Pinzas de disección
- Tijeras de disección
- Báscula digital
- Sierra
- Cuchillo
- Dremel
- Hoja de sierra para Dremel
- Lentes de protección
- Guantes de látex
- Cinta métrica

#### Metodología

##### Obtención de biometrías

- Colocar al pez en una superficie plana procurando su máxima extensión. La cinta métrica debe estar sobre una superficie plana, derecha y sin pliegues.
- Longitud Total (LT) = Desde la punta del hocico a la punta del lóbulo más largo de la cola.
- Longitud Estándar (LS) = Desde la punta del hocico hasta el límite posterior de la última

---

<sup>1</sup> Preparado por Araceli Acevedo - COBI, con contribuciones de los participantes del taller “MARFish - Monitoreo de Agregaciones Reproductivas de Peces” noviembre 2019, y la información de la bibliografía.

vertebra, en donde se hace un notorio pliegue al inicio de la cola.

- Longitud Cabeza (LC) = Desde la punta del hocico hasta el límite posterior del opérculo, en la abertura de las agallas.
- Peso (W) = La evaluación del peso se reporta en kilogramos (kg) y se especifica si el mero es completo o eviscerado.

#### *Obtención de tejido*

- Se realizan cortes en la aleta pectoral o pélvica, las agallas o músculo, cada uno del tamaño de un grano de arroz.
- Los tejidos se depositan en un vial con Alcohol 95%. Todo el tejido debe estar cubierto por el alcohol.
- La etiqueta del vial debe corresponder con la misma etiqueta de las biometrías tomadas previamente.

#### *Extracción de otolitos*

- Con el estómago hacia arriba se hacen cortes en la zona de las agallas para tener acceso a la pared interior del cráneo y ubicar una estructura ósea de forma tubular (cápsula). Retirar el tejido blando que la recubre.
- Hacer dos cortes diagonales y después dos cortes paralelos que los unan, formando un cuadrado. Se retira este cuadrado con martillo y formón.
- Con pinzas de disección entrar en los dos orificios laterales y extraer otolitos con cuidado, son estructuras frágiles. Una vez que se retiren los dos otolitos, uno de cada orificio, se enjuagan en agua y se colocan en un vial.

#### *Obtención de escamas*

- Se desprenden de 2-3 escamas con las pinzas de disección de la parte del cuerpo que queda cubierto por la aleta pectoral. Las escamas se colocan en el mismo vial que los otolitos.

#### *Etiquetado de muestras*

- Asegurarse del adecuado sellado de los viales, frascos y de su etiquetado. El etiquetado de cada muestra debe hacerse por duplicado en el vial o frasco, primero con marcador permanente y después con cinta pegada en el frasco. Todas las muestras provenientes de cada individuo se guardan en una bolsa tipo Ziploc, que también se etiqueta con el código de la muestra.

### **Protocolos de referencia**

Ramírez-Valdez, A. Sgarlatta, M.P. Villaseñor-Derbez, J.C. Cota-Nieto, J.J. Rowell, T.J. Gómez-Gómez, A. Domínguez-Guerrero, I. Domínguez-Reza, R. Hernández-Velasco, A. Santana-Morales, O. Ruiz-Campos, G. Erisman, B. (2017). Manual para monitoreo biológico del Mero gigante (*Stereolepis gigas*) en aguas mexicanas: Proyecto Mero gigante del Pacífico mexicano. SIO-UCSD, UABC, COBI A.C., ECOIMATI A.C., 42 pp.

Ramírez-Valdez, A. Caamal-Madrigal, J. Fulton, S. Domínguez-Guerrero, I. Rowell, T.J (2018). Ficha técnica para el monitoreo biológico de peces gigantes del Caribe mexicano. COBI A.C., Proyecto Mero gigante, Quali Comunicación

## 4. Mapeo Batimétrico<sup>1</sup>

### Introducción

Una caracterización completa del sitio implica la creación de mapas y descripciones de uso temporal-espacial para especies de peces en el sitio de agregación. Entre las pruebas indirectas de agregaciones están el aumento de la captura durante los períodos de desove, la alta densidad de peces y los signos de comportamiento de cortejo. Si existe pesca en el sitio, se puede recopilar información de los desembarques midiendo el esfuerzo y el muestreo biológico (Protocolo 2-3). Las observaciones subacuáticas también se pueden realizar utilizando diferentes metodologías (ver Protocolo 5). Los sitios de desembarque y las observaciones subacuáticas pueden superponerse en mapas batimétricos para crear mapas de sitio precisos y ayudar a caracterizar los sitios (Heyman et al. 2017).

La geomorfología de los sitios de agregación de desove suele ser parecido, es decir, las especies prefieren características y condiciones estructurales específicas cuando se agregan (Erisman et al. 2018). Algunas características comunes son profundidades que van de 20 a 40 m, cerca del borde del cantil (aguas profundas) y sobre pináculos submarinos (codos) en el arrecife. Esta información puede ser valiosa para buscar y localizar eficientemente los sitios de desove. El costo de generar mapas batimétricos es muy variable y depende en gran medida del equipo utilizado. Describimos un método de bajo costo.



Figura 4 Pescadores e investigadores realizando transectos de batimetría (Crédito: COBI).

### Materiales y equipo

- Embarcación y motor con combustible
- Acumulador de 12 voltios
- Equipo de seguridad que incluya radio VHF, bengalas, chalecos salvavidas, ancla y cuerda larga
- Lowrance Fish Finder con GPS interno y capacidad de grabación (por ejemplo, HDS7<sup>2</sup>).
- Ecosonda de doble frecuencia o transductor TM260 Airmar<sup>3</sup>
- Tarjeta SD extraíble con al menos 16 GB de capacidad de almacenamiento.
- Caja seca para transportar ecosonda y transductor
- Herramientas y refacciones eléctricas
- Ordenador (no se necesita en el mar)
- Programa de cartografía (por ejemplo, QGIS o ArcGIS)

### Metodología

#### Antes de la salida:

- Programar los levantamientos utilizando el conocimiento tradicional de la gente local,

<sup>1</sup> Preparado por Jacobo Caamal - COBI, con contribuciones de los participantes del taller “MARFish - Monitoreo de Agregaciones Reproductivas de Peces” noviembre 2019, y la información de la bibliografía..

<sup>2</sup> <https://www.lowrance.com/lowrance/type/fishfinders-chartplotters/hds-7-gen3-insight-noxd/>

<sup>3</sup> <http://www.airmar.com/productdescription.html?id=39>

haciendo uso de programas de acceso libre para localizar los sitios en mapas digitales.

- Los levantamientos deben ser ejecutados con la ayuda de cuadrantes que cubran el área de interés. Por lo general, con condiciones favorables un cuadrante de 3 km de largo por 2 km de ancho se cubre en un tiempo de 4-6 horas de trabajo continuo. El cuadrante se traza en el ordenador y posteriormente se transfiere a la ecosonda con ayuda de la tarjeta SD. El cuadrante deberá ser iniciado en profundidades desde 10 m y llegar hasta los 250 m.
- Cargar la batería de 12 voltios y probar todo el equipo.

#### *Durante la salida:*

- Ya en el sitio, se conecta la ecosonda al transductor y a la batería. Se programa la ecosonda para que grabe toda la información en la tarjeta SD.
- Iniciar el registro navegando desde la parte más somera hasta la parte más profunda del cuadrante. La velocidad de navegación dependerá del estado del mar y la profundidad.
- Una vez registrada la profundidad límite del cuadrante, se inicia el regreso en sentido contrario, navegando en paralelo, a una separación de 50 - 100 m de la línea anterior.
- Realizar esta maniobra las veces que sean necesarias, hasta cubrir la totalidad del cuadrante. Una persona deberá estar al pendiente y dirigir al capitán sobre el rumbo de la navegación.
- Si la ecosonda pierde señal, la embarcación se debe detener hasta recuperar la señal. Una vez recuperada la señal, se continúa la navegación.
- Guardar los datos cada hora de trabajo, ya que, en caso de alguna falla del equipo, salvaremos la información y no será necesario iniciar desde el principio.
- Una vez terminado el cuadrante tendremos cuatro o cinco archivos guardados en la tarjeta SD. Ya en tierra firme se pasan los datos a la computadora.

#### *Después de la salida:*

- La información debe convertirse a un formato de archivo .csv, analizarse y cargarse en una hoja de cálculo utilizando el programa SonarViewer<sup>1</sup>.
- Filtrar los datos para quitar puntos inválidos, con el script en R proporcionado.
- Eliminar los puntos con profundidades menores a la profundidad mínima o mayores a la profundidad máxima establecidas como objetivo.
- Los datos se cargan en el programa de SIG y se utiliza la interpolación Inverse Distance Weighted (IDW) para generar un modelo digital de la elevación.
- En caso de ser necesario, se deberá recolectar información batimétrica adicional para llenar los espacios vacíos de información y aumentar la precisión. La nueva información puede ser incorporada a la ya almacenada y volverse a interpolar para crear una nueva superficie batimétrica. Mientras mayor cantidad de datos se recolecten del área de trabajo, se tendrá un mapa con mayor detalle.
- Es recomendable limpiar el equipo muy a detalle, sobre todo las terminales de las conexiones.



*Figura 5 Ejemplo de transectos para levantar datos batimétricos (Crédito: COBI).*

<sup>1</sup> Se puede contactar a [sfulton@cobi.org.mx](mailto:sfulton@cobi.org.mx) para el programa y scripts de limpieza

### **Protocolos de referencia**

Heyman, W. D., Ecochard, J. L. B., Biasi, F. B. (2007). Low-cost bathymetric mapping for tropical marine conservation—a focus on reef fish spawning aggregation sites. *Marine Geodesy*, 30(1-2), 37-50.

Heyman, W.D., Fulton, S., Erisman, B. Aburto-Oropeza, O. (2017). Participatory monitoring and research protocols for fish breeding aggregations in Mexico. Comunidad y Biodiversidad A.C., Guaymas, Sonora, Mexico & LGL Ecological Research Associates, Inc. Bryan, TX, United States. 40 p.

Heyman, W.D., Kobara, S., Olivares, M. (2013). Creating a TIN from Sonar. Internal document.

## 5. Censo Visual Subacuático<sup>1</sup>

### Introducción

Los censos visuales subacuáticos (CVS) permiten a los investigadores identificar especies y cuantificar la abundancia y el tamaño de los peces en los sitios de agregación de desove ubicados dentro de los límites seguros de buceo. Los CVS se pueden usar para verificar los tiempos y lugares de la agregación, documentar el cortejo y el comportamiento de desove, y evaluar los patrones de uso cambiante del sitio.



Figura 6 Buzas registrando datos en una agregación de *Epinephelus striatus* (Crédito: COBI).

Las consideraciones importantes que afectan la calidad de los datos son la habilidad del observador y su capacidad para identificar y cuantificar peces, y la visibilidad durante la inmersión. Para minimizar los sesgos antes de cada encuesta, se recomienda un curso de actualización para que los participantes estandaricen la recopilación de datos. Cada equipo de encuesta también debe tener un plan detallado de monitoreo, con roles claramente definidos para asegurar que toda el área sea inspeccionada sistemáticamente.

Incluso si los buzos están bien entrenados y tienen una experiencia considerable, la estimación del tamaño de los peces a partir de CVS puede ser de calidad variable, ya que hay muchos factores involucrados, incluida la distancia entre el buzo y los peces, la perspectiva y el número de peces en el sitio. Sin embargo, esta información puede calibrarse mediante el uso de métodos más modernos que implican una mayor precisión, como los calibradores láser (Heppell et al. 2012, ver Protocolo 6).

Los CVS en los sitios de desove se realizan idealmente al final de la tarde (3-6 pm), entre 30 y 60 minutos antes del atardecer para registrar el cortejo y el comportamiento de desove.

### Materiales y equipo

- Embarcación y motor con combustible
- Profundímetro, GPS, radio VHF, bengalas, chalecos salvavidas, ancla y cuerda larga
- Equipos de buceo completos: visor, aletas, esnórquel, chaleco, regulador con octopus, pesos y cinturones, reloj, profundímetro, manómetro y brújula de buceo
- Computadora de buceo (una por buzo)
- Equipo de seguridad de buceo con bandera de buceo, boya de seguridad tipo salchicha, silbato, linterna o estrobo
- Equipo de oxígeno DAN
- Botiquín de primeros auxilios
- Cámara GoPro, cargador, pila extra completamente cargada, tarjeta de memoria extra, cable USB, trapo de limpieza para el lente y líquido limpiador de lentes
- GPS de mano, cargador, pila extra completamente cargada, cable USB

---

<sup>1</sup> Preparado por Araceli Acevedo - COBI, con contribuciones de los participantes del taller “MARFish - Monitoreo de Agregaciones Reproductivas de Peces” noviembre 2019, y la información de la bibliografía.

- Tablas y lápices, plumas o marcadores submarinos
- Copias enmicadas del protocolo
- Esbozos de mapas y mapas GIS con coordenadas y graticula, de preferencia enmicados
- Cinta de medir submarina o cuerda marcada (50-100m)
- Flotadores pequeños
- Hoja de datos 5 “Censo visual subacuático”

## **Metodología**

### *Registrar las condiciones ambientales en el sitio*

- Registrar la temperatura del aire, la velocidad del viento y su dirección.
- Tomar y registrar la temperatura de la superficie y la temperatura subacuática a la profundidad a la que se encuentre la agregación. La temperatura se puede monitorear de manera constante con un registrador de temperatura in situ como el HOBO Tidbit® V24 u otro termistor. Una computadora de buceo puede dar un dato estimado.
- Estimar o medir la velocidad y la dirección de las corrientes superficiales. Los pescadores con experiencia pueden estimar con precisión la velocidad y la dirección de la corriente.
- Utilizar las funciones de distancia y posición del GPS para determinar la velocidad y la dirección de la corriente desde la embarcación.

### *Censo visual subacuático*

- Preparar el equipo SCUBA con cuidado, realizando todas las revisiones de seguridad para un buceo profundo.
- Llevar a cabo inmersiones de CVS en el sitio de desove para estimar el número y el tamaño de todos los peces de la agregación. Registre la hora de inicio y fin, y la ubicación de cada inmersión.
- Se recomienda que una pareja de buzos realice conteos de abundancia y otra pareja realice estimaciones de tallas con láser.
- Un buzo deberá registrar información en video.
- Registrar los comportamientos de cortejo y desove observados.

### *Procesamiento de la información del censo visual subacuático*

- En cuanto se termine la inmersión, los buzos deberán trabajar juntos para compilar todos los datos recolectados. Usar las tomas de video como ayuda para cuantificar las estimaciones visuales.
- Trasladar todas las medidas y los diagramas de las tablas submarinas a hojas de datos en papel.
- Almacenar todos los datos de las hojas en hojas de cálculo y generar respaldos digitales.

## **Protocolos de referencia**

Heyman, W., Azueta, J., Lara, O., Majil, I., Neal, D., Luckhurst, B., Paz, M., Morrison, I., Rhodes, K.L., Kjerve, B., Wade, B., Requena, N. (2004) Spawning aggregation monitoring protocol for the Meso-American Reef and the Wider Caribbean. Version 2.0. Meso-American Barrier Reef Systems Project, Belize City, Belize.

Heyman, W.D., Fulton, S., Erisman, B. Aburto-Oropeza, O. (2017). Protocolos de monitoreo e investigación participativa para agregaciones reproductivas de peces en México. Comunidad y Biodiversidad A.C., Guaymas, Sonora, Mexico & LGL Ecological Research Associates, Inc. Bryan, TX, Estados Unidos. 40 p.

## 6. Estimación de Tallas con Láser<sup>1</sup>

### Introducción

Los artefactos láser son aparatos que operan con video, los cuales emplean la distancia conocida entre dos puntos láser para la medición de especies acuáticas *in situ*. En Belice, estos artefactos han sido empleados de forma exitosa por múltiples organizaciones en condiciones de profundidad, luz y corriente típicas de los sitios de desove de meros y pargos.

Este aparato cuenta con dos láseres sumergibles sujetos por debajo de un sistema de cámaras subacuáticas de mano. Calibrados adecuadamente y operados por un buzo con experiencia, las mediciones *in situ* utilizando este dispositivo pueden tener una precisión de hasta 98%. El equipo es relativamente barato (aproximadamente \$200USD por los láseres y componentes); lo más caro es la cámara. En muchos casos, estos artefactos láser han sido contruidos a partir de piezas preexistentes, y en otros, con componentes de PVC y otros materiales de usos múltiples. No requieren de luces de video, lo cual es una ventaja ya que la luz molesta y distrae a los peces en la agregación.

El operador de la cámara debe situarse de forma perpendicular a tantos peces como sea posible, dirigiendo los dos puntos láser a la cara lateral de los animales mientras graba video. Esto debe lograrse durante el limitado “tiempo de fondo”, manteniendo la flotabilidad y tomando nota de lo que se encuentra alrededor, y permaneciendo estable en el agua para lograr un video de buena calidad. Después del muestreo los colectores de datos revisan la grabación y usan la distancia conocida entre los dos puntos láser para hacer el cálculo de la longitud de los individuos.

### Materiales y equipo

- Soporte para cámara subacuática
  - Puntos de anclaje para los láseres
- 2 láseres sumergibles
- Cámara subacuática (una segunda cámara es opcional)
- Cabo de seguridad (para sujetarlo a la cintura del buzo)
- Mosquetón (para sujetarlo al chaleco del buzo)



Figura 7a Equipo de laser (Crédito: A.Tewfik/WCS)

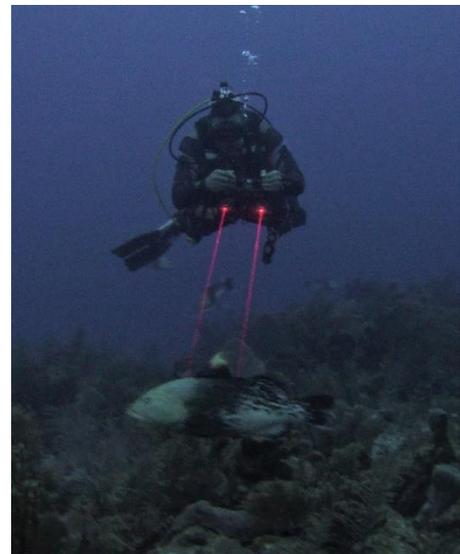


Figura 7b Buzo operador de la cámara proyectando los puntos láser sobre un macho de *Mycteroperca tigris*. La poca turbidez hizo posible que los haces de luz fueran visibles (Crédito: A.Tewfik/WCS).

<sup>1</sup> Preparado por Myles Phillips - Wildlife Conservation Society, Belize Program con contribuciones de los participantes del taller “MARFish - Monitoreo de Agregaciones Reproductivas de Peces” noviembre 2019, y la información de la bibliografía

## Metodología

### Antes de la salida:

- Revisar todos los componentes y reemplazar lo que sea necesario.
- Cargar las cámaras y reemplazar las baterías de los láseres si es necesario.
- Ensamblar los láseres y calibrar su posición para que los haces de luz se encuentren a una distancia predeterminada entre sí (ej. 20 cm).
- Calibrar la orientación de los láseres. Los láseres deben apuntar a marcas de distancia conocida entre sí (ej. a 20 cm de distancia) con el operador de pie a 2m, 3m y 5m de distancia de las marcas, para garantizar que la distancia entre los haces sea consistente.
- Ya calibrado, el operador debe asegurarse que los láseres están bien sujetos en su lugar y que ni su orientación ni su posición cambiarán.



*Figura 8 Un mero Nassau con los puntos láser en su cara lateral. Los fotogramas son extraídos de las grabaciones y son usados para hacer el cálculo de la talla del pez (Crédito: A.Tewfik/WCS).*

### Durante la salida:

- El operador debe encender los láseres dentro de los primeros 5 m del descenso, y confirmar que están encendidos y trabajando, pasando una mano frente a los haces. Luego, el operador debe descender al sitio de buceo con los láseres apuntando hacia abajo y lejos de otros buzos. Los láseres deben calibrarse nuevamente a la profundidad del monitoreo en una hoja de papel subacuático, para garantizar que la distancia entre los haces se mantiene. Los láseres no se deben apagar hasta que se complete el ascenso hasta 5 m después de la inmersión. Esto reduce el riesgo de infiltración de agua debido a la presión.
- Una vez calibrados los láseres, la cámara puede encenderse y prepararse para grabar.
- El operador debe acercarse a los peces lenta e indirectamente para evitar asustarlos, asegurándose de NO perseguirlos. Los mejores resultados se obtienen cuando el operador coloca los haces de luz perpendiculares al animal mientras nada cómodamente en una sola dirección y no evasivamente.
- Ambos puntos láser deben colocarse en la línea lateral de tantos peces individuales como sea posible, evitando los ojos de los peces y de otros buceadores. El operador debe intentar usar el dispositivo a menos de 5 m del pez objetivo (el alcance efectivo del artefacto).
- El operador debe intentar capturar imágenes de alta calidad de cada individuo para permitir que el sexo de los peces individuales se evalúe utilizando el estado grávido, así como el tamaño y el color.
- El operador debe intentar recolectar tamaños de 30 peces por buceo.

### Después de la salida:

- Enjuagar con agua dulce todo el artefacto, luego desensamblarlo y sumergir en agua dulce para retirar la sal de todas pequeñas aberturas.
- Rociar con spray WD40 todas las piezas metálicas, principalmente las partes móviles, para prevenir la corrosión y asegurar un mayor tiempo de vida útil.
- Limpiar todos los sellos de la cámara y del láser de sal residual o desechos y aplicar grasa de silicona cuando sea necesario.

*Grabación y manejo de datos:*

- Un colector de datos debe revisar el video en la computadora, pausando el video para obtener fotogramas, para la medición de peces individuales. El animal debe estar en cuadro, perpendicular al espectador, con ambos puntos láser tan cerca de la línea lateral como sea posible, y estirado a su longitud total, no curvado. El colector de datos debe poder ver claramente el punto anterior de la cabeza y el final de la cola.
- El colector de datos debe usar regla en los fotogramas para medir:
  - La distancia entre los puntos láser en la pantalla (a)
  - La longitud total del cuerpo de cada pez en la pantalla (b)
- El colector de datos usará la distancia conocida entre los dos puntos láser (c) como una escala relativa para extrapolar el tamaño real del animal (d) usando la fórmula  $(d=(b/a)*c)$ .
  - Por ejemplo, si el tamaño del láser en la pantalla (a) es 5 cm, el tamaño del pez en pantalla (b), 15 cm, y la distancia conocida entre ambos puntos láser es 20 cm, entonces el tamaño real del animal será  $(d) = (15/5)*20 = 60$  cm.

## 7. Muestreo eDNA<sup>1</sup>

### Introducción

La genética puede proporcionar información importante para la gestión de la pesquería. En los sitios de agregación de desove, la genética puede proporcionar información sobre conectividad entre sitios, fuentes y sumideros de larvas, salud de la población y desplazamiento de larvas de áreas determinadas (Burgess et al. 2014). Los estudios genéticos requieren la recolección de muestras de tejido en los sitios de aterrizaje. Los peces en peligro presentan un problema ya que las existencias son bajas y las capturas pueden ser poco frecuentes o prohibidas. Las ARP representan una oportunidad única para recolectar muestras de ADN sin causar impactos negativos en la población.



Figure 9 Muestras de agua con eDNA (Crédito: COBI).

El estudio de ADN ambiental (eDNA) es un método no invasivo que permite obtener material genético directamente de una muestra de agua, capturando las células que se desprenden de la superficie de los peces o materia orgánica liberada (Thomsen y Willerslev 2015). En las ARP muchos individuos de la misma especie se concentran en grandes cantidades, liberando material genético en la columna de agua.

Un estudio de conectividad genética a partir de muestras de eDNA en varios sitios de desove permitiría una estimación empírica de la retención de larvas, la dispersión larval y los movimientos de adultos entre sitios. Esta información podría resultar en el diseño de redes de reservas marinas a nivel regional y proporcionar información sobre el estado de la población.

Cabe señalar que la recopilación y el procesamiento de eDNA en las ARP es una técnica nueva e innovadora, y cualquier investigador que utilice este método debe considerar que las metodologías analíticas continúan evolucionando.

### Materiales y equipo

- Botellas de plástico de 1 o 1.5 litros
- Jeringa de 50 ml y/o bomba de vacío
- Filtro VWR de acetato de celulosa con un poro de 0.45 micras
- Buffer de preservación de ADN
- Tubos de 0.5 ml
- Parafilm

### Metodología

#### Antes de la salida:

- Desinfectar las botellas de plástico introduciendo en ellas agua con cloro por un tiempo

---

<sup>1</sup> Preparado por Stuart Fulton - COBI, con contribuciones Dr. Adrian Munguía y los participantes del taller “MARFish - Monitoreo de Agregaciones Reproductivas de Peces” noviembre 2019, y la información de la bibliografía

de 20 minutos. Pasado el tiempo indicado, enjuagar tres veces y llenar con agua. Las botellas deberán estar debidamente marcadas, para ser transportadas en una bolsa de malla. Mantener las medidas necesarias para evitar que las botellas se contaminen una vez desinfectadas.

- Tomar las muestras durante los días picos de actividad de desove.

*Durante la salida:*

- Ingresar las botellas de muestreo selladas al sitio.
- Se pueden tomar muestras de agua a diferentes profundidades, según las condiciones del sitio; una, cerca de la superficie y otra, a la profundidad de mayor concentración de peces.
- De cada punto de recolección se tomarán tres replicas. Por lo que será necesario tener marcadas las botellas con números del 1 al 3.
- Una vez dentro del agua y a la profundidad requerida, abrir la botella (sin toca la rosca con las manos), ponerlas boca abajo, e ingresar aire en la botella con el octopus del regulador, hasta que el agua contenida salga completamente. Una vez que esté sin agua la botella, girarla 180° para que se llene con agua del sitio. Una vez llena, tapar el recipiente. Hacer esta misma operación con cada uno de los recipientes en las diferentes profundidades. Se recomienda acercarse a unos cinco metros de los peces antes de tomar la muestra.
- Se puede combinar la actividad con un censo visual.
- Si se cuenta con hielo en la embarcación, colocar los botes cerca del hielo para preservar la muestra.
- Al regresar a la costa, filtrar el contenido de cada botella en un filtro. Por cada profundidad se tendrán tres filtros. La filtración se hará con ayuda de la jeringa o la bomba de vacío.
- Una vez filtrada el agua de cada recipiente, anotar en el filtro, con un plumón, el código pertinente con, fecha, sitio y número de botella.
- Para preservar el filtro es necesario introducirlo en la solución buffer de preservación y colocar papel parafilm.
- El proceso se puede repetir durante el número de buceos que sean necesarios.
- El tiempo máximo para filtrar las muestras una vez recolectadas es de cuatro horas.

*Después de la salida:*

**NOTA IMPORTANTE:** *Se recomienda buscar las metodologías más relevantes y actualizadas, trabajando en colaboración con investigadores capacitados en el tema. Por esta razón, solo incluimos un resumen de los pasos necesarios para procesar y analizar las muestras.*

- En el laboratorio, procesar las muestras filtradas con kits DNeasy para extraer el material genético de cada filtro. Correr un análisis de electroforesis en un gel de agarosa para validar la presencia de moléculas de ADN genómico. Amplificar el ADN mediante PCR con primers específicos para las especies de interés.
- Se recomienda tener muestras de tejido de las especies de interés para hacer comparaciones directas y validar las muestras de eDNA.

### **Protocolos de referencia**

Munguia-Vega, A. (2016). Reporte de Viabilidad para la Realización de un Estudio de Conectividad Entre Sitios de Agregaciones Reproductivas de Peces en el Caribe Mexicano. PANGAS

## 8. Monitoreo Acústico Pasivo<sup>1</sup>

### Introducción

Algunos peces emiten sonidos durante el cortejo y el desove. Los hidrófonos submarinos se han utilizado para registrar dinámicas espaciales y temporales de especies agregadas (Heyman et al. 2017). Los hidrófonos suelen ser instrumentos ubicados en estaciones fijas en el sitio de agregación y se consideran un método de monitoreo pasivo. La autonomía de los hidrófonos ofrece ventajas sobre un programa de monitoreo visual. Dependiendo de la configuración, la carga de la batería y el espacio de almacenamiento, pueden operar de uno a 180 días. Los hidrófonos submarinos monitorean constantemente las áreas de desove a lo largo del año y solo necesitan cambios de batería y descargas de información. Los receptores acústicos pasivos pueden convertirse en un componente clave del monitoreo a largo plazo de los sitios de agregación de desove de peces (Schärer et al. 2012) ya que permiten el monitoreo durante todo el año.



Figura 10 Hidrófono instalado en un sitio de desove (Crédito: COBI).

### Materiales y equipo

- Sensor Acústico tipo SNAP
- Tres pilas alcalinas tipo D
- Tarjeta MiniSD de 64 GB
- Base para instalación y sistema de anclaje
- Estuche para almacenaje del hidrófono
- Pasante de acero inoxidable
- Tornillos de fijación
- Cinchos de plástico
- Hojas de campo

### Metodología

#### *Antes de la salida:*

- Se debe contar con un anclaje que permita la permanencia de forma segura, del hidrófono en el sitio de agregación. Este sistema de fondeo temporal (SIFOTE), deberá de ser de materiales que soporten la corrosión del ambiente marino, para alargar su tiempo de vida.
- El diseño del SIFOTE dependerá de la disponibilidad de materiales en la zona y de condiciones como la profundidad o el tipo de fondo del sitio. Deberá ser un sistema que permita realizar la instalación dentro de los tiempos de buceo de no descompresión.
- La base de anclaje al sustrato marino consiste en tres “muertos” de concreto y un soporte de acero inoxidable. Al soporte de acero se le coloca una estructura de PVC cédula 40, dentro de la cual se coloca el sensor acústico y que servirá como estuche de protección y almacenamiento. En la parte superior del estuche de PVC, se coloca un

---

<sup>1</sup> Preparado por Jacobo Caamal - COBI, con contribuciones de los participantes del taller “MARFish - Monitoreo de Agregaciones Reproductivas de Peces” noviembre 2019, y la información de la bibliografía.

pasante para mantener el hidrófono dentro de ésta.

- El sensor cuenta con una pantalla de visualización y tres botones que activan las funciones para su configuración. Se muestran a continuación en la Tabla 2. La configuración utilizada es de 20 segundos de grabación y 300 segundos de descanso.

Table 2 Proceso de configuración de hidrófono Loggerhead SNAP

Función	Pantalla	Presionar
Encendido		Mover el interruptor a ON
Ajustes	UP+DN-> Rec	ENT para cambiar ajustes
Tiempo de grabación (s)	Rec: Xs	UP o DN para cambiar valor ENT para aceptar el cambio
Intervalo de descanso (s)	Slp: Xs	
Año	Year: 20XX	
Mes	Month: XX	
Día	Day: XX	
Hora	Hour: XX	
Minuto	Minute: XX	
Segundo	Second: XX	
Pantalla principal	UP+DN-> Rec	Presionar los botones UP y DN al mismo tiempo para iniciar
Fin		Mover el interruptor a OFF

**Durante la salida:**

- Preparar el equipo SCUBA con cuidado, realizando todas las revisiones de seguridad para un buceo profundo.
- Bajar con el hidrófono y colocarlo en el base de PVC. Colocar el pasante superior para mantenerlo fijo.
- Apuntar la hora de instalación en una bitácora.

**Después de la salida:**

- Realizar un buceo para retirar el hidrófono una vez que se cumple con su tiempo estimado de baterías/tarjeta SD.
- Al mismo tiempo se puede colocar otro con baterías cargadas y memoria vacía.
- Una vez fuera del agua y ya en tierra firme, el hidrófono se enjuaga con agua dulce, se seca y se retira la tarjeta MiniSD para descargar la información en la computadora.
- Se recomienda realizar dos respaldos y abrir algunos archivos de forma aleatoria para verificar que se reproducen sin problema.
- Registrar en bitácoras de campo y electrónicas los datos relevantes de la programación, instalación, recuperación y descarga de datos.

**Protocolos de referencia**

Comunidad y Biodiversidad A.C. (2017). Reporte de actividades del proyecto de conservación de agregaciones reproductivas de peces en el Arrecife Mesamericano II: Capacitación en monitoreo comunitario de agregaciones reproductiva de peces (batimetría, buceo y monitoreo acústico).

Heyman, W.D., Fulton, S., Erisman, B. Aburto-Oropeza, O. (2017). Protocolos de monitoreo e investigación participativa para agregaciones reproductivas de peces en México. Comunidad y Biodiversidad A.C., Guaymas, Sonora, Mexico & LGL Ecological Research Associates, Inc. Bryan, TX, Estados Unidos. 40 p.

## 9. Acuerdo de Compartir Información

El intercambio efectivo de datos es crítico para una colaboración regional. Compartir información sobre las ARP puede ser un tema delicado, ya que algunas ARP son secretos muy bien guardados, mientras que algunas organizaciones tienen inquietudes acerca de compartir la información del sitio en caso de que la información incentive la pesca ilegal. Los socios de MARFish deben esforzarse por proporcionar datos estandarizados al proyecto, manteniendo un cierto nivel de privacidad sobre los aspectos clave (particularmente con datos como las coordenadas de los sitios de las ARP).

Durante el taller MARFish, las organizaciones participantes acordaron utilizar protocolos estandarizados para el monitoreo. Estos protocolos generalmente se basan en metodologías existentes (por ejemplo, Heyman et al. 2004) pero también incorporan nuevos elementos (por ejemplo, estimación de tallas por láser). Los formatos de entrada de datos se encuentran en la carpeta adjunta de Dropbox.

Los participantes en el taller recomendaron desarrollar un Acuerdo formal de intercambio de datos y desarrollar una base de datos regional especializada para el proyecto, idealmente alojada en el [ecosistema AGRRA](#), siguiendo el ejemplo establecido por el Grupo de trabajo de agregación de desove de Belice.

## 10. Indicadores claves

Los indicadores permiten medir el progreso. En el caso de los sitios de FSA en la red MARFish, recomendamos recopilar los siguientes indicadores básicos en cada sitio; estos son indicadores básicos. También se pueden recopilar datos adicionales, sin embargo, esta información permitirá a los socios de MARFish medir el progreso a lo largo del tiempo.

Tabla 3 Indicadores claves

Indicador	Metodología	Unidades
Especies desovando en el sitio	CVS	# de especies desovando en el sitio/con compartimento de desove
Abundancia máxima	CVS	Máximo # de individuos visto durante un ciclo reproductivo
Distribución de tallas	CVS/láser	Categorías de taller (cm)
Periodo de desove	CVS/acústico pasivo/monitoreo pesquero	Días después de la luna llena Mes
Profundidad del sitio	Batimetría	Metros
Tipo de protección	-	Protegido/No protegido

## 11. Recomendaciones para los sitios centinela

Cada sitio centinela de MARFish debe tener lo siguiente:

- Mapa batimétrico en tres dimensiones.
- Hidrófono funcional que opera durante todo el periodo de desove.
- Sensor de temperatura HOBO (o similar).
- Monitoreo CVS regular, con los siguientes componentes:
  - Estimación de tallas con láser.
  - Si no hay láseres disponibles, se deben hacer estimaciones de tamaño visual (según la hoja de datos de monitoreo) hasta que se adquieran los láseres.
  - Idealmente, el monitoreo debe cubrir todo el período de desove (desde el día en que llegan los peces hasta el día en que se van), sin embargo, teniendo en cuenta las restricciones presupuestarias, se debe priorizar el monitoreo de CVS para capturar la abundancia máxima en el sitio de la ARP. En este caso, para asegurarse de que se capture la abundancia máxima, el monitoreo debe ocurrir hasta que los observadores vean una disminución en el número de peces (Figura 11, día 7). Si no se observa esta reducción, los observadores no pueden estar seguros de haber capturado la abundancia máxima.
  - Se pueden encontrar períodos de monitoreo óptimos durante el proceso de caracterización del sitio.

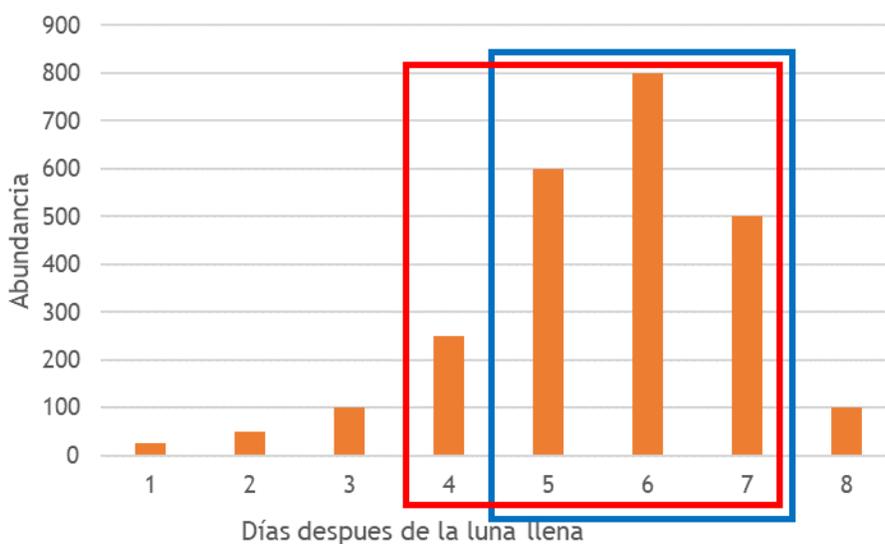


Figura 11 Priorización de monitoreo CVS. Rojo = presupuesto de cuatro días, Azul = presupuesto tres días.

## Referencias

- Burgess, S. C., Nickols, K. J., Griesemer, C. D., Barnett, L. A., Dedrick, A. G., Satterthwaite, E. V., ... Botsford, L. W. (2014). Beyond connectivity: how empirical methods can quantify population persistence to improve marine protected-area design. *Ecological Applications*, 24(2), 257-270.
- Comunidad y Biodiversidad A.C. (2017). Reporte de actividades del proyecto de Conservación de agregaciones reproductivas de peces en el Arrecife Mesomericano II: Capacitación en monitoreo comunitario de agregaciones reproductiva de peces (batimetría, buceo y monitoreo acústico).
- Drew, J. A. (2005). Use of traditional ecological knowledge in marine conservation. *Conservation Biology*, 19(4), 1286-1293.
- Environmental Defense Fund. (2013). "Data Collection Guide for Nearshore Fisheries." <http://fishe.edf.org/sites/stockassessments.edf.org/files/Data%20Collection%20Guide%20for%20Nearshore%20Fisheries.pdf>.
- Erisman, B., Heyman, W.D., Fulton, S., Rowell, T. (2018). The reproductive aggregations of fish: a focal point of fisheries management and marine conservation in Mexico. *Gulf of California Marine Program*, La Jolla, CA. 26 p.
- Fulton, S., Caamal-Madrigal, J., Aguilar-Perera, A., Bourillón, L., Heyman, W. D. (2018). Marine conservation outcomes are more likely when fishers participate as citizen scientists: case studies from the Mexican Mesoamerican Reef. *Citizen Science: Theory and Practice*, 3(1).
- Graham, R. T., Carcamo, R., Rhodes, K. L., Roberts, C. M., Requena, N. (2008). Historical and contemporary evidence of a mutton snapper (*Lutjanus analis* Cuvier, 1828) spawning aggregation fishery in decline. *Coral Reefs*, 27(2), 311-319.
- Hamilton, R., de Mitcheson, Y. S., Aguilar-Perera, A. (2012). The role of local ecological knowledge in the conservation and management of reef fish spawning aggregations. In *Reef fish spawning aggregations: biology, research and management* (pp. 331-369). Springer, Dordrecht.
- Hepell, S. A., Semmens, B. X., Archer, S. K., Pattengill-Semmens, C. V., Bush, P. G., McCoy, C. M., ... Johnson, B. C. (2012). Documenting recovery of a spawning aggregation through size frequency analysis from underwater laser calipers measurements. *Biological Conservation*, 155, 119-127.
- Heyman, W. D., Ecochard, J. L. B., Biasi, F. B. (2007). Low-cost bathymetric mapping for tropical marine conservation—a focus on reef fish spawning aggregation sites. *Marine Geodesy*, 30(1-2), 37-50.
- Heyman, W. D., y Kjerfve, B. (2008). Characterization of transient multi-species reef fish spawning aggregations at Gladden Spit, Belize. *Bulletin of Marine Science*, 83(3), 531-551.
- Heyman, W., Azueta, J., Lara, O., Majil, I., Neal, D., Luckhurst, B., Paz, M., Morrison, I., Rhodes, K.L., Kjerfve, B., Wade, B., Requena, N. (2004) Spawning aggregation monitoring protocol for the Meso-American Reef and the Wider Caribbean. Version 2.0. Meso-American Barrier Reef Systems Project, Belize City, Belize.
- Heyman, W.D., Fulton, S., Erisman, B. Aburto-Oropeza, O. (2017). Protocolos de monitoreo e investigación participativa para agregaciones reproductivas de peces en México. *Comunidad y Biodiversidad A.C., Guaymas, Sonora, Mexico & LGL Ecological Research Associates, Inc. Bryan, TX, Estados Unidos.* 40 p.
- Heyman, W.D., Kobara, S., Olivares, M. (2013). Creating a TIN from Sonar. Internal document
- Munguia-Vega, A. (2016). Reporte de Viabilidad para la Realización de un Estudio de Conectividad Entre Sitios de Agregaciones Reproductivas de Peces en el Caribe Mexicano. PANGAS
- Ramírez-Valdez, A. Sgarlatta, M.P. Villaseñor-Derbez, J.C. Cota-Nieto, J.J. Rowell, T.J. Gómez-Gómez, A. Domínguez-Guerrero, I. Domínguez-Reza, R. Hernández-Velasco, A. Santana-Morales, O. Ruiz-Campos, G. Erisman, B. (2017). Manual para monitoreo biológico del Mero gigante (*Stereolepis gigas*) en aguas mexicanas: Proyecto Mero gigante del Pacífico mexicano. SIO-UCSD, UABC, COBI A.C., ECOCIMATI A.C., 42 pp.
- Ramírez-Valdez, A. Caamal-Madrigal, J. Fulton, S. Domínguez-Guerrero, I. Rowell, T.J (2018). Ficha técnica para el monitoreo biológico de peces gigantes del Caribe mexicano. COBI A.C., Proyecto Mero gigante, Quali Comunicación

- Rivera, A. (2018). Monitoreos Pesqueros: Generalidades y Protocolo. Tegucigalpa, Honduras: The Coral Reef Alliance
- Sadovy, Y., Domeier, M. (2005). Are Aggregation-Fisheries Sustainable? Reef Fish Fisheries as a Case Study. *Coral Reefs* 24 (2): 254-62.
- Sosa-Cordero, E., Medina-Quej, A., Herrera, R., Aguilar-Dávila, W. (2002). Agregaciones reproductivas de peces en el Sistema Arrecifal Mesoamericano: Consultoría Nacional, México. Sistema Arrecifal Mesoamericano.
- Schärer, M. T., Rowell, T. J., Nemeth, M. I., & Appeldoorn, R. S. (2012). Sound production associated with reproductive behavior of Nassau grouper *Epinephelus striatus* at spawning aggregations. *Endangered Species Research*, 19(1), 29-38.
- Thomsen, P.F., Willerslev, E. (2015). Environmental DNA - An emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity. *Biological Conservation* 183:4-18.

## Anexos

1. [Presentaciones](#)
2. [Hojas de campo](#)
3. [Formatos de base de datos](#)
4. Participantes en el Taller MARFish de noviembre 2019

Nombre	Organización	País	Email
Nicole Craig	Healthy Reefs Initiative	Belice	<a href="mailto:craig@healthyreefs.org">craig@healthyreefs.org</a>
Ana Giró	Healthy Reefs Initiative	Guatemala	<a href="mailto:giro@healthyreefs.org">giro@healthyreefs.org</a>
Melanie McField	Healthy Reefs Initiative	Belice	<a href="mailto:mcfield@healthyreef.org">mcfield@healthyreef.org</a>
Eliceo Cobb	TASA	Belice	<a href="mailto:eliceo@tasabelize.com">eliceo@tasabelize.com</a>
Tyrell Reyes	Belize Fisheries Department	Belice	<a href="mailto:tyrellreyes89@gmail.com">tyrellreyes89@gmail.com</a>
Nicanor Requena	EDF	Belice	<a href="mailto:nicrequena@gmail.com">nicrequena@gmail.com</a>
Gisselle Brady	BICA Roatan	Honduras	<a href="mailto:programsroatan@bicahn.org">programsroatan@bicahn.org</a>
Antonella Rivera	CORAL	Honduras	<a href="mailto:arivera@coral.org">arivera@coral.org</a>
Patricia Kramer	AGRRA	USA	<a href="mailto:perigeenu@gmail.com">perigeenu@gmail.com</a>
Myles Phillips	WCS Belize	Belice	<a href="mailto:mphillips@wcs.org">mphillips@wcs.org</a>
Alejandro Medina Quej	TNM / ITCH Chetumal	México	<a href="mailto:lexobu@hotmail.com">lexobu@hotmail.com</a>
Guillermo Galvez	FUNDAECO	Guatemala	<a href="mailto:g.galvez@fundaeco.org.gt">g.galvez@fundaeco.org.gt</a>
Alfonso Aguilar Perera	UADY	México	<a href="mailto:alfaguilar@gmail.com">alfaguilar@gmail.com</a>
Claudio González	MAR Fund	México	<a href="mailto:cgonzalez@marfund.org">cgonzalez@marfund.org</a>
Melina Soto	Healthy Reefs Initiative	México	<a href="mailto:soto@healthyreefs.org">soto@healthyreefs.org</a>
Ana Silvia Martínez	MAR Fund	Guatemala	<a href="mailto:anasilviamar@gmail.com">anasilviamar@gmail.com</a>
María José González	MAR Fund	Guatemala	<a href="mailto:mjgonzalez@marfund.org">mjgonzalez@marfund.org</a>
Tanya Barona	Belize Audubon Society	Belice	<a href="mailto:rmomarine@belizeaudubon.org">rmomarine@belizeaudubon.org</a>
Denise García	Southern Environmental Association	Belize	<a href="mailto:science@seabelize.org">science@seabelize.org</a>
Alex Solis	Fundación Cayos Cochinos	Honduras	<a href="mailto:alexsolis@yahoo.com">alexsolis@yahoo.com</a>
Marcio Aronne	Fundación Cayos Cochinos	Honduras	<a href="mailto:marcio@cayo.cochinos.hn">marcio@cayo.cochinos.hn</a>
Magdiel Naal	Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Vigía Chico	México	
Baltazar Hoil	Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera José María Azcorra	México	
Estefanía Medina	CONANP - RBCM	México	<a href="mailto:estefania.medina@conanp.gob.mx">estefania.medina@conanp.gob.mx</a>
Stuart Fulton	COBI	México	<a href="mailto:sfulton@cobi.org">sfulton@cobi.org</a>
Jacobo Caamal	COBI	México	<a href="mailto:jcaamal@cobi.org.mx">jcaamal@cobi.org.mx</a>
José Estrada	COBI	México	<a href="mailto:jestrada@cobi.org.mx">jestrada@cobi.org.mx</a>
Araceli Acevedo	COBI	México	<a href="mailto:aacevedo@cobi.org.mx">aacevedo@cobi.org.mx</a>