

# Protocolo para el monitoreo de agregaciones reproductivas de peces arrecifales en el Arrecife Mesoamericano y el Gran Caribe

Versión 2.0



**BORRADOR:** 4 de julio de 2004



## Acrónimos y abreviaturas

AMP	Areas Marinas Protegidas
ASK	Amigos de Sian Ka'an
BAS	Belize Audubon Society
BFD	Departamento de Pesquerías de Belice ( <i>Belize Fisheries Department</i> )
BICA	Asociación para la Conservación de las Islas de la Bahía ( <i>Bay Island Conservation Association</i> )
CONANP	Comisión Nacional de Areas Naturales Protegidas, México
CZMA&I	Coastal Zone Management Authority and Institute, Belice
DIGEPESCA	Dirección General de Pesca y Acuicultura
FUNDAECO	Fundación para el Desarrollo y la Conservación, Guatemala
FON	Friends of Nature
PROLANSATE	Fundación para la Protección de Lancetilla, Punta Sal y Texiguat
SAM	Proyecto para el Sistema Arrecifal Mesoamericano ( <i>Mesoamerican Barrier Reef Systems Project – MBRS</i> )
SCRFA	Sociedad para la Conservación de Agregaciones de Peces Arrecifales ( <i>Society for the Conservation of Reef Fish Aggregations</i> )
TIDE	Instituto Toledo para el Desarrollo y el Medio Ambiente ( <i>Toledo Institute for Development and Environment</i> )
TNC	The Nature Conservancy
UB	Universidad de Belice
UNIPESCA	Unidad de Manejo de la Pesca y Acuicultura
USC	Universidad de South Carolina
WCS	Wildlife Conservation Society
WWF	World Wildlife Fund

# Indice

## Página

Acrónimos y abreviaturas	2
Indice	3
Agradecimientos	4
Evolución y uso de este documento	6
Lista de cuadros, figuras y hojas de datos	7
Capítulos	
1. Introducción: Metas y objetivos de este documento	8
2. Antecedentes	10
3. Criterios para definir una agregación reproductiva de peces	11
4. Cómo ubicar agregaciones reproductivas de peces arrecifales	12
5. Especies seleccionadas como objeto de conservación y su estación	13
6. Indicadores de desove	17
7. Personal de monitoreo y equipo	19
8. Mapeo del sitio	20
9. Protocolo de censo visual submarino	23
10. Medidas físicas en los sitios de desove	30
11. Recolección de datos dependientes de la pesquería: Monitoreo de las capturas por unidad de esfuerzo y su tamaño: Análisis de la frecuencia	33
12. Marcación de peces y recaptura	37
13. Recolección y evaluación de tejidos	42
14. Procesamiento y análisis de datos	45
15. Cooperación regional	49
16. Medidas de manejo	50
17. Bibliografía seleccionada	52
18. Apéndice 1: Panfleto educativo del programa de marcado	54
19. Apéndice 2: Capacitación para el censo visual submarino	55

## Agradecimientos

Esta versión actualizada (versión 2.0) del protocolo de monitoreo fue modificada como resultado de dos Cursos de Capacitación para el Monitoreo de las Agregaciones Reproductivas y de dos años de monitoreo de agregaciones reproductivas utilizando los lineamientos y los métodos descritos en el protocolo. Pescadores, guías de buceo, estudiantes, investigadores, biólogos marinos, directores de pesquerías, encargados de reservas marinas y agencias gubernamentales y no gubernamentales que usaron una versión anterior proporcionaron recomendaciones y comentarios que fueron incorporados en este documento final.

Estamos agradecidos por la retroalimentación y las recomendaciones valiosas recibidas de los participantes en el Curso de Capacitación para el Monitoreo de las Agregaciones Reproductivas de Peces Arrecifales de Belice, realizado entre el 25 de marzo y el 7 de abril de 2002 en el Cayo Half Moon, Atolón del Arrecife del Faro, Belice. Este curso fue patrocinado por The Nature Conservancy, el Departamento de Pesquerías de Belice, la Audubon Society de Belice, Friends of Nature, el Instituto Toledo para el Desarrollo y el Medio Ambiente, Green Reef, la Universidad de Belice y el Coastal Zone Management Authority and Institute. Los participantes incluyeron a: Dr. Ed Boles, Alicia Eck, Kenrick Gordon, Kirah Foreman, Abigale Parham, Leilah Pandey, Adiel Perez, Marsha Vargas, Emiel Tepaz, Juan Chub, Renison Enriquez, Beverly Vanzie (UB), Nadia Bood, Hampton Gamboa (CZMA& I), Sergio Hoare, Roger Arana, Marciano Gutierrez (BAS), Mito Paz (Green Reef), Dennis Garbutt, Lionel Martin, Edwin Colon (TIDE), Daniel Silva, Nidia Ramirez, Auriol Samos (BFD), Roberto Pott (FON), Neal Ariola, Elmer Avila, Clarence Cabral, Ashbert Miranda, Ellias Maximo, Emory Gonzalez, Mervin Nunez, Rundolf Nunez, Leonard Nunez, Abraham Rodriguez, Anselmo J. Nunez (Pescadores de Hopkins), Eloy Cuevas, Alexander Garbutt (Pescadores de Monkey River), Kevin Rhodes (Universidad de Hong Kong), Causarina Mckinney (Bahamas, BREEF), Timothy Boucher, Stephanie Wear (TNC), Phillippe Bush (Departamento de Recursos Naturales de las Islas Caimán), Newton Hamilton (Bahamas, Andros Conservancy & Trust), Koji Wright (Departamento de Pesquerías de Bahamas), Brian Luckhurst (Departamento de Pesquerías de Bermuda), Nickey Martinez (St. Croix), Leslie Whaylen (REEF), Nick Drayton (Ocean Conservancy), Brett Wolfenburg (Lighthouse Reef Resort).

El SAM patrocinó el Curso de Monitoreo de Agregaciones Reproductivas realizado en julio de 2002, que proporcionó la oportunidad para que el protocolo en desarrollo recibiera recomendaciones y retroalimentación adicionales para su uso en la región del SAM. Los participantes de este curso de capacitación incluyeron a: **Belice:** Guillermo Paz (GREI), Ramon Carcamo, James Azueta, Nidia Ramirez, Isaias Majil, Albert Munnings, Quentin Espinosa (GRMR), Miguel Alamilla (HCMR), Roger Arana (BAS), Eloy Cuevas (Monkey River), Will Heyman, Nicanor Requena (TNC), Auriol Samos (BCMR/NP); **México:** Miguel Angel García (CONANP), Felipe Fonseca (CONANP), Judith Morález (ASK); **Guatemala:** Antonio Salaverria (UNIPESCA), Hugo Hidalgo (FUNDAECO); **Honduras:** Calina Cepeda, Jaime Rojas (BICA), José Antonio Fuentes (PROLANSATE), Carla Bu (DIGEPESCA).

Estamos muy agradecidos a aquellas personas que iniciaron, patrocinaron y recolectaron datos de campo usando este protocolo en censos nacionales en 2002 y 2003. Estos miembros incluyen a: Janet Gibson, Mito Paz, Lindsey Garbutt, Will Maheia, Valdemar Andrade, James Azueta, Beverly Wade, Issais Majil, Imani Morrison, Leandra Cho-Ricketts, Melanie Mcfield, Albert Patt, Julie Berry, Sergio Hoare, Dennis Garbutt, Nadia Bood, Albert Patt, Roberto Pott, Adriel Castaneda y Sharon Ramclam.

En la 55ª Reunión Anual del Instituto de Pesca del Golfo y el Caribe (GCFI) realizada en noviembre de 2002, The Nature Conservancy patrocinó un Simposio de Agregaciones Reproductivas. En las reuniones de seguimiento durante la semana del simposio se acordó que un protocolo estandarizado sería útil para monitorear las agregaciones reproductivas en el arrecife mesoamericano y la región del Caribe. Brian Luckhurst, de la junta de GCFI, ofreció generosamente compilar los protocolos existentes en un solo documento que se podría usar como estándar. Este documento se basa en parte en un protocolo similar desarrollado por el Programa Marino de Asia y el Pacífico de The Nature Conservancy, el Protocolo del Programa de Belice de The Nature Conservancy y un protocolo de monitoreo de agregaciones reproductivas utilizado por Green Reef en Belice en enero de 2001.

Le estamos agradecidos a un número adicional de personas que contribuyeron a los diferentes componentes de este protocolo y a su desarrollo de diversas maneras. Estas incluyen a: Dan Castellanos, Jr., Alfred Williams, Athen Marin, Elvis “Waga” Leslie, Carleton Young, Sr., Brian Young, Carleton Young, Jr., Glen Eiley, Maggie Sommer, Rachel Graham, Adrian Oviedo, Eloy Sosa, Jack Cabral, Eloy Cuevas Jr., Maya Gorrez y Karl Castillo. Probablemente hubo varios colaboradores cuyos nombres fueron omitidos debido al descuido de los editores y no por la falta de importancia de su colaboración.

Este documento fue compilado y editado por Will Heyman (The Nature Conservancy - Belice), James Azueta (Departamento de Pesquerías de Belice), Oscar Lara (SAM), Isaias Majil (Departamento de Pesquerías), Dwight Neal (Fundación OAK y anteriormente Departamento de Pesquerías de Belice), Brian Luckhurst (Departamento de Protección Ambiental – Bermuda), Mito Paz (Green Reef - Belice), Imani Morrison (Coastal Zone Management Authority and Institute), Kevin Rhodes (Universidad de Hong Kong), Björn Kjerve (Universidad de South Carolina), Beverly Wade (Departamento de Pesquerías de Belice) y Nicanor Requena (TNC) y debe ser citado de la siguiente manera:

Will Heyman, James Azueta, Oscar Lara, Isaias Majil, Dwight Neal, Brian Luckhurst, Mito Paz, Imani Morrison, Kevin L. Rhodes, Bjorn Kjerve, Beverly Wade y Nicanor Requena. 2004. Protocolo para el monitoreo de agregaciones reproductivas de peces arrecifales en el Arrecife Mesoamericano y el Gran Caribe. Versión 2.0. Meso-American Barrier Reef Systems Project, Belize City, Belice.

## Evolución y uso de este documento

Este documento fue desarrollado en consulta con el Grupo de Trabajo sobre Agregaciones Reproductivas de Belice, a quienes le estamos sumamente agradecidos. Este grupo de trabajo está compuesto por todas las principales organizaciones gubernamentales y no gubernamentales de Belice que están trabajando juntas para monitorear y conservar las agregaciones reproductivas. El grupo contribuyó decisivamente en el diseño de acuerdos mutuos para compartir información, protocolos, bases de datos y apoyo en legislación para las áreas marinas protegidas.

Este documento fue diseñado para directores y profesionales de campo y por lo tanto es intencionalmente simple y práctico. Dejamos fuera del mismo a propósito bibliografía completa y materiales de apoyo ya que éstos están disponibles en otra parte. Más aún, el documento fue diseñado como una guía flexible que debe ser usada para ayudar a los profesionales en el diseño de protocolos de monitoreo, reconociendo las condiciones físicas, biológicas y económicas inherentes a los diversos sitios. A continuación se presentan documentos adicionales que pueden ser usados como guías para acompañar a este documento:

- R2-Reef Resilience Toolkit. The Nature Conservancy 2003
- Introduction to Monitoring and Management of Spawning Aggregations and Aggregation Sites for Three Indo-Pacific Pacific Grouper Species: A Manual for Field Practitioners
- Manual for Study and Conservation of Reef Fish Spawning Aggregations (<http://www.scrfa.org>)

Este manual es un trabajo en curso y se lo considera un “documento vivo”. Después de tres años de uso por parte de múltiples organizaciones y personas, este borrador ha sido actualizado a su versión 2.0 actual. Esta versión incluye consejos prácticos de profesionales de campo que usaron el protocolo. Los autores reconocen que el manual puede ser mejorado y les instamos a que nos contacten para hacernos saber sus sugerencias. El documento será actualizado periódicamente según sea necesario con sugerencias que serán evaluadas por un comité editorial. Por ahora, el comité estará presidido por The Nature Conservancy e incluirá al Departamento de Pesquerías de Belice, el Proyecto SAM, el Instituto Ambiental Green Reef y la Audubon Society de Belice – la agencia directora del Grupo de Trabajo sobre Agregaciones Reproductivas de Belice.

# Lista de cuadros, figuras y hojas de datos

Página

## Cuadros

Cuadro 1: Pargos y meros: Meses de desove comunes	13
Cuadro 2: Varias especies: Período de desove común durante los meses lunares	14
Cuadro 3: Cuadro de identificación de especies de peces	15
Cuadro 4: Evaluación macroscópica de las etapas de madurez usadas para el análisis del sexo	44

## Figuras

Figura 1: Coloraciones de desove y eventos de desove observados	18
Figura 2: Mapa de Censos Batimétricos Adaptativos ( <i>Adaptive Bathymetric Surveys – ABS</i> )	21
Figura 3: Diseño de una boya a la deriva para medir las corrientes marinas	31
Figura 4: Marcas de identificación convencionales	37
Figura 5: Marcas acústicas y receptores	38
Figura 6: Fotografías de las gónadas de los pargos en las fases de desarrollo temprana y avanzada	43
Figura 7: Pargo cubera en Gladden, Belice	45
Figura 8: Abundancia de peces en sitios de desove de múltiples especies, Gladden Spit, Belice	46
Figura 9: Frecuencia de tallas del pargo criollo de datos recolectados en Gladden Spit	47
Figura 10: Distribución de la frecuencia de tallas estimada del pargo criollo	47
Figura 11: Datos de temperatura en Gladden Spit, Belice	48
Figure 12: Modelos de la deriva de corrientes de superficie en Gladden Spit, Belice	49

## Hojas de datos

Hoja de datos 1: Hoja de datos para los censos visuales: Hoja de datos para las agregaciones reproductivas	25
Hoja de datos 2: Hoja de datos para el registro de seguridad de inmersiones	29
Hoja de datos 3: Hoja de datos de una boya a la deriva para medir las corrientes marinas	32
Hoja de datos 4: Hoja de datos de captura por unidad de esfuerzo C.P.U.E.	35
Hoja de datos 5: Hoja de datos de desembarque de peces	36
Hoja de datos 6: Hoja de datos de marcación de peces	41
Hoja de datos 7: Hoja de datos para la capacitación de estimación visual de tamaño	57

# 1. Introducción

- Las pesquerías forman un sector importante de la economía de los países que se encuentran a lo largo del arrecife mesoamericano y en toda la cuenca del Caribe.
- La mayoría de los peces arrecifales con valor comercial (por ej. los meros y los pargos) emigra a lugares específicos en épocas específicas a fin de reproducirse en lo que se llaman agregaciones reproductivas o sitios de desove y también agregaciones reproductivas de peces.
- Cuando los pescadores descubren los sitios de desove, se los explota en exceso. En algunos casos, los sitios de desove se agotan de tal manera que cesan de formarse. Por ejemplo, las agregaciones reproductivas de los meros batata han desaparecido de aproximadamente la tercera parte de todos los sitios de desove conocidos en la región del Gran Caribe. Estos incluyen sitios en Belice, México, Honduras, Puerto Rico, las Islas Vírgenes (EE.UU.), Florida, la República Dominicana y Bermuda.
- Si la intervención del manejo/de la conservación ocurre antes de que desaparezcan por completo, los sitios de desove tienen el potencial para recuperarse.
- Los sitios de desove tienen una importancia crítica en el ciclo vital de muchos peces arrecifales y su reproducción en estos sitios a menudo representa el total del desove anual de estas especies.
- Los sitios de desove proporcionan beneficios económicos sustanciales a las pesquerías de subsistencia y comerciales y pueden jugar un papel significativo en la industria de turismo marino, por ejemplo el turismo de buceo.



**La protección de los sitios de agregaciones reproductivas en las reservas marinas puede proporcionar beneficios regionales a las pesquerías y a la industria del turismo y ayudar en la conservación de la biodiversidad marina**

## **Meta general de este documento**

- El propósito de este documento es proporcionar una metodología estandarizada para la evaluación y el monitoreo y la conservación rutinarios de las agregaciones reproductivas transitorias de múltiples especies en el arrecife mesoamericano y en el Gran Caribe. Este documento está destinado al uso de directores de recursos, conservacionistas, biólogos, pescadores, estudiantes y buzos recreativos capacitados.

## **Objetivos específicos del protocolo de monitoreo**

### **Se diseñó el protocolo de monitoreo a fin de proporcionar métodos para:**

1. Describir y monitorear el contexto ecológico de cada sitio de desove proporcionando un mapa y la descripción de la ubicación de la agregación reproductiva que incluye una descripción general del ambiente físico (la geomorfología, la cobertura de coral) y los parámetros oceanográficos (las corrientes, la temperatura, la salinidad).
2. Evaluar cuantitativamente y monitorear cada agregación reproductiva por especie, documentando el momento y la ubicación de cada agregación con estimaciones de la cantidad de peces y sus tamaños, utilizando técnicas de censo visual submarino.
3. Evaluar y monitorear el estado de la pesquería y los efectos del esfuerzo pesquero en el sitio de desove utilizando medidas de captura por unidad de esfuerzo, la proporción del sexo y el análisis de la frecuencia de tallas.
4. Evaluar la fidelidad de los peces al sitio en cada sitio de desove, así como el alcance y la distancia de las migraciones al sitio de desove y del mismo, utilizando técnicas de marcación y recaptura.
5. Compartir los datos y la información de todos los sitios para promover medidas de manejo apropiadas tanto a nivel local como regional.
6. Involucrar a los pescadores desplazados en el programa de monitoreo (por ej. incluirlos como ayudantes en el programa de recolección de datos) como una de varias alternativas económicas posibles a la pesca comercial en los sitios de desove.
7. Recolectar muestras biológicas apropiadas de especímenes para el análisis de información de la historia de vida para las especies seleccionadas como objetos de conservación, por ej. gónadas para la evaluación del estado reproductivo, otolitos para el análisis de la edad y del crecimiento.

## 2. Antecedentes

Los arrecifes coralinos están entre los ambientes más diversos en el planeta y su biodiversidad es superada sólo por la de las selvas lluviosas. Las naciones caribeñas reconocen cada vez más la riqueza natural de los arrecifes coralinos y están creando e implementando medidas de conservación que incluyen el uso de áreas marinas protegidas (AMP) para conservar los arrecifes y combatir la pesca excesiva. Se recomiendan las AMP como medios efectivos para incrementar la productividad pesquera dentro de las AMP y en las zonas adyacentes y para la protección del stock reproductor de las especies comercialmente importantes. Sin embargo, muchas especies de peces arrecifales (inclusive los comercialmente valiosos pargos y meros) migran fuera de las AMP existentes para desovar, con lo cual pueden ser explotadas en exceso, particularmente en sitios de desove.

Entre las especies comercialmente importantes que forman agregaciones reproductivas, las poblaciones de meros han disminuido drásticamente en el Caribe. El mero batata, *E. striatus*, ha sido declarado “en peligro” por la Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN), en relación a una disminución estimada de la población del 40% dentro de su rango de distribución. El mero de goliath, *Epinephelus itajara* (previamente llamado yerno), ha sido declarado “en peligro crítico” y está haciendo frente a un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre. Otras especies de meros parecen mostrar disminuciones semejantes. Estas tendencias son comunes en el Caribe, donde muchos sitios conocidos de agregaciones reproductivas de meros han sufrido excesos de pesca que casi provocan su extinción. Si bien los efectos de la pesca en los sitios de desove están bien documentados, muy pocos sitios de desove han sido incluido en AMP. Los datos recolectados en Belice en años recientes indican que los sitios de desove del mero batata sirven también como sitios de desove para la mayor parte de los otros peces grandes y comercialmente importantes como alimento del Caribe. En base a estas conclusiones, The Nature Conservancy ha propuesto que la conservación de sitios de desove para múltiples especies en todo el arrecife mesoamericano, y por extensión, en el Gran Caribe, ayudará a conservar la biodiversidad marina y proporcionará beneficios a las economías locales y regionales por medio del turismo y las pesquerías.

El propósito de este documento es proporcionar una metodología estandarizada para la evaluación y el monitoreo rutinario de las agregaciones reproductivas a lo largo del arrecife mesoamericano y del Gran Caribe. Se anticipa que la información recolectada utilizando esta metodología se compartirá regionalmente a través del Instituto de Pesca del Golfo y el Caribe, de la Sociedad para la Conservación de Agregaciones de Peces Arrecifales (*Society for the Conservation of Reef Fish Aggregations - SCRFA*) y de otras iniciativas regionales como el Proyecto para el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM). Los datos y las experiencias compartidos por estas organizaciones formarán la base para fortalecer la capacidad de los países, así como las normas nacionales y regionales sobre la conservación de las agregaciones reproductivas. Los diseños de las redes de reservas marinas nacionales y regionales deben incorporar los sitios conocidos de desove.

Además, los pescadores que actualmente pescan en las agregaciones reproductivas deben ser alentados a tomar parte en la investigación, el monitoreo, las actividades de turismo y el manejo de estos sitios. De esta manera, los pescadores desplazados tendrán alternativas económicas a la pesca en los sitios de desove y se convertirán en administradores más activos

de estos recursos. La colaboración de científicos, directores, pescadores, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales (ONG), agencias y del sector privado se percibe como la mejor esperanza para la conservación y el uso sostenible de los recursos marinos del Caribe.

### **3. Criterios para definir una agregación reproductiva**

Las agregaciones de peces arrecifales son grupos de peces reunidos con el fin de desovar, alimentarse o buscar protección. Por definición, una agregación reproductiva es un grupo de individuos coespecíficos agrupados en densidades tres veces más altas que las que se encuentran en períodos no reproductivos (Domeier y Colin, 1997). Las agregaciones reproductivas se documentan mejor con evidencia directa – observaciones del desove real o la documentación de la presencia de oocitos hidratados en las gónadas de las hembras en el sitio (Colin et al., 2003; [www.scrfa.org](http://www.scrfa.org)). Si no hay disponible evidencia directa, la evidencia indirecta incluye aumentos en la densidad, cambios de colores y comportamientos específicos del desove, abdómenes hinchados y aumento en el índice gonadosomático. Una combinación de observaciones indirectas aumenta la probabilidad de que la agregación sea en realidad una agregación reproductiva. Las agregaciones reproductivas de peces arrecifales son previsibles en el espacio y el tiempo.

Se definieron dos tipos diferentes de agregaciones reproductivas (“residentes” y “transitorias”) utilizando los tres criterios siguientes: la frecuencia de las agregaciones, la longevidad de las agregaciones y la distancia recorrida por los peces para llegar al sitio de desove. El desove en agregaciones residentes es común en la mayor parte de los peces conejo (siganidae), de los lábridos (labridae) y de los peces ángel (acanthuridae). En este tipo de agregación, el desove es breve (a menudo 1-2 horas), ocurre frecuentemente (a menudo a diario) e involucra migraciones de cortas distancias al sitio de desove. Este manual no se centra en estos tipos de agregaciones o de especies. En contraste, el desove en agregaciones transitorias es la estrategia usada por la mayor parte de los meros (serranidae), los pargos (lutjanidae) y los jureles (carangidae), junto con otras familias. Por lo general, las agregaciones transitorias presentan las características siguientes:

- a. Los peces migran frecuentemente largas distancias para llegar al sitio de desove, a veces siguiendo rutas específicas
- b. Por lo general, las agregaciones se forman solamente durante unos pocos meses del año, posiblemente relacionados por la duración del día y la temperatura del agua
- c. Dentro de cada mes de ocurrencia, por lo general, las agregaciones permanecen desde unos pocos días hasta unas pocas semanas, relacionadas con el ciclo lunar.

Para las especies que usan esta estrategia, parece que toda la actividad reproductiva del año se realiza en estas agregaciones, ya que no hay evidencia de desove en estas especies fuera de las agregaciones. El enfoque de este manual son las agregaciones reproductivas transitorias de múltiples especies.

## 4. Cómo ubicar agregaciones reproductivas de peces arrecifales

Generalmente, la ubicación de las agregaciones reproductivas requiere el uso de una variedad de herramientas y métodos diferentes que incluyen fuentes secundarias, fuentes dependientes de la pesquería y fuentes independientes de la pesquería.

Las búsquedas deben iniciarse usando fuentes secundarias y materiales publicados disponibles. Las fuentes secundarias incluyen estudios científicos publicados (estudios de historias de vida básicos, que incluyen índices gonadosomáticos estacionales y estudios de edad y crecimiento) y otros materiales publicados tales como artículos populares y revistas comerciales.

Los encargados pueden recolectar datos dependientes de la pesquería en lugares donde se lleva a cabo la pesca comercial, de subsistencia o recreativa. La mejor manera de obtener información es compilar el conocimiento tradicional de los usuarios del recurso. Los pescadores patriarcales pueden ser una fuente particularmente valiosa de información porque pueden proporcionar una perspectiva temporal sobre sitios de desove determinados. Generalmente se obtiene esta información por medio de entrevistas en persona con pescadores así como también con otros miembros del sector pesquero, como por ejemplo, comerciantes de pescado. Los registros históricos de las estadísticas gubernamentales del volumen de pesca desembarcada, de las instalaciones de comercialización del pescado y los registros de exportación también pueden ser útiles en identificar la periodicidad y la abundancia de las especies de las agregaciones. Todas las fuentes mencionadas pueden ser clasificadas como datos dependientes de la pesquería. Toda información anecdótica acerca de las agregaciones reproductivas debe ser verificada por lo menos por una de las fuentes de información mencionadas anteriormente, si fuera posible. A menudo, las concentraciones de naves de pesca en un área pequeña por un período de tiempo limitado pueden ser una indicación de un sitio de desove. Tales observaciones deben ser verificadas controlando los sitios de desembarque para determinar las cantidades y el estado reproductor de los peces capturados.

Una metodología independiente de la pesquería para intentar localizar los sitios de desove es el uso de imágenes de satélite, fotografías aéreas y cartas batimétricas a fin de determinar los sitios potenciales, ya que muchos sitios de desove documentados en todo el mundo en el trópico ocurren en promontorios arrecifales, y/o en la extensión hacia el lado del mar de arrecifes cercanos al agua profunda. Es posible usar esta metodología para predecir la ubicación de los sitios de desove en lugares en los cuales no se han documentado dichos sitios. Posteriormente, las predicciones deben ser verificadas por buzos durante la fase lunar apropiada de la estación reproductora.

En resumen, en general es necesario usar una combinación de herramientas para localizar las agregaciones reproductivas. Por lo general, los investigadores necesitarán incluir el conocimiento de los pescadores acerca de los sitios de desove tradicionales, estudios publicados y “literatura gris”, cartas náuticas, fotos y reconocimientos aéreos e imágenes de satélite. Después de que se han ubicado las agregaciones reproductivas, éstas pueden ser monitoreadas utilizando técnicas que se detallan en las secciones siguientes de este manual –

evaluaciones visuales submarinas, monitoreos dependientes de la pesquería (capturas por unidad de esfuerzo), marcación de peces, muestreo biológico y estudios de oceanografía de superficie.

## 5. Especies seleccionadas como objeto de conservación y su estacionalidad

Estudios detallados de las agregaciones reproductivas en Gladden Spit y en el Atolón del Arrecife del Faro en Belice revelan un modelo estacional de utilización del sitio de desove por varias especies de peces arrecifales. Estos mismos modelos son consistentes con las Bahamas, Cuba, las Islas Caimán, México y Florida. Investigación adicional puede mostrar que esto constituye un modelo más general en los sitios de desove en toda la región. El protocolo de monitoreo se diseña para identificar y reconocer *todas* las especies que forman agregaciones reproductivas transitorias en un sitio dado a lo largo del año. Se enfoca principalmente en las especies de meros y pargos de mayor importancia comercial y en segundo lugar en otras especies.

Para los meros y los pargos del arrecife mesoamericano el modelo es el siguiente: diciembre-marzo: mero batata (*Epinephelus striatus*), abadejo (*Mycteroperca bonaci*), mero (*M. venenosa*) y mero colorado (*E. guttatus*); y marzo-junio rabirrubia (*Ocyurus chrysurus*), pargo criollo (*Lutjanus analis*), pargo cubera (*L. cyanopterus*) y pargo colorado (*L. jocu*) (cuadro 1). Normalmente, estas agregaciones se forman y persisten por un período de alrededor de dos semanas en el mes de desove, pero esto varía según la especie. Todas estas especies parecen agregarse para desovar durante 5 a 10 días en sus estaciones de desove respectivas después de la luna llena, aunque el momento preciso depende de la especie (cuadro 2). Estos modelos de desove pueden servir de guía y parecen ser similares en toda la región del Caribe, pero se debe verificar el momento en cada lugar.

**Cuadro 1: Meses de desove comunes para algunos meros y pargos.** El número de x indica la abundancia relativa para la especie en particular, de modo que xxx indica el apogeo de abundancia.

Nombre de la especie	Nombre común	Enero	Feb	Mar	Abr	Mayo	Junio	Julio	Ag	Sep	Oct	Nov	Dec
<i>Epinephelus striatus</i>	Mero batata	xxx	xx	x								x	xx
<i>Mycteroperca bonaci</i>	Abadejo		xx	xxx	xxx	x							
<i>Mycteroperca venenosa</i>	Mero payaso		x	xxx	xxx	xx	x						
<i>Lutjanus jocu</i>	Pargo colorado	x	x	xx	xxx	xxx	xxx	xx	x	x	x	x	x
<i>Lutjanus cyanopterus</i>	Pargo cubera			xx	xxx	xxx	xx	x	x	xx	xx		
<i>Lutjanus analis</i>	Pargo criollo			xx	xxx	xxx	xx	x					

**Cuadro 2: Período de desove común durante el mes lunar para varias especies.** El número indica el número de días después de la luna llena. Se supone que la luna llena (ll) es el día 0, y el número de días después de la luna llena se indica a la derecha. La figura indica, por ejemplo, que las especies *Mycteroperca* desovan más tarde en el mes lunar que las otras especies.

Nombre de la especie	Nombre común	0 ll	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14 ln	15
<i>Epinephelus striatus</i>	Mero batata				X	X	X	X	X	X	X						
<i>Mycteroperca bonaci</i>	Abadejo									X	X	X	X	X	X	X	
<i>Mycteroperca venenosa</i>	Mero payaso										X	X	X	X	X	X	
<i>Lutjanus jocu</i>	Pargo colorado			X	X	X	X										
<i>Lutjanus cyanopterus</i>	Pargo cubera					X	X	X	X	X	X						
<i>Lutjanus analis</i>	Pargo criollo					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		

En el mero batata, el mejor estudiado en la región, el desove ocurre generalmente sólo durante un período de uno a tres días durante dos a cuatro meses consecutivos, de manera que el total del desove anual para la población ocurre en un marco limitado de tiempo y espacio. Se ha documentado que varias especies se agregan para desovar en la misma época y en los mismos sitios que el mero batata, lo cual nos ha llevado a describirlos como sitios de desove de “múltiples especies”. Durante el monitoreo, deben registrarse los datos sobre todas las agregaciones reproductivas transitorias.

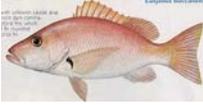
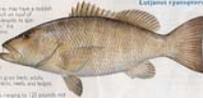
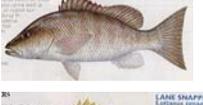
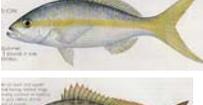
Cada mes, cada especie tiende a aumentar en números hasta alcanzar su apogeo, hasta que ocurre el desove, generalmente durante varias noches consecutivas. Normalmente, los peces se dispersan inmediatamente después del desove ya que el mes lunar concluyó.

Normalmente, los peces manifiestan variaciones geográficas, interanuales y lunares en las épocas de las agregaciones reproductivas. Es importante considerar estas variaciones en el diseño del programa de monitoreo. Las agregaciones se forman en meses consecutivos por lo menos durante dos meses y la abundancia de peces alcanza su apogeo durante un mes de la temporada de desove. Aunque surgen algunos modelos consistentes, son comunes las variaciones interanuales en un sitio, cambiando la época pico de desove por un mes más o menos. También pueden ocurrir cambios geográficos en las épocas de desove pico para especies individuales de acuerdo a las condiciones ambientales, tales como la temperatura del agua. Será necesaria una documentación cuidadosa en muchos sitios a fin de distinguir estas diferencias regionales.

Un programa óptimo de monitoreo y manejo debe incluir observaciones iniciales durante todos los meses del año, con especial atención en el período entre diciembre y junio de cada año. Sin embargo, en los casos en los que se cuenta con recursos limitados, se sugiere que se escojan la luna pico de los meros (enero) y la luna pico de los pargos (abril-mayo) como las dos épocas en las cuales los sitios se monitorean completamente, si es posible por 30 días consecutivos, a fin de documentar con exactitud la concentración de la agregación reproductiva de cada especie y su posterior dispersión. Los datos recolectados en cualquier otra época también pueden ser útiles para definir estos modelos. La frecuencia y la duración

del monitoreo, así como también las especies que deben ser monitoreadas, dependen de los objetivos y los recursos de la autoridad administrativa.

**Cuadro 3: Cuadro de identificación de especies de peces**

	Belice/Inglés	Guatemala	Honduras	Garifuna	Creole
	<b>Lutjanus buccanella</b>				
	Blackfin snapper	Calau/Colorado	Cubera aleta negra	Jiyaba fanatii	Black fin snapper
	<b>Lutjanus cyanopterus</b>				
	Cubera snapper	Cubera	Cubera	Jiyau auiriti	Black snapper
	<b>Lutjanus jocu</b>				
	Dog snapper	Pargo colorado	Pargo colorado	Galalp	Dog teeth
	<b>Lutjanus griseus</b>				
	Gray snapper	Cubera sacatal	Cubera de mangle		Black snapper
	<b>Lutjanus synagris</b>				
	Lane snapper	Calau	Galale	Galali	Silk snapper
	<b>Ocyurus chrysurus</b>				
	Yellowtail snapper	Xalatil	Yalatel	Galali	Yelatil
	<b>Lutjanus analis</b>				
	Mutton snapper	Pargo criollo	Botisnapa		Mutton snapper
	<b>Lutjanus campechanus</b>				
	Red snapper	Cubera	Corruncha ojo rojo	Gagubanagai	Deep water silk
	<b>Mycteroperca bonaci</b>				
	Black grouper	Mero	Abadejo	Waga'nut	Rockfish
	<b>Epinephelus itajara</b>				
	Jewfish	Yerno/Wasa	Yerno/Wasa	Inegii	Jewfish
	<b>Epinephelus striatus</b>				
	Nassau grouper	Wasa	Grupamanchada		Groupa
	<b>Epinephelus morio</b>				
	Red grouper	Mero	Grupa roja		
	<b>Mycteroperca venenosa</b>				
	Yellowfin grouper	Mero	Payaso		Yellow wing

	Belice/Inglés	Guatemala	Honduras	Garifuna	Creole
	<b><i>Mycteroperca tigris</i></b>				
	Tiger grouper	Mero	Mero tigre		Fringy tail
	<b><i>Epinephelus fulvus</i></b>				
	Coney	Mero de arrecife de pantiel	Mero mantequilla		Butterfish
	<b><i>Epinephelus guttatus</i></b>				
	Red hind	Mero	Quimijay		Jimmy hind
	<b><i>Caranx hippos</i></b>				
	Crevale jack	Jurel	Jurel	Yawariga	Crebally
	<b><i>Caranx ruber</i></b>				
	Bar jack	Jurel bajo el arrecife			
	<b><i>Caranx crysos</i></b>				
	Blue runner	Quinoa	Cabo de año	Güllagaii	
	<b><i>Seriola fasciata</i></b>				
	Amberjack	Jurel ojudo	Cabo de año grande	Güllilayúai	
	<b><i>Trachinotus falcatus</i></b>				
	Permit	Pampano	Palometa	Jauarawiia	Pompus jack
	<b><i>Haemulon album</i></b>				
	White Margate				Margaret fish
	<b><i>Anisotremus surinamensis</i></b>				
	Black Margate				Margaret fish
	<b><i>Lachnolaimus maximus</i></b>				
	Hogfish	Boquinete			Hog snapper

## 6. Indicadores de desove

La documentación de una agregación reproductiva requiere que el observador pueda primero distinguirla de una agregación de alimentación o de un cardumen. Por ejemplo, los peces que se agregan en cantidades inusualmente grandes en relación con períodos “normales” que no son de desove pueden servir como una evidencia indirecta de una formación de agregación reproductiva. El reconocimiento de este aumento requiere que el observador tenga una idea de cuál es la abundancia “normal” en el sitio para hacer esta evaluación. (Si no hay datos de base disponibles, entonces es deseable monitorear el sitio por lo menos durante un período de 30 días a fin de conservar y documentar cambios potenciales en la abundancia). Además del aumento en la abundancia, a menudo las agregaciones reproductivas se asocian con modelos de conducta y cambios de color específicos de las especies que indican períodos reproductivos (figura 1, recuadros superiores). Estos cambios pueden incluir conductas a veces irregulares de los cardúmenes, mordidas, persecución y cambios de color específicos a las especies (y a veces al sexo). Por ejemplo, a menudo el mero batata exhibe cuatro modelos de color diferentes durante la época de desove (Colin, 1992). Los boquinetes machos (*Lachnolaimus maximus*) guardan su territorio en el sustrato de fondo duro y atraen harenes de hembras. Otros peces, como los gallos aplomados (*Canthidermis sufflamen*) crean sus nidos en parcelas arenosas y limpias en el fondo del mar y las cuidan enérgicamente. El observador agudo puede registrar una amplia variedad de comportamientos de desove y adaptaciones reproductivas.

Para la mayoría de los reproductores transitorios, el cortejo y las actividades de desove comienzan al atardecer (alrededor de 45 a 30 minutos antes de la puesta del sol) y a menudo alcanzan su momento pico cerca de la puesta del sol. Para otros, el desove puede ocurrir a mediodía, durante la noche o cerca de la salida del sol. Aunque se han documentado las conductas de desove de muchas especies, observaciones cercanas y documentación en video y en fotografía de las conductas de desove pueden proporcionar detalles adicionales de estos acontecimientos raramente presenciados. Se deben describir cuidadosamente las observaciones del desove en las hojas de recolección de datos, a fin de verificar la función de la agregación, es decir, para desovar y no para alimentarse. En particular, la liberación de gameto (figura 1, recuadros inferiores) proporciona la mayor evidencia incontrovertible que el desove ha ocurrido.

Figura 1: Coloraciones y eventos de desove observados



## 7. Personal de monitoreo y equipo

Cuando están en el campo, los grupos de monitoreo pueden recolectar una variedad de datos útiles, pero para hacerlo se requiere usar el tiempo disponible cuidadosa y eficientemente. Es particularmente importante la eficiencia del monitoreo, debido a que el costo y la logística de realizar los censos de monitoreo es considerable.

Muy probablemente, los grupos de monitoreo variarán por diversas razones. Para cada censo de monitoreo, y para cada conjunto específico de datos, se debe elegir una persona líder a fin de asegurar una recolección de datos completa y eficiente. A continuación se provee un esquema recomendado de los componentes de personal y equipo necesarios para lograr el monitoreo más eficiente posible. Para aumentar la probabilidad de éxito en el campo, se recomienda sumamente que los pescadores, en particular aquéllos que tienen experiencia de pesca en las agregaciones, sean involucrados en cada aspecto de la recolección de datos.

### Grupo recomendado para el monitoreo de agregaciones:

- Líder del grupo (biólogo)
- Capitán de la lancha/personas encargadas de la marcación de peces/CPUE
- Asistente de la lancha/ personas encargadas de la marcación de peces /CPUE
- Camarógrafo
- 3 buzos: que también pueden filmar o contar y realizar el marcado y la CPUE en la superficie

### Listado de equipo general:

- Lancha y motor (o preferentemente dos) con gasolina, una sonda de profundidad, un sistema GPS, una radio VHF, bengalas, un ancla de arrecife y una cuerda larga
- Equipo completo para 4 buzos: máscaras, aletas, snorkel, chaleco compensador (BC), regulador, pesas y cinturones, reloj, manómetro, profundímetro y brújula de buceo
- Se recomienda sumamente computadoras de buceo para cada buzo
- Equipo de seguridad de buceo, que incluye bandera de buceo, dispositivos de seguridad (*safety sausages*), silbatos, linterna de buceo o luz estroboscópica.
- Equipo DAN de oxígeno
- Seguro DAN para todos los buzos
- Por lo menos una persona del grupo está capacitada en resucitación cardiopulmonar (CPR)
- Alimentos y equipo para acampar (o un lugar en el cual poder quedarse)
- Ropa de lluvia para todos los participantes
- Equipo para medir la CPUE (balanzas/regla) y hojas de datos
- Mapas del sitio con coordenadas GPS y fotos aéreas, si es posible todo laminado
- Cinta métrica submarina o cuerda marcada
- Equipo de marcación y marcas, hojas de datos
- Boyas a la deriva para medir las corrientes marinas
- Cámara de video digital submarina, videos y pilas

- Cámara fotográfica tanto para uso en la superficie como submarino
- Cánula, platinas para el microscopio o un trozo de vidrio
- Lupa o pieza ocular 10X

## 8. Mapeo del sitio

Un buen mapa de base del sitio de agregaciones reproductivas es una herramienta valiosa para el monitoreo, la difusión y el manejo. Hay varias técnicas disponibles para hacer estos mapas, como se describe a continuación. Se debe desarrollar un mapa para cada sitio en el cual se realizará un monitoreo detallado. Un buen mapa tendrá buenas referencias geográficas, incluidas escalas exactas, proporcionará una indicación precisa de la geomorfología y mostrará la ubicación de las agregaciones de varias especies. Cada mapa debe tener un apéndice con la descripción del sitio que provea contexto geográfico y descripciones detalladas de la cobertura biológica y de los atributos físicos del sitio. No importa qué método se use, los límites de la agregación deben estar claramente definidos y las áreas medidas lo más exactamente posible, puesto que estas medidas se usarán en el cálculo de las densidades de peces y en la evaluación de cambios futuros de la agregación.

### Ejemplo de técnicas de mapeo:

#### Cuerda con plomada – Mapeo submarino

Quizás el método más simple y confiable implica el uso de una cuerda metrada con plomada a fin de medir (y mapear) los límites de la agregación bajo el agua. Una vez que se ubicaron los límites de la agregación, la cuerda metrada con plomada se puede extender a lo largo de los límites de la agregación, y se registran las medidas en papel submarino. Se puede tomar la lectura de la brújula a lo largo de la cuerda con plomada (en grados) para ayudar a definir la forma de la agregación y después calcular su área. Para comodidad en la medida de los límites y facilidad para calcular las áreas de las agregaciones, es mejor usar límites de líneas rectas cuando sea posible y hacer que toda el área de la agregación se corresponda con una figura geométrica simple, por ej., cuadrado, triángulo o una combinación de figuras. Se pueden crear los mapas sobre papel de gráfico y usarlo para calcular las áreas.

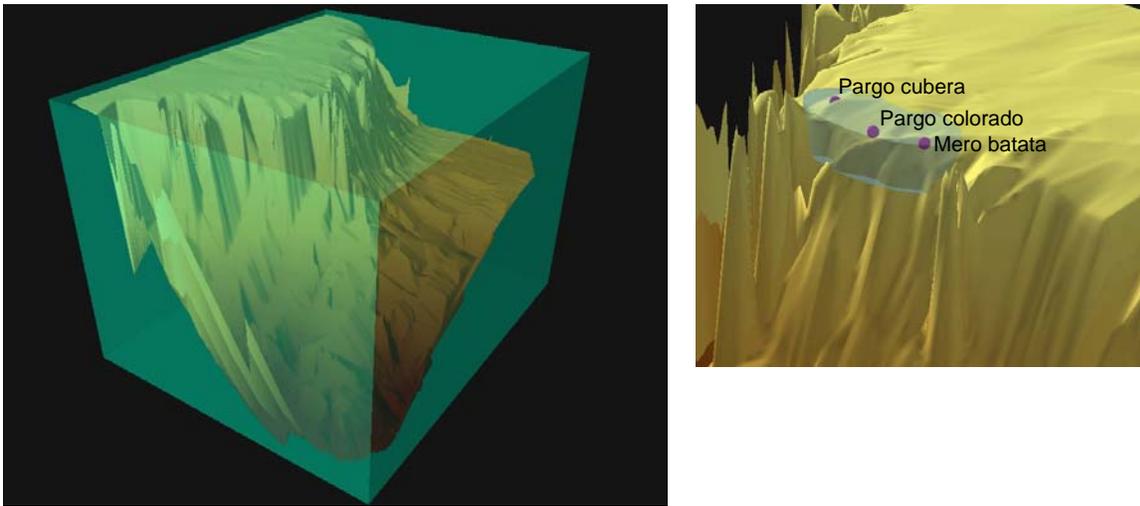
#### Mapeo con flotadores y un GPS

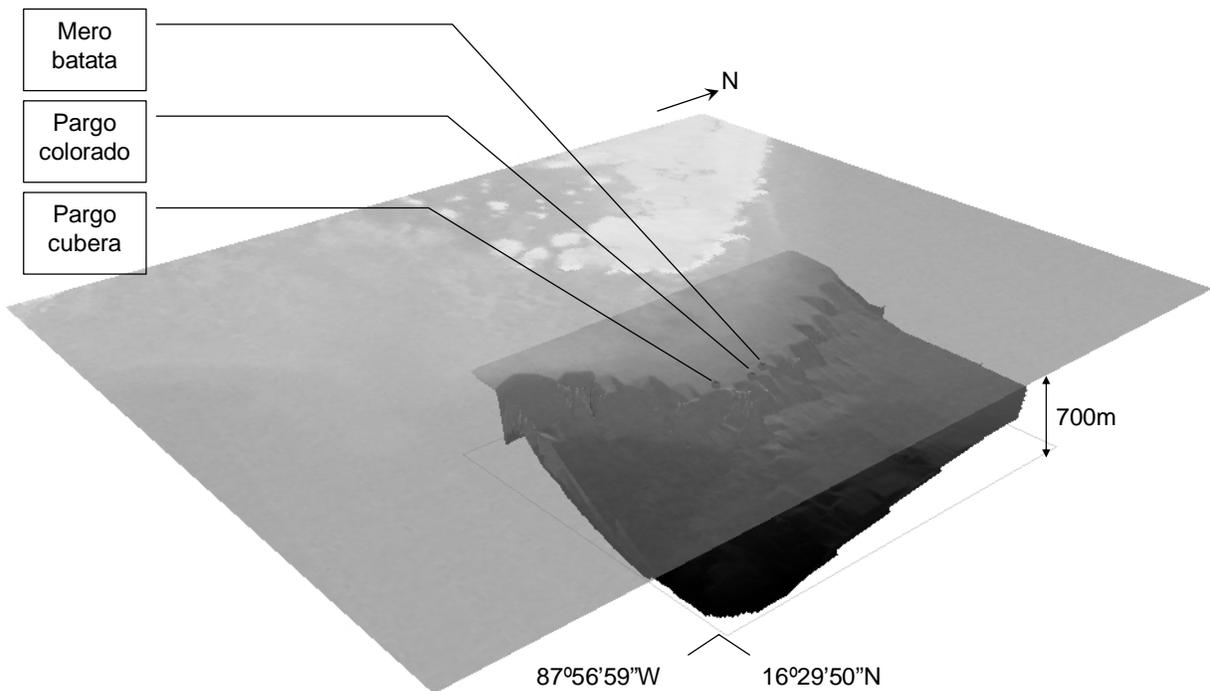
Las agregaciones también pueden ser mapeadas desde una lancha con un GPS de mano. Los buzos que se encuentran bajo el agua pueden comunicar la ubicación de la agregación a la superficie. Como antes, los buzos nadan alrededor del perímetro del sitio de desove, enviando una cuerda flotante a la superficie desde los puntos más importantes a lo largo del límite de la agregación. Luego se toman las coordenadas y las direcciones GPS desde la lancha y se obtienen las distancias entre puntos usando la función “Go To” (por ej., desde Punto 1 hasta Punto 2, Punto 2 hasta Punto 3, etc.) en el receptor GPS. Se pueden tomar las marcaciones de la brújula entre puntos para obtener los ángulos entre los límites a fin de determinar la forma de la agregación. Después de que se establecieron los límites y se obtuvieron los ángulos, se puede calcular el área a partir de ecuaciones geométricas básicas. Se pueden crear fácilmente los mapas y los cálculos de las áreas usando software GIS, como ARCGIS.

### Censos batimétricos adaptativos (*Adaptive Bathymetric Surveys – ABS*)

La técnica de censos batimétricos adaptativos (ABS) se desarrolló recientemente a fin de proporcionarle a los directores de recursos una manera relativamente rápida y barata para desarrollar mapas tridimensionales georreferenciados, detallados, de los sitios de las agregaciones reproductivas. Una descripción completa de las técnicas y sus aplicaciones está disponible en otro lugar ([www.nature.org](http://www.nature.org)). A continuación se proveen ejemplos de mapas creados con esta técnica (figura 2).

**Figura 2: Vistas de mapas de censos batimétricos adaptativos (ABS).** Se muestra el sitio de agregaciones reproductivas de Gladden Spit desde varios ángulos, indicando la ubicación de tres de las varias especies que desovan allí.





Area arrecifal: 768 Hectáreas

### **Ejemplo de descripciones del sitio:**

#### Ejemplo: Descripción del contexto geográfico

“El arrecife Glover es un atolón rectangular alargado de aproximadamente 32 km de largo y 12 km de ancho con un área de 260 km<sup>2</sup>. Está rodeado de un arrecife de aproximadamente 400-700 m de ancho, con el lado de barlovento mejor desarrollado que el lado de sotavento. Hay tres canales principales en el atolón: uno en el rincón noreste del atolón, otro en el sur y otro entre el Cayo Northeast y el Cayo Long. En el lado del mar del arrecife periférico, el frente arrecifal descende gradualmente hasta la caída. El frente arrecifal tiene cerca de 400 m a 1,5 km de ancho y el borde de la caída está situado a una profundidad variable entre 15 y 45 m, cuanto más al norte tanto más profundo está el borde. Hay un sistema de espolón y surco que corre perpendicularmente al frente arrecifal en los lados norte y este del atolón a barlovento. La caída es empinada, o vertical, hasta una profundidad de cerca de 1000 m en el lado barlovento y 500 m en el lado sotavento del atolón. En algunas áreas hay una serie de salientes o terrazas que ocurren en varias profundidades de la bajada” (de Sala y Ballesteros, 2001).

### Ejemplo: Descripción detallada del sitio de desove

“El sitio de desove, ubicado aproximadamente a 300 m de la cresta arrecifal y afuera de un canal grande, fue ubicado en un sistema de espolón y surco a 25-30 m de profundidad, en la parte noreste del arrecife Glover, a la salida de uno de los canales principales del atolón. Las crestas coralinas son más altas y más escabrosas que en cualquier otra parte del arrecife Glover, con más grietas, más salientes y más refugios para los meros. Hay ocho crestas de coral principales y nueve canales de arena dentro del sitio de desove. Bajo las crestas coralinas hay un fondo plano (el borde de la plataforma) cubierto por corales con unos pocos parches arenosos, hasta 45 m de profundidad. La pendiente de esta área es bastante suave, pero después de los 45 m es más escarpada, bajando a 70 m, punto en el cual la pared arrecifal cae de manera completamente vertical hasta los 1000 m. El sitio de desove se limita a una superficie de aproximadamente una hectárea” (de Sala y Ballesteros, 2001).

## **9. Protocolo de censo visual submarino**

Estimar de manera precisa el número y el tamaño de los peces dentro de una agregación es considerada la técnica de monitoreo más importante y a veces más difícil en este manual. En general, estas aptitudes se adquieren mediante la capacitación de buzos con experiencia en los censos visuales submarinos. Las agregaciones varían naturalmente por especies en abundancia, densidad, área, tamaño individual y conducta. Por ejemplo, especies tales como el boquinete (*Lachnolaimus maximus*) o los peces cofre (*Lactophrys triqueter*) pueden formar agregaciones de decenas de peces en un área pequeña cerca del sustrato a las cuales es fácil llegar, identificar y describir. Otras, tales como los jureles, pueden formar agregaciones errantes grandes (hasta varios cientos de individuos) en la columna de agua. A menudo, estos cardúmenes se mezclan con otras especies y están en constante movimiento. Por otra parte, los meros por lo general desconfían de los buzos, con agregaciones extendidas sobre áreas considerables a lo largo del fondo en aguas relativamente profundas. Así, la manera de medir la abundancia, el tamaño de los individuos y la conducta también varía. Por estas razones, se recomienda sumamente la capacitación en los censos visuales submarinos antes de intentar monitorear las agregaciones. En el apéndice 2 (p. 55) de este documento se suministra una breve sección de capacitación.

Muchas agregaciones son muy fieles a un sitio y ocurren en el mismo lugar cada año. Por lo tanto, los mapas de los sitios descritos anteriormente servirán como base para ubicar y re-ubicar agregaciones. Sin embargo, informes anecdóticos de pescadores sugieren que algunas agregaciones pueden cambiar su sitio tradicional después de sufrir una fuerte presión pesquera o la molestia de los buzos. Los buzos deben tener una mirada aguda y estar listos para reconocer y documentar cualquier fenómeno nuevo, incluido los cambios en las épocas y los lugares de las agregaciones diaria, mensual y anualmente.

### **Objetivos del censo visual**

- Cuantificar el número y la longitud de los peces (por especies), el momento y las ubicaciones de las agregaciones reproductivas de múltiples especies de peces arrecifales.
- Describir las conductas de cortejo y de desove.

- Describir, monitorear y mapear con exactitud las características biológicas y físicas del sitio de desove, incluidas la geomorfología, la cobertura y la estructura bénticas, los vientos, la dirección y la velocidad de la corriente, la altura y la dirección de las olas, la temperatura del aire y del agua, la salinidad, otras medidas físicas.
- Evaluar los cambios en los modelos de uso del sitio, tales como cambios en el área horizontal o vertical de la(s) agregación(es), la densidad de la agregación o cambios en el uso que cada sexo hace del espacio.

**Lista general de equipo:**

- Hojas de recolección de datos
- Pizarras plásticas
- Lápices de uso submarino
- Equipo de buceo
- Cámara de video y estuche sumergible
- Cámara fotográfica y estuche sumergible
- Un sistema GPS
- Boyas a la deriva para medir las corrientes marinas

**Metodología**

**1. Medidas físicas en el sitio de desove**

- Registrar la ubicación del sitio de desove. Las posiciones estimadas de la mayoría de los sitios de desove se adquieren durante la fase de recolección de información que puede incluir información anecdótica de los pescadores, censos preliminares, materiales georreferenciados, etc. Cuando las agregaciones se han localizado bajo el agua, se deben registrar los nuevos puntos GPS utilizando las coordenadas UTM.
- Evaluar las condiciones de superficie en el sitio incluidas la dirección y la velocidad del viento y la altura de las olas. Se deben documentar la velocidad y la dirección de las corrientes predominantes en la superficie y en la profundidad, así como los métodos usados para determinar estos valores.



## 2. Censos de buceo:

**a. Cuándo contar:** De ser posible, el personal debe llevar a cabo 2 inmersiones por día en los sitios de desove y utilizar las técnicas de estimación visuales descritas a continuación para estimar los números y los tamaños de todos los peces agregados. Es importante que todos los miembros del equipo sincronicen sus relojes para que todas las observaciones se relacionen al mismo datum de tiempo.

Por lo menos se debe llevar a cabo una inmersión entre las 1500 y las 1600 horas a fin de cuantificar las agregaciones reproductivas. Se usarán estas inmersiones en las tardes para comparar la abundancia con censos subsiguientes. Si un equipo inspecciona cuantitativamente más de un sitio, se pueden realizar dos inmersiones al mediodía.

Si es posible, también se debe realizar otra inmersión entre 60 y 30 minutos antes de la puesta del sol, para observar las conductas de cortejo y de desove y el posible desove. Debido a que muchos peces se elevan en la columna de agua en preparación para el desove, probablemente lo mejor es cuantificar las agregaciones al atardecer. En última instancia, la hora y la cantidad de inmersiones queda a discreción del líder del equipo y del capitán de la lancha. Sin embargo, una vez que se establecen las horas y los lugares de las inmersiones, se deben realizar los mayores esfuerzos para bucear sistemáticamente a las mismas horas y en los mismos lugares dentro de los períodos del censo y entre ellos, debido a que los niveles de actividad y, por lo tanto, la abundancia pueden variar a lo largo del día. Las alternativas son: una inmersión por día (si es muy tormentoso) para recolectar datos o dos inmersiones que incluyan una inmersión a la puesta del sol específicamente para observar la conducta de los peces. Optimamente, deben asignarse tareas específicas a cada miembro del equipo para asegurar que se registran todos los parámetros (por ej., una persona registra los rangos de tamaño y las cantidades, una persona efectúa observaciones físicas, tales como profundidad, temperatura, dirección y velocidad de la corriente, una persona graba en video y observa el cortejo y los cambios en la coloración). Otra opción es que una persona puede concentrarse en una sola especie, mientras las otras observan especies diferentes. En algunas agregaciones de peces es necesario tener un buzo adicional para observar agregaciones de peces semipelágicas (a mitad del agua), tales como los jureles y la palometa.

**b. Estimación del área del sitio de agregaciones reproductivas y cálculo de la densidad:** Estimar el tamaño del área de agregación en metros cuadrados ( $m^2$ ). Se pueden usar varios métodos para estimar el área, como se describió en el capítulo 8 – Mapeo del sitio. Calcular la densidad de los peces utilizando el área de agregación estimada y los datos de abundancia.

Para medidas y censos repetidos en un área dada, se recomienda que se sujeten flotadores pequeños o piedras de colores al fondo y se los mantengan allí para indicar los límites de las agregaciones y los puntos de inicio y finalización de inmersiones anteriores y futuras. Esta técnica es apropiada para los meros, debido a que muchas especies son fieles a zonas en el fondo durante los períodos de agregación. Para los pargos y los jureles, que tienden a

vagar en sus agregaciones, se necesitarán varias inmersiones a fin de verificar el área más común de la agregación.

Se recomienda que los miembros del equipo de buceo preparen pizarras submarinas antes de la inmersión, haciendo columnas para los rangos de tamaño de los peces y especies de peces que el equipo espera observar. El uso de estos rangos le permite al investigador comparar las estimaciones de tamaño submarinas con los tamaños reales de peces recolectados de los datos de desembarque de peces.

Debido a diferencias en los tamaños de las agregaciones y sus formas, cada equipo debe diseñar un protocolo de monitoreo para que toda el área se cense sistemáticamente, sin contar dos veces ni omitir peces. En una sección recta a lo largo de la caída de un arrecife, un grupo de buzos que nadan de manera paralela al borde de la pared, cada uno contando y examinando una franja (transecto de franja) puede funcionar bien. Cuando una agregación está resguardada en un sistema de espolón y surco, se pueden enviar a los buzos a censar espolones diferentes de manera simultánea. Si los buzos están trabajando como equipo para contar los peces, se deben establecer de antemano los límites o profundidades del área cubierta por cada buzo a fin de prevenir conteos dobles, que lleven a una sobreestimación de la abundancia de la agregación.

**c. Grabación de video:** En la inmersión de la tarde antes de la puesta del sol se deben usar cámaras de video con estuches sumergibles para registrar las conductas de cortejo y de desove. Las grabaciones de video también se pueden usar para calibrar los conteos de abundancia en agregaciones sumamente abundantes o densas. Si hay disponibles dos buzos con cámaras de video, deben filmar la agregación desde perspectivas diferentes (por ej. desde lados opuestos) a fin de capturar variaciones en la forma de la agregación, que pueden influir en las estimaciones de la abundancia. Se utilizarán las observaciones y las grabaciones de video para describir la sucesión de acontecimientos que conducen al desove y se anotarán la coloración reproductiva, los cambios de color, las interacciones entre individuos y los modelos de cardumen. Estos datos son también importantes a fin de verificar que los peces están desovando, y no simplemente agregándose para otros propósitos. Si se utiliza grupos de buzos (por ej. pares de buzos), un buzo debe filmar mientras que el otro realiza observaciones visuales directas.

**d. Registro de datos:** Apenas finaliza la inmersión, todos los buzos deben trabajar juntos en equipo para registrar toda la información de la inmersión en la hoja de datos. Se debe discutir y registrar con todo detalle cualquier acontecimiento u observación fuera de lo común. Use tanto papel como sea necesario a fin de registrar las observaciones por escrito.

**e. Seguridad del buceo:** La seguridad de las inmersiones siempre debe tener prioridad. Para asegurar la seguridad de los buzos, utilice la hoja proporcionada de Registro de seguridad de inmersiones (Hoja de datos 2), para registrar las horas de entrada y salida, y las libras de aire usado en cada inmersión. Estos datos pueden ser muy útiles a fin de evitar la embolia gaseosa y los accidentes de buceo. En el caso improbable que estos accidentes ocurran, estos datos pueden ser útiles para el tratamiento. Cada equipo debe

tener un plan de evacuación acordado por anticipado, en el caso de una emergencia (por ej., la ubicación de la cámara de recompresión más cercana, posibles modos de transporte a la cámara, etc.). De suma importancia, todos los equipos deben estar equipados con equipos DAN de oxígeno. Las demoras en tratar la embolia gaseosa pueden resultar en parálisis permanente o muerte. En caso de accidente, el tratamiento de oxígeno debe comenzar inmediatamente. Además, todos los miembros deben tener seguro DAN para buceo, en caso de necesidad de evacuación. Por lo menos un miembro del equipo debe estar capacitado en resucitación cardiopulmonar (*CPR*).

## Registro de seguridad de inmersiones

<b>Ubicación:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Inmersión #:</b>		
<b>Capitán de la lancha:</b>				
<b>Maestre:</b>				
<b>EQUIPO DE BUZOS</b>	<b>Hora de entrada:</b>	<b>Libras a la entrada:</b>	<b>Hora de salida:</b>	<b>Libras a la salida:</b>
<b>Buzo Maestro:</b>				
<b>Principal recolector de datos:</b>				
<b>Camarógrafo</b>				
<b>Fotógrafo:</b>				
<b>Buzo 1:</b>				
<b>Buzo 2:</b>				
<b>Buzo 3:</b>				
<b>Buzo 4:</b>				

<b>Ubicación:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Inmersión #:</b>		
<b>Capitán de la lancha:</b>				
<b>Maestre:</b>				
<b>EQUIPO DE BUZOS</b>	<b>Hora de entrada:</b>	<b>Libras a la entrada:</b>	<b>Hora de salida:</b>	<b>Libras a la salida:</b>
<b>Buzo Maestro:</b>				
<b>Principal recolector de datos:</b>				
<b>Camarógrafo</b>				
<b>Fotógrafo:</b>				
<b>Buzo 1:</b>				
<b>Buzo 2:</b>				
<b>Buzo 3:</b>				
<b>Buzo 4:</b>				

<b>Ubicación:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Inmersión #:</b>		
<b>Capitán de la lancha:</b>				
<b>Maestre:</b>				
<b>EQUIPO DE BUZOS</b>	<b>Hora de entrada:</b>	<b>Libras a la entrada:</b>	<b>Hora de salida:</b>	<b>Libras a la salida:</b>
<b>Buzo Maestro:</b>				
<b>Principal recolector de datos:</b>				
<b>Camarógrafo</b>				
<b>Fotógrafo:</b>				
<b>Buzo 1:</b>				
<b>Buzo 2:</b>				
<b>Buzo 3:</b>				
<b>Buzo 4:</b>				

## 10. Medidas físicas en los sitios de desove

Debido a que las agregaciones reproductivas de varias especies ocurren estacionalmente, y están determinadas en el tiempo según varios ciclos lunares, es valioso establecer una línea de base del monitoreo físico de los sitios de agregaciones reproductivas. Si bien puede no ser posible al principio, con el tiempo el monitoreo de los sitios de agregaciones reproductivas debe incluir la recolección de datos físicos usando registradores de datos *in situ* que pueden ser amarrados al sitio y de los cuales se descarga la información a intervalos apropiados.

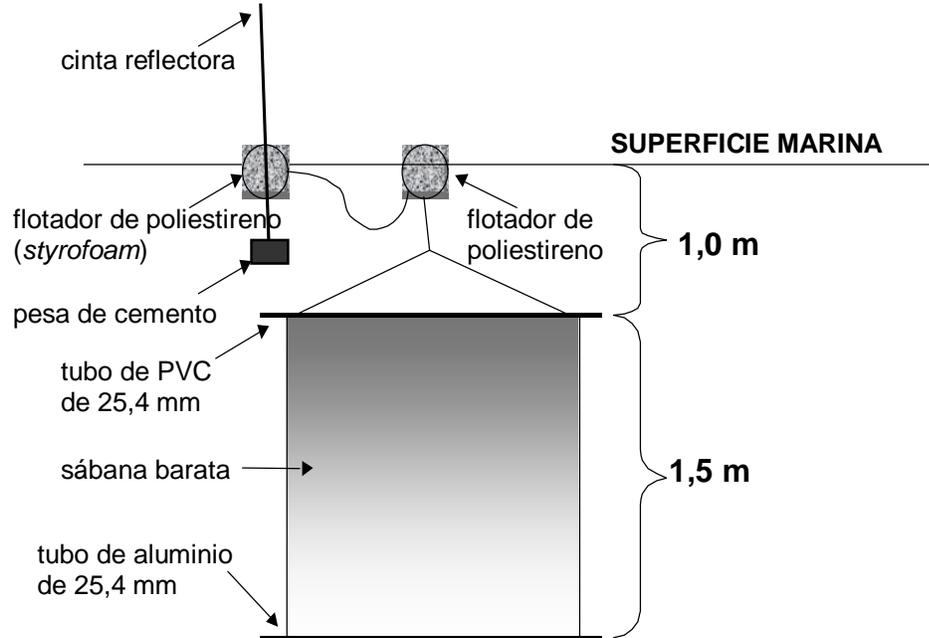
### Temperatura

Las medidas de temperatura en el sitio deben incluir temperatura del aire y de la superficie del agua y, en particular, la temperatura del agua en la profundidad del desove (agregación). Estas medidas son importantes debido a que se ha observado que el desove de ciertas especies (por ej. el mero batata) está relacionado con temperaturas específicas del agua. Por lo tanto, para algunas especies es posible predecir la formación potencial de agregaciones y de desove según el perfil de temperatura del agua. Se debe tomar la temperatura con un termómetro impermeable, que no tenga mercurio (preferentemente LED) que pueda registrar hasta 0,1 grados Celsius (°C). Como otra opción de mayor preferencia, se puede monitorear la temperatura submarina usando un registrador de temperatura *in situ* del tipo Hobo Temp, u otro tipo de sensor que registre la temperatura.

### Corrientes de superficie

Después de fertilizados, los huevos de peces de desovadores demersales (columna de agua) flotan hacia la superficie antes de su eclosión, que en general ocurre dentro de las primeras 24 horas después del desove. Por lo tanto, se puede usar la información sobre las corrientes de superficie para determinar la dirección inicial de la dispersión de los huevos y posiblemente de las larvas. Las direcciones comunes de las corrientes de superficie durante los períodos de desove pueden proporcionar mayor comprensión sobre la ecología de las especies de las agregaciones reproductivas. Las corrientes de superficie pueden medirse cuantitativamente con un GPS y con una boya a la deriva para medir las corrientes marinas (Figura 3).

**Figura 3: Diseño de una boya a la deriva para medir las corrientes marinas**



El protocolo es el siguiente: colocar la boya a la deriva en el agua en el sitio de desove. Permitir que la boya vaya a la deriva durante 5 minutos para superar la inercia. Registrar la ubicación inicial, de la manera más exacta posible, utilizando la función promedio en el GPS. A intervalos regulares de alrededor de 30 minutos, registrar la nueva ubicación de la boya y la hora. Para trazar la velocidad y la dirección de las corrientes de superficie se pueden usar las funciones de distancia y de orientación del GPS y la hoja de datos provistos a continuación. Los datos más útiles pueden ser proporcionados por corrientes de superficie en el momento del desove para evaluar la dispersión de los huevos y las larvas, particularmente durante las primeras 24 horas después del desove

### Mareas, vientos

Las mareas y los vientos también son factores importantes que afectan el destino de los huevos y su dispersión. Nuevamente, las tendencias comunes durante los períodos de desove pueden proveer indicaciones importantes para comprender la dinámica de las agregaciones reproductivas y la ecología de peces, así como las posibles áreas de asentamiento de las larvas, después que eclusieron. Generalmente, se pueden evaluar las mareas a partir de los mapas de marea locales. Se puede evaluar la dirección del viento con una brújula de mano.



## 11. Recolección de datos dependientes de la pesquería: Capturas por unidad de esfuerzo y su tamaño: Análisis de la frecuencia

### Antecedentes y objetivos

El propósito de esta sección es reunir información cuantitativa acerca de la pesquería y del desembarque. En esta sección ofrecemos dos técnicas, y ambas pueden realizarse en el momento y lugar donde los pescadores limpian y procesan el pescado. Usamos el método de capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) como un índice relativo del estado de la pesquería. Usamos datos de la historia de vida, tamaño, frecuencia y distribución con el fin de analizar el tamaño (y la edad probable), la estructura de la población y para reunir información sobre el tamaño (y la edad probable) de la madurez reproductiva para la especie. Estas son metodologías estándar dependientes de la pesquería, utilizadas para monitorear el estado y las tendencias en una población o pesquería a fin de ayudar a los directores que deben tomar decisiones de manejo adaptativo.

### Metodología

El mejor momento y lugar para recolectar datos de CPUE es en el sitio de desembarque de una pesquería en las agregaciones reproductivas, mientras que los pescadores están capturando, limpiando y procesando peces recién capturados. Si ninguna pesquería comercial explota el sitio de agregación reproductiva se puede reunir información sobre las capturas por unidad de esfuerzo mientras se marcan y se liberan los peces.

Para el análisis de la frecuencia de tamaño, registrar la siguiente información en la hoja de datos apropiada:

- Longitud furcal (medir la longitud desde el extremo de la mandíbula hasta la horquilla de la aleta caudal, redondeada al cm más cercano).
- Peso (registrar si está destripado o entero y registrar el peso, redondeado al gramo más cercano).
- Sexo: examinar las gónadas de manera macroscópica, de peces destripados o de submuestras de gónadas (ovarios y testes) después de la canulación (ver capítulo 13). Registrar el sexo del pez y su estado de madurez, es decir, inmaduras, de desarrollo temprano, desarrollo tardío, maduras y a punto de desovar o post-desove (Hoja de datos 4).
- Si se colabora con geneticistas o fisiólogos de peces, recolectar los tejidos biológicos necesarios siguiendo sus instrucciones con cuidado (otolitos, muestras de tejidos para genética). Registrar el número de muestra y etiquetar cuidadosamente las muestras con el sistema numérico requerido por el investigador.

Para el análisis CPUE, para cada lancha presente, registrar la siguiente información en la hoja de datos apropiada:

- Horas y/o número de días dedicados a la pesca (con fechas). Esto también se define como “tiempo de remojo” o el número real de horas de pesca, que para las trampas es cada hora que las trampas tienen carnada y están bajo agua, mientras que la pesca de línea incluye sólo las horas que se efectúa la pesca en el sitio.
- Cantidad de unidades de pesca, por ej., cantidad de trampas, líneas, etc.
- Tipo de equipo utilizado para la pesca (redes, líneas de mano, trampas, etc.)
- Gastos de pesca estimados por persona/día
- Número de peces capturados por pescador por unidad de tiempo

### **Equipo**

- Hojas de datos
- Tabla de medición de peces
- Balanza





## 12. Marcación de peces y recaptura

### Antecedentes

La marcación de peces se volvió una herramienta de investigación estándar en la biología de peces para estimar los tamaños de las poblaciones de peces, las rutas y la distancia de migración y para ayudar a estimar las tasas de crecimiento y el posible cambio de sexo en muchas especies. El componente de marcación y recaptura del programa de monitoreo de las agregaciones reproductivas encara principalmente el tema de la fidelidad al sitio de las especies de las agregaciones reproductivas y la distancia que migran para llegar a dichos sitios. Cada equipo de monitoreo de la agregación debe tener consigo marcas apropiadas y personal capacitado para el marcado. Al utilizar esta metodología, se pueden encarar preguntas de investigación importantes:

- ¿Cuán lejos migran los peces para desovar?
- ¿Vuelven los peces individuales al mismo sitio de desove mes tras mes y año tras año?
- ¿A qué hora del día o de la noche desovan los peces? (se determina según la condición de la gónada en el momento de la captura)
- ¿Cuándo, según el calendario lunar, se agregan los peces para reproducirse y cuándo se dispersan a continuación?

El protocolo es relativamente sencillo – los peces se capturan, se miden, se marcan usando marcas de dardo con número de identificación y se registran la ubicación y la fecha de marcación. Cuando un pescador captura un pez marcado, la marca (y si es posible, el pez) se debe devolver a la organización / encargado de la marcación / investigador (registrado en la marca) con la ubicación de la captura, la fecha y el tamaño del pez. Con la marca y la ubicación de la captura subsiguiente, el investigador puede determinar la distancia recorrida y el tiempo en libertad y, si se registra el largo con exactitud, la tasa de crecimiento del pez durante el período de marcado y recaptura. Incluso puede ser posible documentar el cambio de sexo en ciertas especies que cambian el sexo, como por ejemplo los meros.

**Figura 4: Marca de identificación convencional**



## Metodología

La captura de los peces se debe llevar a cabo en lanchas amarradas en los sitios de las agregaciones usando equipo de líneas de mano estándar. Si se desea, se pueden utilizar anzuelos circulares en lugar de los anzuelos comunes tipo “J” a fin de aumentar el “enganche del labio” y reducir la mortalidad. Deben manipularse los peces con toallas mojadas, con los ojos cubiertos para reducir el estrés. Deben ser medidos y pesados, marcados con marcas convencionales o acústicas y liberados. Se debe registrar el número de la marca, la hora y el lugar en el cual se los libera. En general, las marcas convencionales que se usan en este estudio son las de tipo “spaghetti” de fabricación Floy®, con puntas de dardo de nylon. Estas son particularmente apropiadas para las especies más grandes de meros y pargos. Para las especies más pequeñas, se pueden usar las marcas T, de Floy® (“anchor T-bar tags”). Otros fabricantes producen diseños de marcas similares. Además, si se dispone de fondos, se puede considerar la marcación acústica. Se ha comprobado que las marcas acústicas VEMCO® dan buen resultado en el monitoreo de los sitios de agregación en Belice. Estas marcas emiten una frecuencia específica con un sonido rítmico individual, predeterminado para cada marca. Las marcas acústicas se identifican usando receptores hidrófonos, tanto fijos como móviles. El receptor móvil VEMCO® se llama VR60, mientras que los receptores fijos son VR1 y VR2. Los receptores fijos están amarrados a lo largo del arrecife (en general en los sitios de agregaciones reproductivas), aproximadamente a 25 metros de profundidad, cerca del quiebre de la plataforma. Pueden recibir sonidos de peces marcados hasta una distancia de 500 metros. Las baterías y la capacidad de almacenaje de datos permiten que los instrumentos se mantengan en el lugar hasta 6 meses cada vez. Cada vez que un pez marcado acústicamente nada cerca del receptor, se registran la fecha y la hora de la visita en el instrumento. Los datos se bajan a una computadora PC de manera periódica, indicando la hora y la presencia del pez en el sitio. Esto permite que los investigadores puedan estudiar varias hipótesis sobre la fidelidad al sitio y los modelos de visita de los peces arrecifales en los sitios de agregación.

**Figura 5: Marcas acústicas y receptores**



Durante la captura, a menudo se suben los peces rápidamente desde profundidades de 30 – 40m y se producen barotraumas, en las cuales la vejiga natatoria se distiende debido al cambio rápido en la presión entre la profundidad de la captura y la superficie.

Por lo tanto, antes de liberar a los peces, se debe desinflar sus vejigas de aire. Para hacer esto, los encargados del monitoreo deben perforar las vejigas de aire pasando una aguja hipodérmica (por ej., de calibre 10) a través de la pared del cuerpo, cerca del extremo posterior de la aleta pectoral, cuando está extendida plana contra el cuerpo. Para evitar infecciones, se debe sumergir la aguja en alcohol cada vez que se le quita el aire a un pez. Puede ser que muchos pescadores ya tengan experiencia en quitar el aire, pero se recomienda encarecidamente el uso de agujas hipodérmicas para reducir el trauma del proceso de quitado de aire. Los peces toleran muy bien este procedimiento, especialmente la mayor parte de las especies de meros, según se comprobó en la recaptura de muchos especímenes a los que se les quitó el aire (Luckhurst, 1998; obs. pers.). Los pargos aparentan ser más sensibles a los efectos del trauma que los meros. Por lo tanto, el procedimiento completo, incluida la recolección de datos, debe llevarse a cabo con la mayor rapidez posible. Se recomienda sumamente que se involucren a pescadores locales con experiencia.

Se deben distribuir panfletos educacionales y de concientización a los pescadores en las vecindades de los sitios de agregación. Se debe distribuir información sobre los programas de marcación a nivel regional, para cubrir los casos de migraciones de larga distancia y recaptura. Por ejemplo, el mero batata puede migrar hasta 250 km para llegar a los sitios de desove. Los panfletos deben describir brevemente el programa de marcación y qué se debe hacer si se captura un pez marcado. Se debe ofrecer una pequeña recompensa a los pescadores que participen para alentarlos a dar parte de los peces capturados.

### **Resultados esperados**

Es probable que se capturen algunos peces en los sitios de agregación durante el período de marcación. Por ejemplo, los peces que se capturan entre 2 y 5 días después de la marcación proporcionan una indicación del tiempo de residencia en el sitio, mientras que los peces capturados en el sitio de agregación en los meses o años subsiguientes ayudan a confirmar la fidelidad al sitio. Si se recuperan peces alejados a grandes distancias, esta información ayudará a estimar la zona de “captura” y puede ser utilizada para promover la importancia regional del sitio de desove.

### **Distribución de los resultados**

En lo posible, debe publicarse la información recolectada en estos estudios en revistas científicas arbitradas, junto con otros datos sobre las agregaciones, para que esté al alcance de los investigadores. Además, es importante proporcionar retroalimentación a todos los participantes respecto a los resultados obtenidos. Debe reconocerse específicamente a los pescadores por sus contribuciones a estos programas.

### **Equipo**

- Líneas de pesca, pesas, anzuelos circulares

- Red y balde con cebo, con hielo
- Ancla de arrecife y suficiente cuerda
- Lancha y gasolina
- GPS
- Personas encargadas de la marcación de peces
- Marcas
- Hojas de datos
- Rotuladores
- Botella de alcohol
- Toalla
- Tabla para medir los peces
- Balanza de colgar
- Alicates de punta larga
- Cuchillo
- Equipo para muestreo biológico (muestras histológicas y/o genéticas)

### **Protocolo de marcado simplificado**

1. Capture los peces utilizando anzuelos circulares. Retire los peces del agua suavemente y cubra inmediatamente la cabeza y los ojos con una toalla mojada y quite el anzuelo de la boca del pez.
2. Mida la longitud furcal (redondeada al cm más cercano) y regístrela en la hoja de datos.
3. Registre el número de marca.
4. Lave el dispositivo de inserción de marcas y la punta de la marca en alcohol.
5. Introduzca la marca en el pez en el costado superior sobre la línea lateral con la lengüeta hacia abajo, de modo que se enganche detrás de una espina lateral. Quite el dispositivo de marcación y tire suavemente de la marca para verificar que está clavada de manera adecuada.
6. Desinfe al pez, si es necesario.
7. Complete la hoja de datos con la especie, fecha de marcación y liberación, nombre de la persona que hizo la marcación, condición del pez, tipo de liberación, ubicación y cualquier otro comentario relevante.



### 13. Recolección y evaluación de tejidos

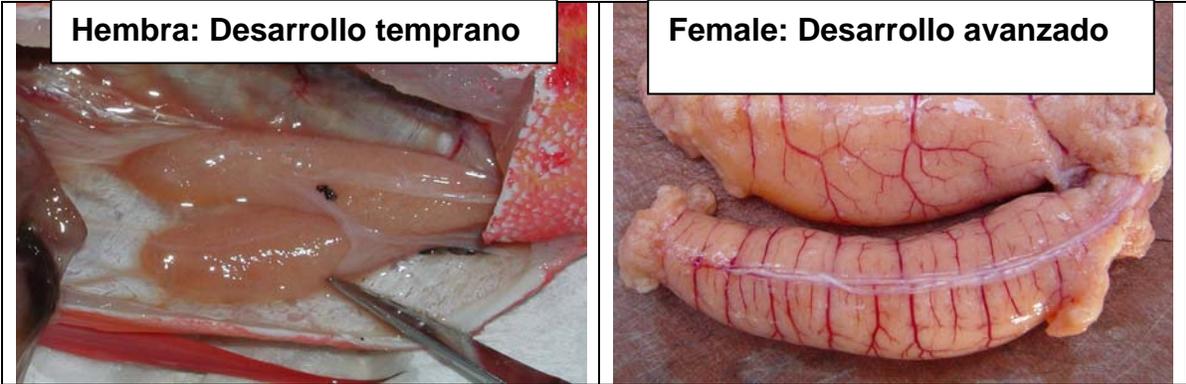
Las evaluaciones de monitoreo de las agregaciones reproductivas de peces arrecifales brindan los mayores beneficios cuando los protocolos incluyen la recolección y evaluación de tejidos, tales como ovarios y testes para evaluar la madurez reproductiva y el desove, esqueleto u otros tejidos para efectuar análisis genéticos y otolitos para evaluar la edad y el crecimiento. En general, los tejidos requieren un poco de cuidado en la manipulación, y las técnicas de extracción y preservación pueden requerir capacitación previa. Después de la recolección de la mayor parte de los tejidos (por ej., aquéllos para estudios genéticos), se conducen análisis detallados realizados por investigadores capacitados en instituciones académicas o gubernamentales. Sin embargo, para la determinación del sexo y de la madurez reproductiva, los encargados del monitoreo pueden recolectar y registrar fácilmente datos útiles usando técnicas de extracción simples y análisis de tejidos en el campo.

#### Recolección de tejidos para análisis macroscópico:

En el cuadro 4 se indican y definen las diferentes etapas del desarrollo sexual. La recolección de tejidos para el análisis macroscópico es relativamente simple y requiere poco equipo o equipo no especializado. La mayor parte de los tejidos puede ser extraída usando una cánula o con una ligera presión abdominal, en particular cuando se libera a los individuos, como por ejemplo, durante el protocolo de marcación y recaptura. Para la canulación, se introduce un tubo vinílico flexible (30-50 cm de largo) con una pequeña sonda (con un diámetro interior de 2 mm) o el tubo de tinta vacío de un bolígrafo en el gonoporo del pez aproximadamente 4-6 cm. Después de la inserción, se ejerce un ligero vacío en el tubo a fin de extraer los huevos o el espermatozoides en el tubo aspirando en el otro extremo. Luego, se quita el tubo del pez y se expulsa el contenido sobre una lámina de microscopio de vidrio para examinarlo con una pieza ocular 10X o incluso con una lupa. Si no, cuando se acerca el momento de desove, las hembras a menudo expulsan huevos y los machos espermatozoides cuando se aplica una presión ligera sobre el abdomen. Se puede registrar el sexo y la etapa de desarrollo en una columna en la hoja de datos junto a las medidas de peso y longitud, como en las hojas de datos de marcación de peces o de CPUE. A partir de esta simple evaluación, se pueden determinar parámetros de agregación, tales como las relaciones longitud-peso específicas a cada sexo, cambios temporales en la proporción de cada sexo en la agregación y posiblemente la selectividad de la pesquería. Por medio de las etapas de desarrollo del oocito, también se pueden determinar los momentos de desove. Es importante recordar que los huevos hidratados o las gónadas post-desove son métodos indirectos de determinación del desove.

Finalmente, para protocolos de marcación y recaptura que incluyen especies que pueden cambiar de sexo, estos métodos rápidos y fáciles –que requieren solamente el uso de una cánula y un lente de aumento– pueden proporcionar información sobre el modelo de desarrollo sexual de los peces maduros. Por ejemplo, se captura un mero y se marca como hembra en el primer año y luego se lo recaptura como macho. Esto proporciona evidencia sólida de que ocurrió una inversión de sexo desde que el pez fue marcado, es decir, protoginia o inversión de sexo de hembra a macho.

Figura 6: Fotografías de gónadas de pargos en las fases temprana y avanzada de desarrollo



**Cuadro 4: Evaluación macroscópica de las etapas de madurez usadas para el análisis del sexo.**

<b>Estado de madurez</b>	<b>Características visuales</b>
<b>Hembras</b>	
inmadura	Gónada pequeña y alargada, compacta, de color rosado o crema; no se perciben oocitos (huevos); no se la distingue de los machos inmaduros. Se deben registrar los individuos como inmaduros o inactivos.
madura (principios del desarrollo)	Gónada relativamente pequeña pero redondeada, de color grisáceo o naranja con paredes gonadales más gruesas; los huevos son pequeños (<0,4 mm) y difíciles de visualizar. No se la distingue de los machos inmaduros o en estado de desarrollo. Todavía no comenzó el desarrollo de la yema.
madura, activa (fines del desarrollo)	Gónada grande y de color grisáceo o naranja con paredes gonadales transparentes; los huevos, grandes y con yema, se tornan claramente visibles y muy apretados.
madura (que está desovando)	Gónada grande, transparente, huevos hidratados visibles a través de la pared; típico en individuos a punto de desovar. Es posible la liberación de los huevos aplicando una ligera presión sobre el abdomen.
post-desove (gastado)	Gónada flácida con vasos capilares de sangre obvios; se ven pocos huevos.
<b>Machos</b>	
inmaduro/inactivo (principios del desarrollo)	No se distingue de las hembras inmaduras (ver la descripción). Se deben registrar los individuos como inmaduros o inactivos.
maduro (principios del desarrollo)	Gónada se expande y se torna redonda y grande; apariencia grisácea; no se distingue a los individuos en etapas tempranas de maduración de las hembras en desarrollo hasta que el esperma se manifiesta en el conducto del esperma o pared gonadal.
madura, activa (que está desovando)	Gónada grande y de color blanco con esperma visible en los conductos o paredes; se libera el esperma aplicando una ligera presión sobre el abdomen.
post-desove (gastado)	Gónada flácida y ensangrentada (no redonda); todavía puede liberar esperma aplicando una ligera presión sobre el abdomen.

## 14. Procesamiento y análisis de datos

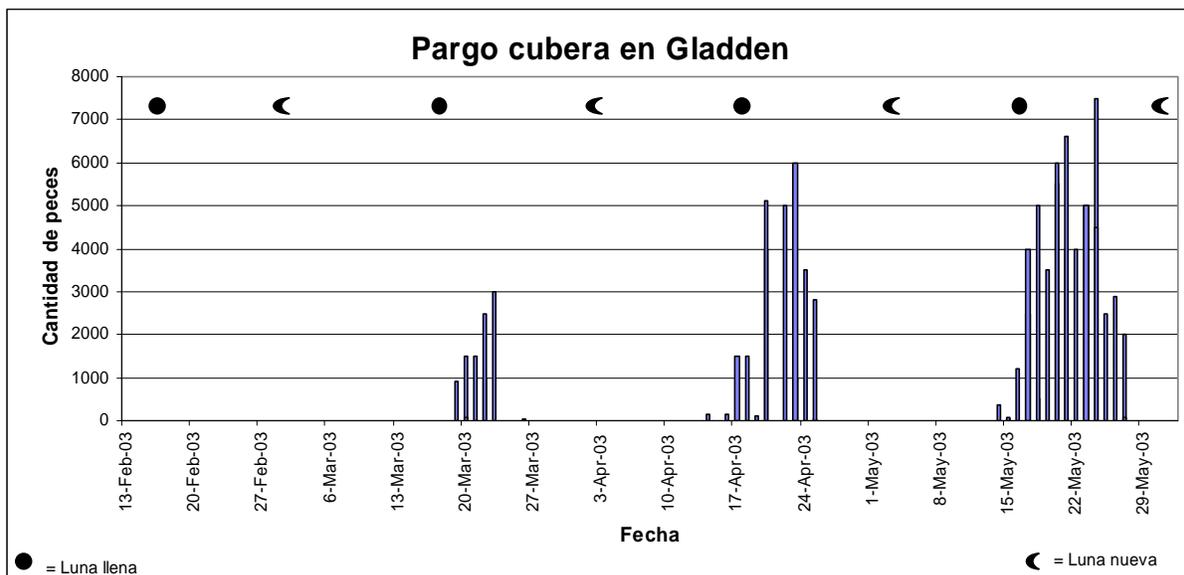
La información dependiente e independiente de la pesquería recolectada con el uso de este protocolo puede ser analizada y representada para el uso de los administradores de pesquerías. Es importante que los equipos de censo verifiquen cuidadosamente todas las hojas de datos no procesadas, y hagan copias de las hojas originales y las guarden en un lugar diferente. Cuando se considera el costo real de obtener esta información, rápidamente se hace claro que protegerla debe ser una prioridad. Varias organizaciones están desarrollando hojas de cálculo y bases de datos fáciles de usar que estarán disponibles a principios de 2003 con el fin de ayudar a analizar los datos recolectados usando este protocolo. Esta sección se ofrece como un conjunto breve de ejemplos de los tipos de análisis de datos que se pueden realizar pero debe ser considerada sólo como una introducción a un análisis de datos más completo según lo necesiten los directores.

### Datos del censo visual submarino:

Se utilizan estos datos para determinar los tamaños, las temporadas y el número de las diversas especies que usan los sitios de agregaciones reproductivas. Se las puede representar por especie en función de la hora/día lunar, y/o por las cantidades de las diversas especies en función del sitio. A continuación se presentan algunos ejemplos. Pueden ingresarse estos datos en una hoja de cálculo Excel o en una base de datos Access. Las comparaciones entre los sitios de las cantidades de diversas especies, el cambio en la abundancia por día y mes lunar, etc. permiten una evaluación sobre escalas espaciales y temporales.

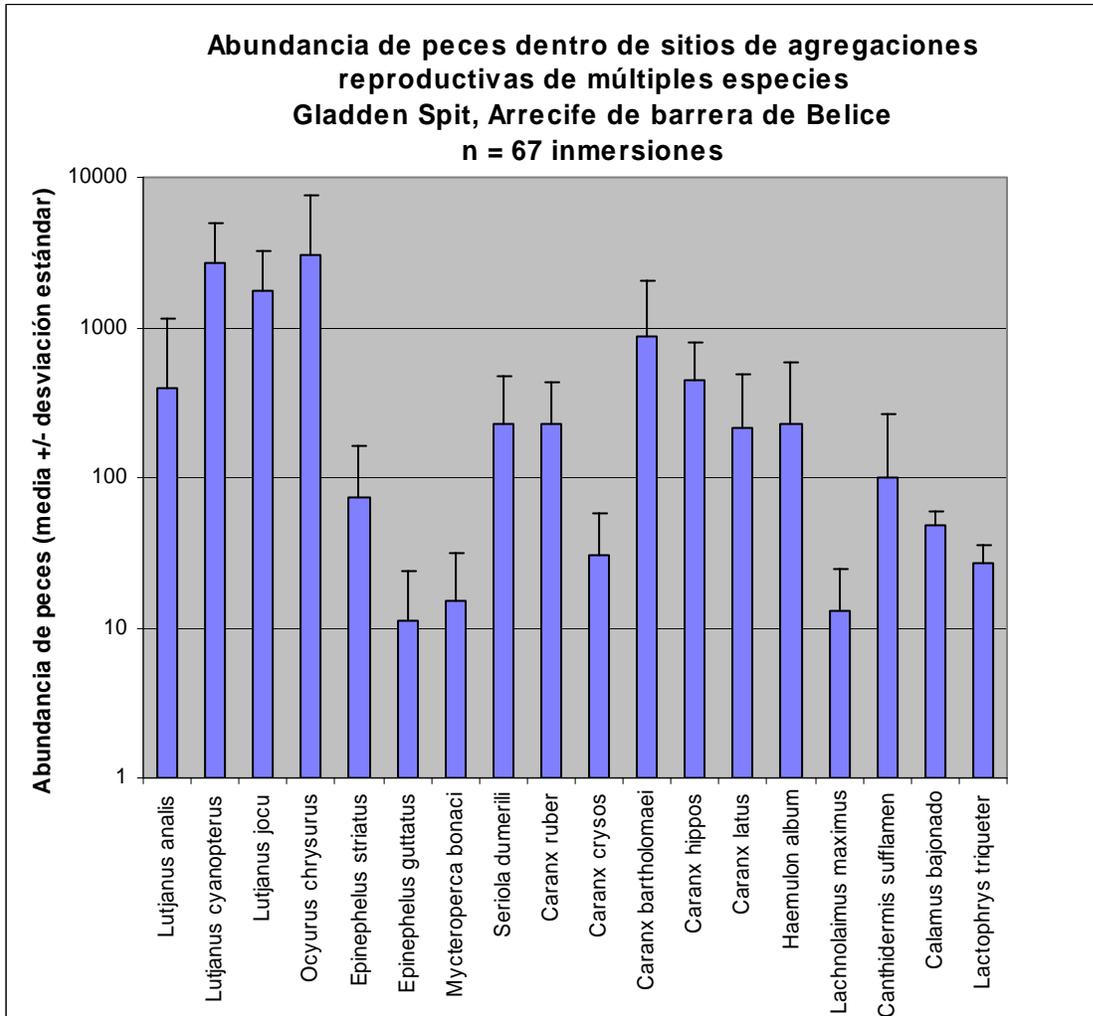
El gráfico siguiente indica la cantidad de pargo cubera, agregada en Gladden Spit en Belice por fecha y en relación a la fase lunar. Estos datos reales fueron recolectados por Friends of Nature en 2003.

Figura 7: Pargo cubera (*Lutjanus cyanopterus*) en Gladden, Belice



El gráfico siguiente puede ser más útil para ilustrar el fenómeno de múltiples especies en un sitio. El gráfico indica la media (y la desviación estándar) del número de peces de agregaciones de varias especies, según el promedio de 67 inmersiones en Gladden Spit antes de 2003. El gráfico muestra que el sitio da abrigo a agregaciones reproductivas de por lo menos 18 especies, pero no indica la época ni la distribución de estas agregaciones.

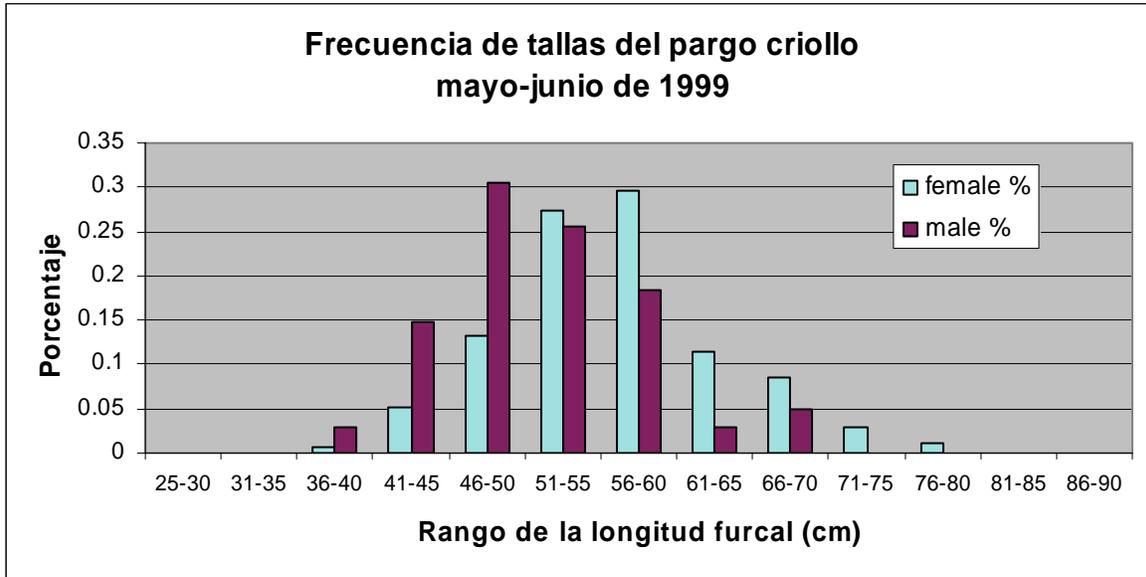
**Figura 8: Abundancia de peces dentro de sitios de agregaciones reproductivas de múltiples especies, Gladden Spit, Belice**



**Monitoreo de las capturas por unidad de esfuerzo y análisis de la frecuencia de tallas:**

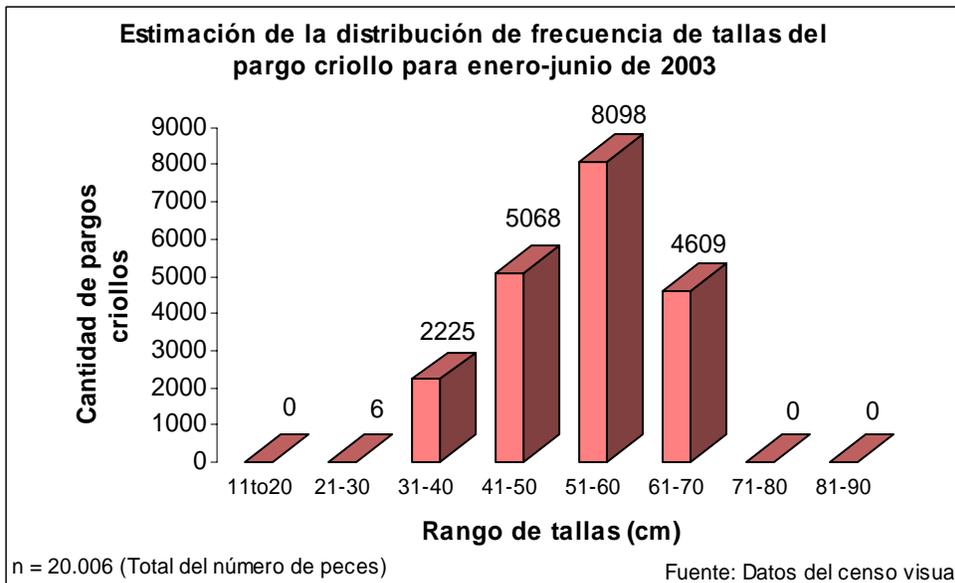
Cuando se pesca en las agregaciones, se pueden recolectar datos de las capturas por unidad de esfuerzo e ingresarlos a una hoja de cálculo Excel o a una base de datos Access. Se pueden representar las relaciones tamaño-frecuencia y tamaño-peso por especie, así como la proporción de ejemplares de cada sexo.

**Figura 9: Frecuencia de tallas del pargo criollo calculada a partir de datos recolectados en Gladden Spit**



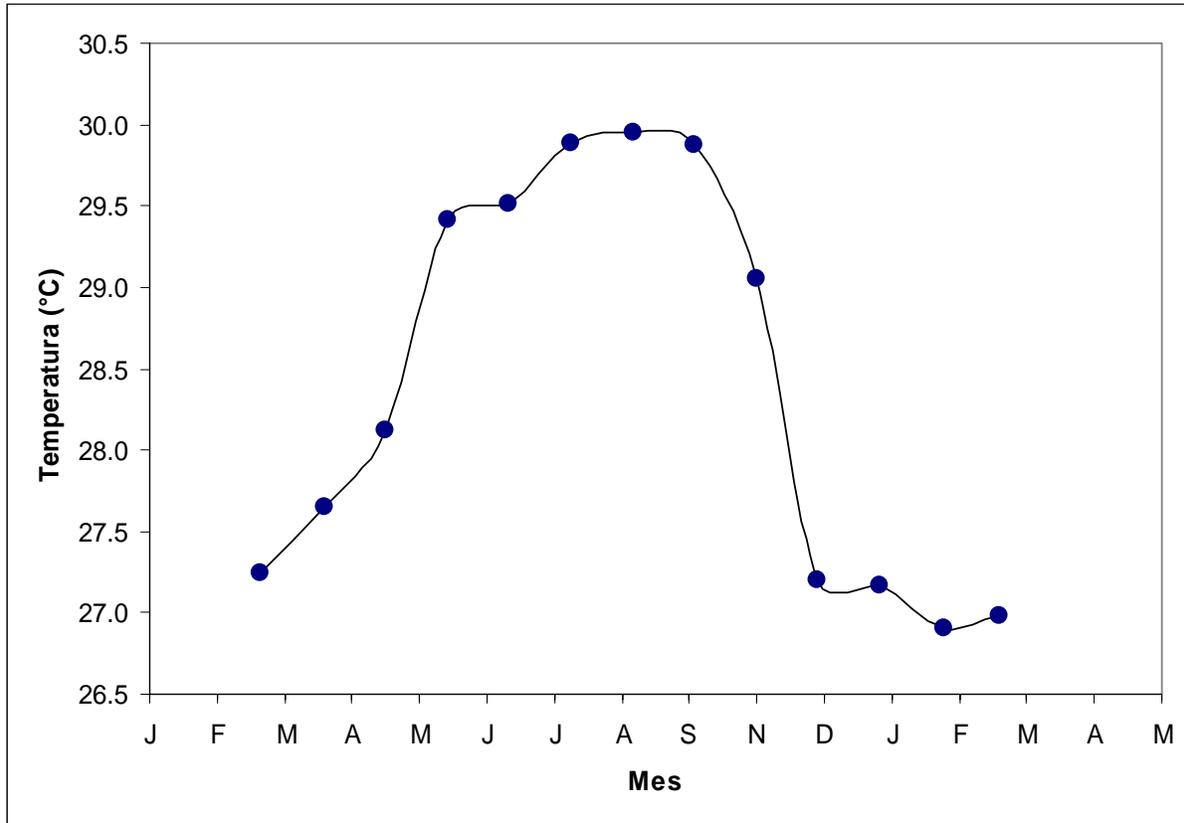
Mediante el uso de la técnica de censo visual submarino, se puede recolectar datos sobre la distribución de la frecuencia por tamaños y compararla con los datos recolectados usando métodos dependientes de pesquerías. La comparación de datos dependientes e independientes de pesquerías recolectados en el mismo momento y en la misma agregación puede ayudar a validar los datos y/o a ilustrar las diferencias en lo que se desembarca, a partir de la distribución de la frecuencia por tamaños en la agregación submarina.

**Figura 10: Estimación de la distribución de la frecuencia de tallas del pargo criollo**



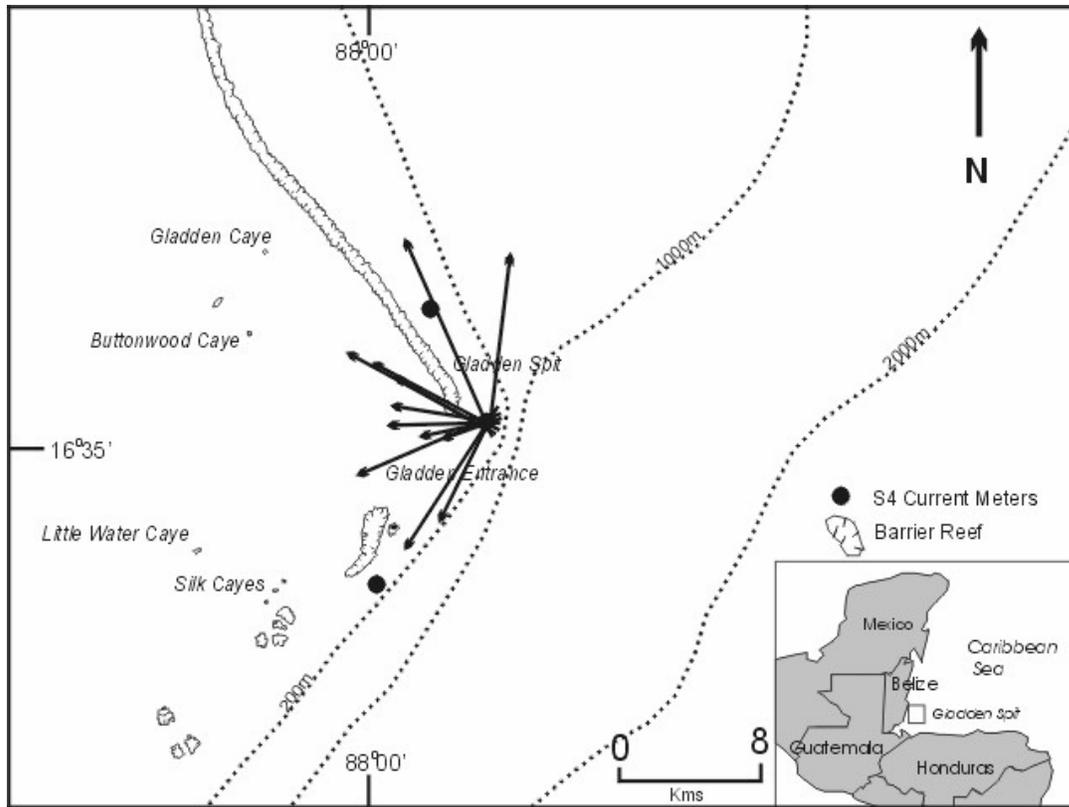
Se registraron datos de la temperatura en Gladden Spit, Belice, usando un medidor de corriente electromagnético S4 *in situ*. A continuación se representa la media de los datos mensuales para el período entre marzo de 1998 y febrero de 1999.

**Figura 11: Datos de la temperatura en Gladden Spit, Belice**



La velocidad y la dirección de las corrientes en los sitios de desove pueden ser evaluadas con boyas a la deriva para medir las corrientes marinas, como se describe en el capítulo 10. Los vectores superpuestos en el mapa siguiente (figura 12) representan datos reales de la información obtenida con varias boyas en el momento y el lugar de desove en Gladden Spit. Estos vectores representan 18 horas de deriva, extrapoladas desde la dirección y la velocidad de las boyas, según se calculó usando la hoja de datos de deriva.

**Figura 12: Modelos de deriva de las corrientes de superficie según se calculó usando una boya a la deriva para medir las corrientes marinas en varias repeticiones en el sitio de desove en Gladden Spit.** Los vectores de rastros muestran la distancia viajada en 18 horas, basado en la tasa de velocidad calculada en el momento en que la boya fue desplegada.



## 15. Cooperación regional

Las corrientes oceánicas conectan las islas y las costas de la cuenca del Caribe. Estas corrientes sirven para transportar y dispersar las larvas producidas en las agregaciones reproductivas hacia lugares corriente abajo, según los modelos de las corrientes en la zona. Estudios genéticos recientes de peces arrecifales del Caribe, tales como el mero batata que está en peligro, muestran que las poblaciones son bastante similares en toda la cuenca, lo que indica un alto nivel de conectividad. Para preservar estas especies, es necesaria la cooperación regional. Se espera que este manual de protocolo de monitoreo sirva para ayudar a los países a coordinar el monitoreo y los esfuerzos de protección en los sitios de desove. Se sugiere que el monitoreo regional se coordine de tal manera que los países puedan compartir la información y aprender de sus respectivos éxitos en el manejo.

## 16. Medidas de manejo

Los usuarios tradicionales de los sitios de desove deben estar íntimamente involucrados en la investigación, monitoreo, desarrollo de la legislación, usos alternativos y el cumplimiento de las normas que afectan a las agregaciones reproductivas. En Belice, una estrategia de participación integral de pescadores ha llevado a la clausura exitosa de la mayor parte de los sitios de desove del mero batata en Belice, así como una estación de veda para la especie (G.O.B. 2003a; 2003b). Los científicos y los administradores, trabajando en colaboración con los pescadores, han podido recolectar datos de manera eficiente y han obtenido apoyo crítico de la comunidad pesquera para el manejo generalizado. Los pescadores deben mantenerse involucrados en el monitoreo y la ejecución de las acciones de conservación y manejo. Debe incluirse en una variedad de actividades alternativas de capacitación económica para investigación, como guías de buceo y para pesca deportiva (Luckhurst, 2001). Es crucial que se mantengan los vínculos con los usuarios tradicionales a la vez que se consideran las medidas de conservación y manejo.

Hay una enorme necesidad de conservar y administrar los sitios de agregaciones reproductivas y la manera más eficiente de llevarlo a cabo es clausurar los sitios a la pesca durante todo el año. Como estos sitios representan casi todo, si no todo, el desove de las especies que desovan allí y muchos de ellos sirven como lugares de desove para múltiples especies, la clausura de estos sitios contribuye a los esfuerzos de manejo de las pesquerías locales y regionales.

Si no se pueden clausurar los sitios durante todo el año, se sugiere que se impongan clausuras de temporada en las épocas del año durante las cuales desovan los peces más vulnerables (Luckhurst, 2001). Para Belice, y quizás otras zonas del Caribe, clausuras entre enero y junio brindarían protección a muchas de las especies más importantes de meros y pargos. Sin embargo, se deben evaluar las épocas específicas de la clausura después de llevar a cabo estudios de censo detallados en los sitios en cuestión. También se han considerado clausuras en años alternativos pero, cuando se intentó hacerlo, hubo que implementar cambios a último minuto debido a las complicaciones que surgieron entre grupos de usuarios. Por lo tanto, se considera que las clausuras en años alternativos son difíciles de implementar y manejar.

También pueden ser efectivas las vedas de temporada para diversas especies, tanto para su posesión como para su venta, en especial en conjunción con clausuras de zonas, pero son efectivas solamente cuando se implementan rigurosamente el monitoreo y la ejecución. Asimismo, se pueden usar cupos de captura pero en muchos casos son difíciles de implementar y pueden causar muertes incidentales en otros individuos que se agregan para desovar. Las restricciones de tamaño y bolsa son, a menudo, difíciles de imponer, en particular en las pesquerías de múltiples especies de los trópicos, donde los pescados se venden, en general, como filete.

Las prohibiciones de equipo pueden ayudar pero, en general, no son suficientes. No hay duda que el uso de cualquier tipo de trampas, redes y arpones (en especial con Scuba) y de venenos no es apropiado para el manejo de las agregaciones. Si se debe permitir la pesca en algún nivel, entonces la **única** técnica que se debe considerar es la pesca con línea de mano.

Se puede permitir el uso tradicional de los sitios de desove en un nivel limitado, según las circunstancias, a fin de reducir gradualmente la mortalidad en las agregaciones debida a la pesca a la vez que se mantienen los derechos de los usuarios tradicionales en esas zonas. Este paso debe tomarse solamente después de una evaluación cuidadosa de las circunstancias particulares relacionadas con el sitio.

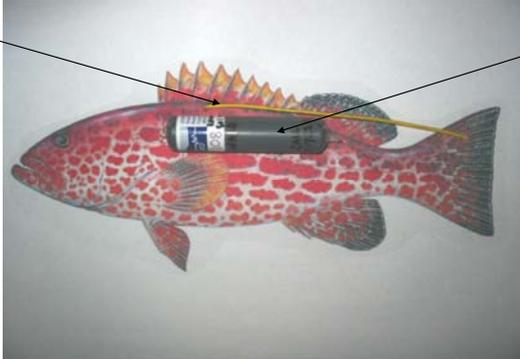
## 17. Bibliografía seleccionada

- Aguilar-Perera. 1994. Preliminary observations of the spawning aggregation of Nassau grouper *Epinephelus striatus*, at Mahahual, Quintana Roo, México. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.* **43**, 112-122.
- Auil-Marshelleck, S. 1994. A review of the occurrence of fish spawning aggregations in the Caribbean and the implications for fisheries management. Large Pelagics, Reef and Slope Fishes Assessment and Management Sub-Project Specification Workshop, CARICOM Fisheries Resource Assessment and Management Program (CFRAMP), St. Kitts and Nevis.
- Carter, J., Marrow, G. J. y V. Pryor. 1994. Aspects of the ecology and reproduction of Nassau Grouper *Epinephelus striatus*. *Proc. 43rd Gulf and Carib. Fish. Inst.* **43**, 65-111.
- Colin, P. L. 1992. Reproduction of the Nassau Grouper, *Epinephelus striatus* (Pisces: Serranidae) and its relationship to environmental conditions. *Env. Biol. Fish.* **34**, 357-377.
- Domeier, M.L. y P.L. Colin (1997). Tropical reef fish spawning aggregations: defined and reviewed. *Bull. Mar. Sci.* **60**, 698.
- Fuentes-Morales, J.A.M. y C.R. Paz-Morales. 2002. Informe final: Proyecto para conservación y uso sostenible del Sistema Arrecifal Mesoamericano. Prolansate.
- Gobierno de Belice. 2003a. Statutory Instrument No. 161 of 2003. Fisheries (Spawning Aggregation Site Reserves) Order, 2003. **161**, 1-8.
- Gobierno de Belice. 2003b. Statutory Instrument No. 162 of 2003. Fisheries (Nassau Grouper Protection) Regulations, 2003. **162**, 1-2.
- Grimes, C.B. 1987. Reproductive biology of the lutjanidae: a review. En *Tropical Snappers and Groupers: Biology and Fisheries Management* (Polovina, J. J. & Ralston, S., eds), pp. 239-294. Boulder, CO: Westview Press.
- Heyman, W.D. y N. Requena. 2002. Status of Multi-species spawning aggregations in Belize. The Nature Conservancy, Informe técnico, Punta Gorda, Belice. 27pp.
- Humman, P. 2002. Reef Fish Identification: Florida, Caribbean, Bahamas. Reef Environmental Education Foundation. Florida. 3<sup>ra</sup> edición.
- Luckhurst, B.E. 1998. Site fidelity and return migration of tagged red hinds (*Epinephelus guttatus*) to a spawning aggregation site in Bermuda. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.* **50**, 750-763.

- Luckhurst, B.E. 2001. Recommendations for a Caribbean Regional Conservation Strategy for Reef Fish Spawning Aggregations. Informe preparado para The Nature Conservancy, Washington, D.C., 28 p.
- Paz, M. 2002. Critical analysis of information on spawning aggregation sites in MBRS project countries and recommendations for their monitoring and management.
- Paz, M. y Grimshaw, 2001. Status report on Nassau groupers for Belize, Central America. Informe del taller: "Towards a sustainable management of Nassau groupers in Belize". Ciudad de Belice, 30 de julio de 2001. Green Reef.
- R<sup>2</sup>-Reef Resilience Toolkit. 2003. The Nature Conservancy.
- Sadovy, Y. 1994. Grouper stocks of the western central Atlantic: the need for management and management needs. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.* **43**, 43-64.
- Sadovy, Y, A. Rosario, y A. Román. 1994. Reproduction in an aggregating grouper, red hind, *Epinephelus guttatus*. *Env. Biol. Fish.* **41**, 269-286.
- Sala, E. y E. Ballesteros. 2001. "Conservation Status and Dynamics of the Glover's Reef, Belize, Grouper Spawning Aggregation December 1999-January 2000", informe preparado para Wildlife Conservations Society, Glover's Reef Marine Research Station, Belice.
- Sala, E., E. Ballesteros y R. Starr. 2001. Rapid decline of Nassau grouper spawning aggregations in Belize: fishery management and conservation needs. *Fisheries*, **26**(10), 23-30.
- Sosa-Cordero, E., A. Medina-Quej, R. Herrera, W. Aguilar-Dávila. 2002. Agregaciones reproductivas de peces en el Sistema Arrecifal Mesoamericano: Consultoría Nacional -México. Informe preparado para el consultor internacional, Research Planning Inc., y Proyecto SAM-Banco Mundial-Belice.

## 18. Apéndice 1: Panfleto educativo del programa de marcado

**ATENCIÓN PESCADORES**  
Si usted captura un pez marcado

Marca Floyd  Marca acústica

Por favor, siga con cuidado las instrucciones escritas en la marca.  
Registre el número de marca, la fecha y el lugar de captura y devuelva la marca para recibir una recompensa.  
*Al hacerlo, usted está contribuyendo a un proyecto de investigación en curso.*  
Por favor, contacte a: The Nature Conservancy, Punta Gorda, Belice  
Teléfono: 501-722-2503 o Fax: 501-722-0096 email: [wheyman@tnc.org](mailto:wheyman@tnc.org) o [nrequena@tnc.org](mailto:nrequena@tnc.org)  
**Se solicita a los equipos que están realizando marcados que incluyan su información de contacto aquí, imprimen el panfleto y lo fijen en las comunidades pesqueras en el área.**

## **19. Apéndice 2: Capacitación para el censo visual submarino**

Esta sección provee recomendaciones y técnicas para la capacitación de observadores nuevos y de aquellos que retornan. En primer lugar, los instructores le deben explicar a todos los estudiantes los objetivos del monitoreo, así como la técnica del censo visual submarino (CVS), a fin de que comprendan el contexto de esta capacitación. Es sumamente importante que todos los observadores que recolectan datos usando este protocolo hayan pasado recientemente una prueba de identificación de especies (para lo cual es necesario tener el 100% de las respuestas correctas) y una prueba de estimación de tamaño (para lo cual es necesario estimar un 75% con un error de a lo sumo 3 cm).

*Los datos recolectados por los observadores que no pueden pasar estas pruebas no son de suficiente calidad para ser de utilidad en los análisis y deben ser descartados o usados con muchísimo cuidado.*

### **Identificación de las especies**

Los instructores y los observadores deben analizar primero las especies de peces que es posible encontrar en el área de monitoreo. Se deben señalar y analizar las “marcas de campo” o características identificadoras clave que distinguen a cada especie. Al considerar las características se debe incluir el comportamiento. Con esta finalidad, se diseñó una presentación en Microsoft Power Point, con diapositivas de cada una de aproximadamente 37 especies, y debe estar disponible junto con este protocolo. Cada diapositiva contiene flechas que indican las marcas de campo de cada pez, acompañadas por notas para ayudar en su identificación.

Los observadores deben practicar sus aptitudes de identificación trabajando en parejas, en grupos pequeños o de manera individual. Con este fin, se puede crear, o se suministrará, un conjunto de tarjetas impermeables. Los libros de identificación de peces también son herramientas útiles.

Se debe examinar las aptitudes de identificación de los observadores, quienes deben lograr una exactitud del 100%. También se suministró una plantilla para las hojas de identificación de peces.

### **Estimación de la longitud**

La longitud de los peces (la longitud total – LT) se registrará a partir de estimaciones visuales usando unidades métricas (cm). Algunos observadores pueden no estar familiarizados con el sistema métrico. Se debe comenzar dándole a los observadores una referencia a las unidades de longitud que ellos están acostumbrados a usar por medio de elementos de ayuda visual (por ej., reglas métricas y de yardas) a fin de demostrar cuántas pulgadas/pies hay en 10, 20, 50 y 100 cm, y viceversa. Haga que los observadores midan el ancho de sus manos, la longitud de su brazo del codo a la punta de los dedos, su envergadura y su altura en unidades métricas para que adquieran una mejor apreciación de las medidas.

Practique estimaciones del tamaño de peces fuera del agua, usando figuras de peces recortadas en papel preparadas con anticipación, segmentos de tubos de PVC o, si es necesario, dibuje peces en la arena. En grupo, bajo el liderazgo del instructor, estimen, uno por uno, una sucesión de 10 peces, y haga que cada observador escriba su propia estimación de la longitud total en centímetros. Haga que cada uno diga su estimación y luego dé el tamaño real del pez. Repitan el conjunto de modelos de peces varias veces.

Cuando se sienten cómodos en este tipo de estimación, los participantes deben ser puestos a prueba mostrándoles una serie de modelos de peces (o caminando a lo largo de una hilera de éstos) mientras registran sus estimación personal del tamaño de cada modelo. Los observadores pueden registrar sus respuestas en la hoja de práctica de estimación visual del tamaño que se suministra más abajo. Después de completar las 20 estimaciones, los participantes deben intercambiar las hojas para corregirlas, mientras se anuncia el tamaño real de los peces. Los observadores deben anotar cuánto y en qué dirección (+/-) difieren sus estimaciones del valor real. Esto permite la corrección de sobreestimaciones o subestimaciones consistentes. Debe registrarse como correcto un valor dentro de los 3 cm de la longitud real. Para peces de más de 80 cm, una diferencia de 5 cm es aceptable y la estimación se considera correcta. Un puntaje del 75% o mayor se considera aprobado.

Cuando los observadores pasan con éxito la prueba de estimación de tamaño en tierra, deben ser examinados bajo agua. Debe disponerse modelos de peces de madera atados a líneas a lo largo del fondo del mar. Los observadores deben nadar a lo largo de la línea (en SCUBA) y registrar sus estimaciones de las longitudes en las hojas de datos a medida que nadan. Al igual que en tierra, la prueba debe recibir un puntaje de 75% de respuestas correctas para que se considere aprobada, lo que califica al observador para recolectar datos de estimación visual submarina usando este protocolo.

### **Practicar, practicar, practicar**

Las aptitudes para la identificación y estimación del tamaño de peces se pierden si no se practican. La experiencia ha demostrado que, en especial la capacitación en estimación de tamaño, debe repetirse a comienzos de cada ciclo de recolección de datos. Los equipos de monitoreo deben refrescar estas aptitudes tan a menudo como sea posible, pero ciertamente antes de cada período de censo a fin de garantizar la buena calidad de los datos recolectados.

#### **Materiales necesarios**

- Peces de madera para estimación de tamaño (también es posible usar dibujos en la arena o tubos de PVC)

- Protocolo de evaluación visual

- Hoja de datos para las pruebas de estimación visual de tamaño

### Hoja de datos para la capacitación de estimación visual de tamaño

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del observador: \_\_\_\_\_

Pez No.	Estimación de longitud (LT) (cm)	Real (cm)	Diferencia (cm)	+	-	Correcto*
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
Total						

\* Las estimaciones son correctas si se encuentran dentro de los 3 cm de la longitud real. En los casos de peces muy grandes, por ej. más de 80 cm, las estimaciones son correctas si se encuentran dentro de los 5 cm del tamaño real.