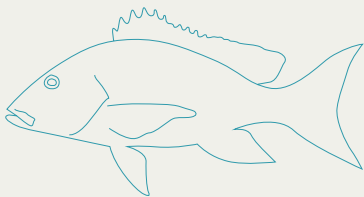
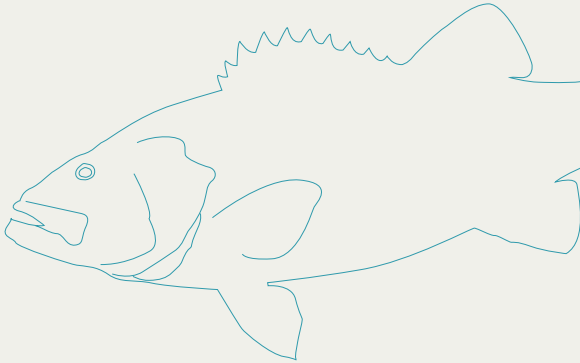
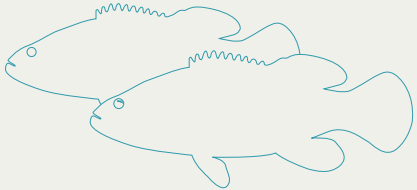




Foto: Octavio Aburto

# Agregaciones reproductivas de peces

un punto focal para el manejo pesquero y la conservación marina en México



**Brad Erisman** – Coastal Fisheries Research Program, University of Texas Marine Science Institute, 750 Channel View Drive, Port Aransas, TX 78373

**William Heyman** – LGL Ecological Research Associates, Inc., 4103 S. Texas Avenue, Bryan TX 77802

**Stuart Fulton** – Comunidad y Biodiversidad, Isla del Peruano 215, Lomas de Miramar, Guaymas, Sonora, Mexico

**Timothy Rowell** – Gulf of California Marine Program, Scripps Institution of Oceanography, 9500 Gilman Drive, La Jolla, CA 92037

**Ilustraciones** – Larry Allen and Madeline Wukusick

**Diseño gráfico** – Madeline Wukusick | [www.communicue.design](http://www.communicue.design)

**Fotografía** – Octavio Aburto, Richard Barnden, Douglas David Seifert, Walt Stearns, Cristina Limonta, Alfredo Barroso

**Referencia** – Erisman, B., W.D. Heyman, S. Fulton, and T.Rowell 2018. Las agregaciones reproductivas de peces: un punto focal del manejo de pesquerías y la conservación marina en México. Gulf of California Marine Program, La Jolla, CA. 26 p.

**Contacto:** Brad Erisman, [berisman@utexas.edu](mailto:berisman@utexas.edu)

**Traducción:** Sol Aréchiga

> Introducción .....	4
> ¿Qué son las agregaciones reproductivas de peces (ARP)?.....	5
> ¿Qué clases de peces forman ARP?.....	6
> ¿Hay distintos tipos de ARP? .....	7
> ¿Dónde se ubican las ARP? .....	8
> ¿Por qué son importantes las ARP para la salud del ecosistema? .....	9
> ¿Por qué son importantes las ARP para las pesquerías y los modos de subsistencia de las comunidades? .....	11
> ¿Cómo afecta la pesca excesiva de ARP a las especies y los ecosistemas?.....	12
> ¿Cuál es la situación de las ARP en el mundo? .....	13
> ¿Es práctico monitorear las ARP?.....	14
> ¿Funciona la protección y beneficia a las pesquerías?.....	15
> ¿Los pescadores apoyan la protección de las ARP?.....	16
> ¿Cómo monitoreamos de manera eficaz a las ARP y sus pesquerías? .....	17
> ¿Cuáles son las especies prioritarias en México para el manejo de ARP?.....	18
> ¿Cuáles son las opciones de manejo disponibles para las ARP?.....	21
> Agradecimientos y referencias clave .....	22

Las agregaciones reproductivas de peces (ARP) son concentraciones masivas de peces que se forman con el objetivo de procrear, y son cruciales para la supervivencia de la especie que las constituye. La predictibilidad en el tiempo y en el espacio de las ARP, y el gran número de peces que las conforman, hacen de ellas sitios importantes para las pesquerías y fuentes considerables de ingreso para las comunidades locales. Desafortunadamente, son estas mismas características las que con frecuencia las vuelven sensibles a la presión pesquera; se pueden extraer grandes cantidades de peces en un periodo de tiempo corto y el declive global de las ARP se asocia a la pesca excesiva generalizada.



La estrecha y directa interacción entre las pesquerías y la reproducción, y la importancia de las agregaciones para los ecosistemas obliga a que las ARP sean un punto focal para el manejo pesquero y la conservación marina a escala global. La buena noticia es que existe un número cada vez mayor de pruebas empíricas que señalan que inversiones en el manejo de ARP, pequeñas y bien planeadas, pueden generar beneficios desproporcionados tanto a las pesquerías como a la conservación de la biodiversidad.

Reconociendo la importancia de las ARP para las pesquerías nacionales y los esfuerzos de conservación y la necesidad de educación y alcances más amplios, investigadores del Coastal Fisheries Research Program (CFRP) de The University of Texas, Austin, The Gulf of California Marine Program (GCMP), COBI, y LGL han estado estudiando durante décadas aspectos de la ecología y la pesquería de agregaciones reproductivas en México. Nuestra misión es trabajar en colaboración con pescadores, científicos, grupos de conservación y dependencias gubernamentales para dedicarnos a la investigación, monitoreo y evaluación de ARP que informen el manejo y favorezcan ecosistemas y modos de subsistencia saludables para las comunidades costeras.

Este documento presenta un breve resumen de la ecología y manejo de agregaciones con base en las experiencias colectivas de investigación realizadas en el Golfo de California, el Caribe mexicano y otras zonas alrededor del mundo.

Fotos: Richard Barnden (arriba), Douglas David Seifert (arriba a la derecha), Walt Stearns (en medio a la derecha), Octavio Aburto (abajo a la derecha).



## ¿Qué son las ARP?



Foto: Richard Barnden

Las ARP son concentraciones temporales de grandes cantidades de peces conespecíficos que se forman con un único propósito: la reproducción.

Las ARP son eventos cruciales del ciclo de vida de aquellas especies que participan de este comportamiento y con frecuencia representan la única oportunidad de reproducción, por lo que constituyen la fuente principal del rendimiento reproductivo de una población entera. Las ARP tienen una importancia similar a las agregaciones reproductivas de aves marinas, tortugas marinas, ballenas y otros animales. Las ARP son predecibles en el tiempo y en el espacio, las ubicaciones y los ciclos están determinadas por la adaptación de las especies a las interacciones entre las características del hábitat y las dinámicas oceánicas que generan vínculos a través de las redes alimentarias marinas y que atraen a los depredadores superiores y a los megaplánctivos. Muchas de ellas son agregaciones multiespecie, en las que se concentran distintas especies para reproducirse simultáneamente o durante diferentes momentos del año de acuerdo con ciclos estacionales, lunares, mareales o nictemerales específicos.

### Otras agregaciones:

*Los pájaros, las tortugas, los invertebrados y los mamíferos también constituyen agregaciones o migraciones reproductivas masivas.*



Fotos (de izquierda a derecha): Octavio Aburto, Octavio Aburto, Octavio Aburto, Madeline Wukusick

## ¿Qué clases de peces forman ARP?

Entre los representantes más conocidos se encuentran miembros de varias familias como meros (*Epinephelidae*), lubinas (*Serranidae*), pargos (*Lutjanidae*), corvinas (*Sciaenidae*), doncellas y peces loro (*Labridae*), peces cirujano (*Acanthuridae*) y jureles (*Carangidae*).

Aunque son menos conocidos, los peces de muchas otras familias también se reproducen mediante agregaciones. Entre ellos se encuentran cochitos (*Balistidae*), peces botete (*Diodontidae*), macarelas y atunes (*Scombridae*), peces planos (*Pleuronectidae*) y burros (*Haemulidae*). Incluso algunos peces de aguas profundas, como el pez reloj anaranjado (*Hoplostethus atlanticus*), desovan en agregaciones. Algunas rayas forman cuantiosas agregaciones en aguas mexicanas, como la manta diablo (*Mobula munkiana*), conocida por sus acrobacias aéreas espectaculares.



Fotos: Octavio Aburto

Se han documentado ARP en 300 especies de peces pertenecientes a 44 familias

*Pargo de dos manchas* ↘



Foto: Richard Barnden

*Mero de Nassau* ↘



Foto: Cristina Limonta

*Ídolos moros* ↘



Foto: Richard Barnden

## Agregaciones reproductivas transitorias



Muchas especies de gran tamaño forman **agregaciones reproductivas transitorias**, en las cuales los peces viajan largas distancias para desovar en agregaciones que duran entre unos cuantos días y semanas. Tienden a ser breves y se forman en momentos específicos del año, con frecuencia durante ciertas fases lunares o mareales. Muchas están constituidas por depredadores superiores de gran tamaño que son comercialmente importantes (meros y pargos, por ejemplo).

---

*Algunos ejemplos del Caribe mexicano son el mero de Nassau, el pargo cubera; del Golfo de California, la corvina golfina y la totoaba.*

Foto: Douglas David Seifert

## Agregaciones reproductivas residentes



Las **agregaciones reproductivas residentes** son aquellas en las que los peces viajan distancias cortas (de algunos metros a pocos kilómetros) y duran por meses o incluso todo el año. Los pequeños herbívoros y los peces que pastan tienden a formar agregaciones reproductivas residentes frecuentemente en las cercanías de su área de distribución. A menudo, éstas están sincronizadas con momentos específicos y puede que sucedan todos los días.

---

*Algunos ejemplos del Caribe mexicano son el boquinete y el cirujano azul; del Golfo de California, el cirujano conicto y el pez globo.*

Foto: Octavio Aburto

## Migraciones parciales



Las **migraciones parciales** son agregaciones reproductivas que consisten en una mezcla de residentes y transitorias. Puede ser que las especies adopten diversos comportamientos que oscilan entre las agregaciones temporales y residentes y puede ser que existan patrones múltiples de comportamiento de agregación dentro de una misma especie o población.

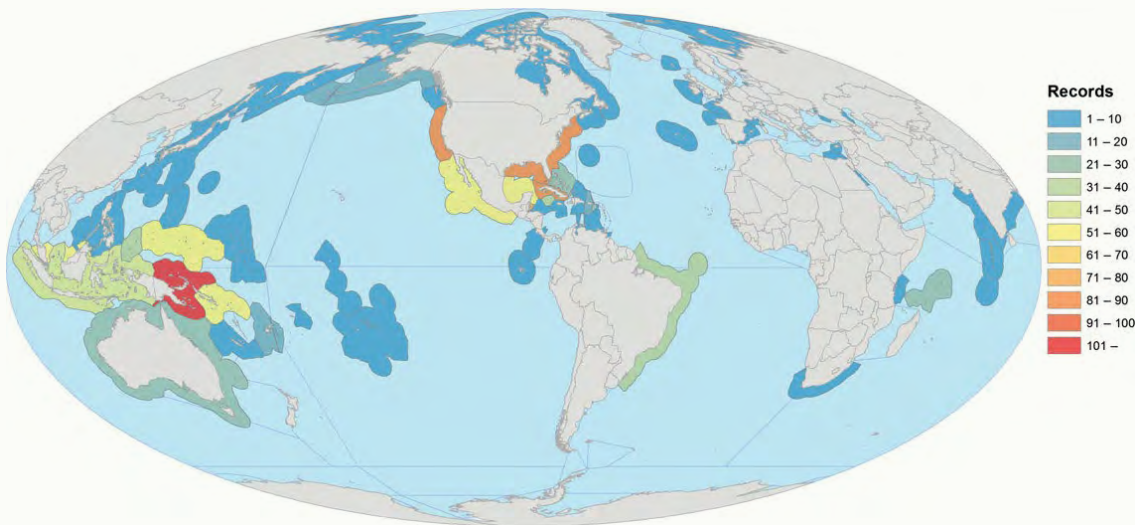
---

*Algunos ejemplos de Los Islotes y del monte submarino El Bajo son la cabrilla sardinera y el pargo amarillo.*

Foto: Octavio Aburto

# ¿Dónde se ubican las ARP?

Las ARP se suelen estudiar en los arrecifes de coral, pero han sido observadas en casi todas las ecorregiones marinas y tipos de hábitat, desde los arrecifes de coral tropicales poco profundos, estuarios subtropicales, bahías y lagunas costeras hasta bancos templados mar adentro y montes marinos en aguas profundas. Las ARP han sido documentadas en los 5 océanos y en 53 países, pero falta estudiar todavía muchas ARP alrededor del mundo.

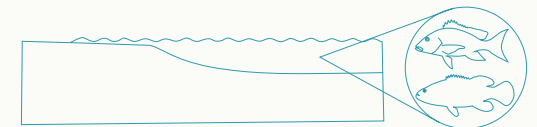


Mapamundi que muestra las áreas en las que se han documentado ARP, organizadas por región o país. Datos (n = 906 registros verificados). Ilustración de Erisman et al. 2015.

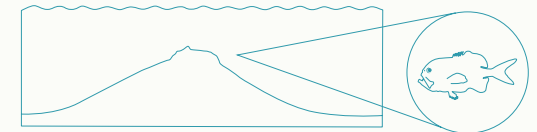
© 2015 John Wiley & Sons Ltd, FISH and FISHERIES

## Especies y hábitats

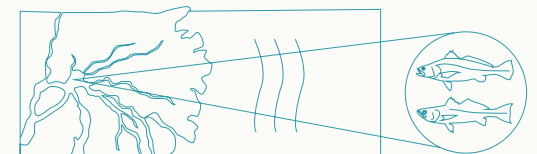
*Meros y pargos más allá del borde continental*



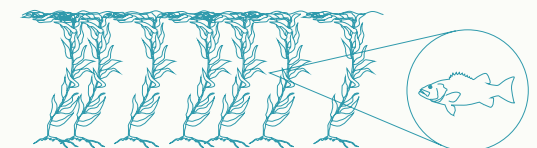
*Peces reloj anaranjados en montes submarinos profundos*



*Corvinas golfinas y totoabas en los deltas de los ríos*



*Meros gigantes en los bosques de algas*





# ¿Por qué son importantes las ARP para la salud del ecosistema?

## Focos de productividad:

Las grandes concentraciones de peces generan focos temporales de productividad que repercuten en diversas redes alimentarias pelágicas y costeras. Las densas nubes de huevos liberadas por los peces de la agregación representan una rica fuente de nutrientes que beneficia distintos organismos a lo largo de la cadena alimentaria: desde enormes tiburones ballena hasta diminutos microorganismos tan pequeños que son invisibles a simple vista. Los nutritivos huevos representan una vía trófica importante que genera vínculos y retroalimentación entre organismos y ecosistemas en todos los niveles tróficos y entre las escasas vías de reciclaje de nutrientes esenciales que van de los depredadores superiores a los niveles tróficos más bajos. Estos eventos se pueden comparar con los desoves sincronizados masivos de los corales que generan pulsos de nutrientes que son rápidamente asimilados al interior de las redes alimentarias locales.

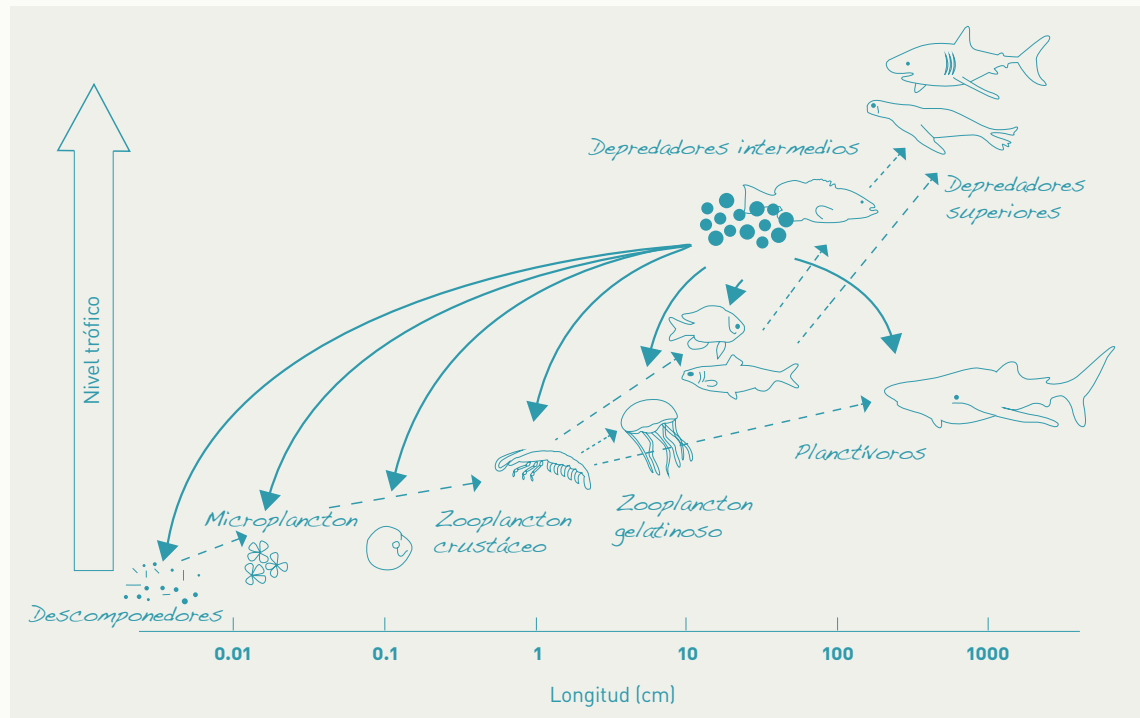


Ilustración redibujada a partir de Fuiman et al. 2015.

## Ímanes de megafauna

Las concentraciones efímeras de recursos alimenticios en los sitios de ARP también se asocian a migraciones sincronizadas de grandes depredadores migratorios (por ejemplo, tiburones, peces vela, delfines y atunes) que se alimentan de las agregaciones de peces.



Los megaplancívoros (como los tiburones ballena y las mantarrayas) también forman agregaciones para alimentarse de los huevos recién desovados.



Fotos: Richard Barnden (arriba), Douglas David Seifert (abajo).

## Superpredadores:

Muchos peces que forman agregaciones reproductivas (como los meros y los pargos) se ubican en los niveles tróficos más altos de los arrecifes templados y tropicales. La presencia de estas especies es por lo tanto importante en la constitución de la estabilidad, estructura, función y salud de los ecosistemas arrecifales. La pesca excesiva de las agregaciones reproductivas de peces depredadores puede alterar la estructura de la comunidad de maneras complejas e indirectas, entre las que se encuentra el inducir cambios en las dinámicas bentónicas y la salud coralina, la diversidad íctica, la condición y la demografía poblacional de los grupos tróficos más bajos y la resiliencia al cambio climático.



Foto: Octavio Aburto

## Efecto paraguas:



Fotos: Octavio Aburto

Muchos sitios son sitios de agregación multiespecie en los que desovan un número considerable de especies en diferentes momentos del año, cada una de las cuales atrae a otras muchas especies que visitan el sitio para alimentarse de los peces en freza o de sus huevos. Así, la protección de un solo sitio puede contribuir a la protección de muchas otras especies (incluyendo a superpredadores y megafauna icónica) y al mantenimiento de ecosistemas completos.

# ¿Por qué son importantes las ARP para las pesquerías y los modos de subsistencia de las comunidades?

Las ARP mantienen algunas de las pesquerías de subsistencia, recreativas y comerciales más importantes y productivas de todo el mundo y los sitios de ARP multiespecie representan con frecuencia los caladeros regionales de más importancia.

Algunos ejemplos notables de pesquerías comerciales son la de bacalao del Atlántico, mero y pargo del Comercio de peces arrecifales vivos para alimentación del sudeste asiático, las pesquerías de pez reloj anaranjado de los montes submarinos de Nueva Zelanda y Namibia y las pesquerías de salmón del noroeste del Pacífico de E.U., que representan pesquerías multimillonarias (en dólares). Entre otras especies comerciales importantes que migran y se agregan para reproducirse están el colín de Alaska y el arenque del Atlántico, los cuales contribuyen con varios millones de toneladas y decenas de miles de millones de dólares anualmente a la producción mundial de las pesquerías.

Las ARP son también cruciales para los modos de subsistencia y la seguridad alimentaria de las pesquerías de subsistencia y de pequeña escala en todo el mundo, y en particular, en las naciones en desarrollo de las regiones tropicales y subtropicales.

La gran abundancia de peces presentes en las ARP, durante periodos predecibles y en ubicaciones conocidas, que oscilan entre decenas y millones individuos confinados en áreas pequeñas, genera el escenario ideal para los pescadores: grandes capturas y ganancias considerables por un mínimo esfuerzo.



Fotos: Octavio Aburto



Foto: Octavio Aburto

## En México...

Las agregaciones reproductivas sostienen 8 de las 10 pesquerías de peces arrecifales más importantes en el sur del Golfo de California y 21 de las 29 especies de peces arrecifales documentadas en los desembarcos de las pesquerías comerciales de la región forman ARP. De la misma manera, las pesquerías más redituables en el Caribe mexicano se centran en las ARP de meros y pargos.



## Efectos generales:

En tanto las ARP pueden atraer a la mayoría de los peces en desove en un radio de 10 a 100 kilómetros, la extirpación de peces en un sitio de reproducción extrae de hecho especies provenientes del área circundante, que es mucho mayor. Dado que, con frecuencia, las ARP son el único momento y lugar en los que los peces se reproducen, al hacer capturas en estos sitios se reduce súbitamente la capacidad reproductiva de la población de manera dramática al eliminar la producción futura de huevos. A su vez, esto puede disminuir la resiliencia de la población, es decir, su capacidad de mantenerse frente a las presiones de las pesquerías y el cambio climático.

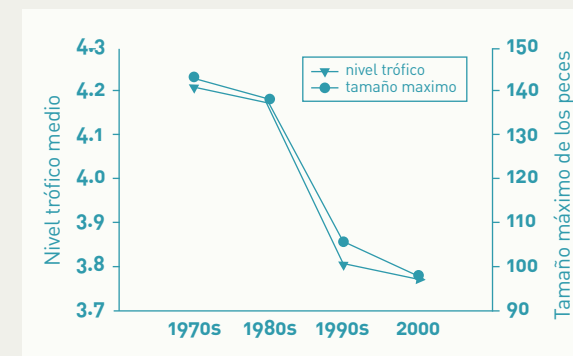


## Efectos específicos:

*(Efectos directos e indirectos):*

La explotación de peces en agregaciones puede poner en riesgo la función y el rendimiento reproductivos, así como las tasas de fertilización al interferir con el proceso de apareamiento. Esto ocurre debido a la perturbación de los complejos rituales de cortejo y de los encuentros entre parejas, afectaciones en la comunicación visual o auditiva, alteraciones en las proporciones entre sexos y en la estructura social durante el apareamiento, daños al hábitat de desove causado por equipo de pesca destructivo y cambios inducidos por el estrés en el nivel hormonal, la fecundidad, el desarrollo de los huevos y la sobrevivencia.

Dada la importancia de las agregaciones a escala ecosistémica, tiene sentido que la pesca excesiva de las mismas se asocie al rápido declive de las poblaciones de peces, el colapso de pesquerías, los desequilibrios en el ecosistema y la pérdida de la integridad estructural y funcional de los ecosistemas marinos.



Cambios a través del tiempo del nivel trófico medio y del tamaño máximo de los peces en los desembarcos de las pesquerías costeras del sur del Golfo de California. El declive está asociado a la extracción de ARP de meros de gran tamaño (como el mero guasa y la baya). Sala et al. 2004.

# ¿Cuál es la situación de las ARP en el mundo?

El informe más reciente y completo sobre el estado global de las ARP marinas reveló que el 52% de las agregaciones documentadas no ha sido evaluado, menos del 35% de las ARP conocidas está protegido por algún tipo de manejo, y sólo alrededor del 25% está siendo monitoreado de alguna manera. Entre las ARP evaluadas, el 53% está en declive y el 10% ha desaparecido por completo. Aproximadamente el 10% de las agregaciones ha mostrado evidencia de recuperación, y el 27% restante está estable o no ha mostrado evidencia de cambios notables.

ARP ...

Situación de las agregaciones reproductivas documentadas...

52%  
desconocida

26%  
en declive

4%  
desaparecieron

De los sitios estudiados...

<35%  
están  
protegidos

53%  
están  
disminuyendo

15%  
de las ARP arrecifales  
han desaparecido

Las disminuciones más graves y generalizadas documentadas son las de especies de gran tamaño y valor en los trópicos, como los meros y pargos. Por ejemplo, si las tendencias actuales de pesca continúan, veinte de 163 especies de meros (12%) estarán en riesgo de extinción, y un análisis comparativo entre especies de mero cuya estrategia reproductiva es conocida demostró que la formación de ARP está asociada con un mayor riesgo de extinción.

## Ejemplo: el mero de Nassau

Habiendo sido la pesquería de pescado más importante en la región del Gran Caribe, la mayoría de los sitios de desove del mero de Nassau han desaparecido o se han visto reducidos a cantidades insignificantes dentro de su área de distribución; las pesquerías han colapsado en casi todas las áreas y la especie está clasificada como en peligro crítico de extinción por la IUCN.

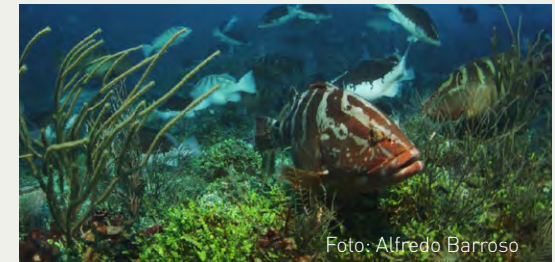
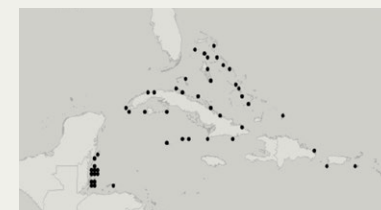


Foto: Alfredo Barroso

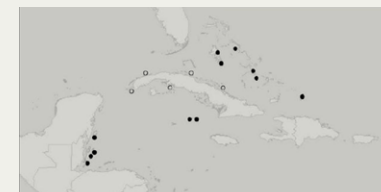
### Situación histórica

Los puntos negros indican 1 o 2 agregaciones



### Situación actual

50% de las agregaciones conocidas han desaparecido  
Los círculos en blanco son sitios probables



Sadovy, et. al (2012)

La tendencia de las ARP a conformarse en ubicaciones espacialmente diferenciadas en momentos predecibles significa que el monitoreo, la aplicación y la investigación también pueden reducirse y simplificarse.

Dado que las agregaciones incluyen a todos o casi todos los adultos fértiles del área circundante, las ARP proporcionan una oportunidad única para tener acceso y evaluar de forma rápida y eficiente poblaciones enteras de peces que, de otra manera, estarían dispersas en un área geográfica de mucho mayor tamaño.

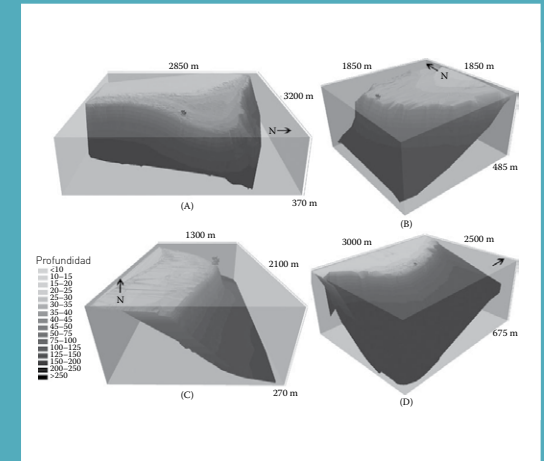
Las zonas de desove reducidas, en comparación con las áreas que comprenden la migración y el establecimiento de las áreas de distribución de los peces, permiten sacar el mayor provecho, pues la protección exitosa del desove puede escalarse al nivel de toda la población. Por lo tanto, el manejo de pequeñas ARP puede ayudar a recuperar poblaciones de peces en escalas mucho mayores que benefician a los interesados y son congruentes con una práctica de conservación exitosa.

Las similitudes en la geomorfología de los sitios de desove de distintos conjuntos de especies permiten a los investigadores y a los gestores de recursos predecir el momento y la ubicación de sitios multiespecie antes desconocidos que pueden ser de gran utilidad en la planificación espacial marina, como el diseño de reservas marinas. El alto grado de similitud geomorfológica entre las ARP al interior de las regiones facilita la designación de lugares para reservas marinas estacionales o permanentes que tengan el potencial de soportar una gran diversidad y biomasa de peces.



Fotos: Richard Barden (izquierda), Octavio Aburto (derecha).

### Geomorfología:



Kobara et. al (2013)

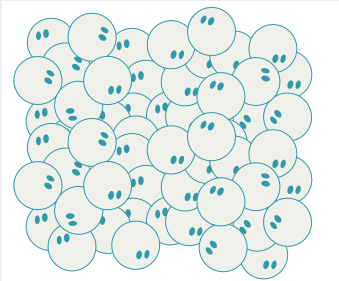
La geomorfología de los sitios de ARP multiespecie en el Gran Caribe son sorprendentemente similares. Esto permite a los gestores predecir dónde se podrían conformar las agregaciones (independientemente de si están ahí en el momento o se han reducido) y, por lo tanto, qué áreas es probable que se recuperen y vuelvan a ser productivas en caso de ser protegidas. Se trata de una herramienta muy poderosa que ya se utiliza en México, en el Atlántico Sur de Estados Unidos y en otras áreas.

## ¿Funciona la protección y beneficia a las pesquerías?

El manejo adecuado de las ARP beneficia a las pesquerías mediante el aumento en la producción y la supervivencia de las larvas, la dispersión de los nutritivos huevos y la derrama potencial de estas ricas fuentes de productividad hacia las zonas pesqueras.

Las ARP pueden ayudar a la recuperación de las poblaciones a escalas mucho mayores, lo cual beneficia a las partes interesadas a través del aumento de la biomasa íctica en el sitio protegido y la derrama mensurable de adultos y juveniles hacia sitios pesqueros adyacentes.

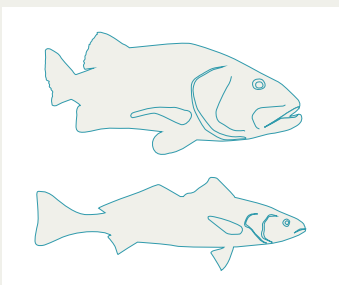
### Reservas de agregaciones reproductivas



La dispersión y la conectividad son ejemplos de la manera en que la inclusión de sitios de agregación reproductiva importantes puede convertirse en una fuente de larvas para las zonas pesqueras importantes en los alrededores (Munguia et al. 2015).

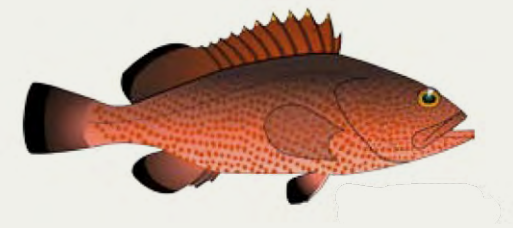
Existe una lista creciente de ejemplos de agregaciones protegidas que habían desaparecido o se habían reducido de manera considerable que están regresando y han vuelto a formar agregaciones.

### La protección conduce a la recuperación



Por ejemplo, la prohibición de las redes de enmalle en los bosques de algas marinas de California, donde el mero gigante y la corvina blanca forman agregaciones reproductivas, provocó aumentos dramáticos de la población y las pesquerías en los años posteriores (Russell et al. 2014).

La protección beneficia directamente a las pesquerías al aumentar los índices de captura y el tamaño promedio de los peces capturados fuera de la temporada de desove y en los caladeros.



*Cabrilla payaso*

Ilustración: Larry Allen

Tomemos, por ejemplo, el trabajo realizado con la cabrilla payaso (Nemeth 2005) en las Islas Vírgenes de Estados Unidos. Ahí se creó una gran zona marina protegida con veda permanente en un sitio de agregación, el cual se cerró de manera estacional durante nueve años. El resultado fue un aumento importante de la cabrilla payaso (*E. guttatus*) cuya población reproductiva se triplicó (de 26,200 a 84,000) en un lapso de tres años (Aburto et al. 2008).

## ¿Los pescadores apoyan la protección de las ARP?



Foto: Octavio Aburto

Durante siglos, los pescadores han sabido dónde y en qué momento se conforman las agregaciones. Las ARP son fuentes esenciales de seguridad alimentaria para las culturas de subsistencia y tienen un vínculo importante con el sostén económico de las comunidades pesqueras pequeñas.

Por ello, los pescadores a menudo están dispuestos a proteger las ARP para mantener sus pesquerías y sus modos de subsistencia, pues éstas representan oportunidades excepcionalmente valiosas para utilizar acercamientos basados en el consenso y el manejo colaborativo que coordinan a los sectores pesquero y conservacionistas mediante agendas compartidas y beneficios mutuos.

### Colaboración

El GCMP y CFRP ha trabajado con pescadores de Punta Abrejos, en las costas del Pacífico de Baja California, para entender las interacciones entre las agregaciones reproductivas del verdillo (*Paralabrax nebulifer*) y la pesca comercial, con el fin de usar dicha información en el diseño de estrategias de manejo que protejan el desove y, a la vez, permitan a los pescadores tener acceso a los recursos.



Foto: Octavio Aburto

Desde 2012, COBI ha trabajado en el Caribe mexicano con pescadores que han solicitado al gobierno la creación de cuatro áreas marinas protegidas para proteger las agregaciones reproductivas del mero. Estas áreas son monitoreadas y manejadas de manera conjunta por pescadores, ONG, científicos y gobierno.





**Las entrevistas a los pescadores** son fundamentales para identificar la ubicación y el momento en que se conforman las ARP no documentadas y para establecer alianzas en relación con el monitoreo y el manejo de las ARP.

**La información sobre captura y esfuerzo** puede proporcionar información detallada sobre la importancia de las ARP para las pesquerías, así como sobre los posibles impactos de la pesca en el desove. Comprender la manera en que las actividades pesqueras interactúan con el desove en el tiempo y el espacio es esencial para determinar la mejor manera de manejar o proteger la agregación con el fin de mantener una pesquería sustentable.

**Los muestreos biológicos y en muelle** de peces capturados en agregaciones son útiles para reunir información detallada sobre el momento exacto de desove (por ejemplo, la hora del día, la estación, con qué frecuencia ocurre el desove) y el tamaño o la estructura etaria de los peces en los sitios de agregación.

**El mapeo batimétrico**, realizado mediante sondeos con sondas de haz único o dividido, proporciona información valiosa sobre la geomorfología y el tipo de hábitat de los sitios donde se encuentran las ARP en términos de la profundidad, la ubicación y la distribución de los peces en desove.

En lugares que cuenten con las condiciones adecuadas, es esencial realizar **sondeos subacuáticos visuales o mediante video** para confirmar la existencia de agregaciones reproductivas, contar el número y la composición de los peces en dichas agregaciones, documentar las conductas de cortejo y desove y monitorear los cambios en estas dinámicas a lo largo del tiempo.

En lugares con mala visibilidad o condiciones difíciles, los **sondeos realizados con ecosondas (sonares)** desde los barcos pueden proporcionar cálculos confiables sobre la densidad, distribución y abundancia de peces en las agregaciones reproductivas. De manera similar, la **detección acústica pasiva (hidrófonos)** puede usarse para monitorear la presencia y la actividad reproductiva de los peces que emiten sonido durante la reproducción. El uso de la **telemetría acústica (marcas electrónicas en los peces)** permite realizar cálculos sobre el tiempo de estancia, la fidelidad al sitio y los patrones de movimiento de los peces en relación con los sitios de agregación reproductiva.

ilustraciones: Madeline Wukusick

## Monitoreo cooperativo

COBI ha capacitado a los pescadores para describir y monitorear las ARP en el Caribe mexicano. Las entrevistas realizadas a los pescadores llevaron al descubrimiento de nuevos sitios y los pescadores que recibieron la capacitación ayudaron a los científicos a elaborar un mapa y describir los sitios mediante el uso de una sonda de haz único. Los pescadores ahora trabajan con los científicos en la realización de censos visuales periódicos de las ARP mediante el buceo. Cuatro sitios han sido protegidos a la pesca en el Caribe mexicano a petición de los propios pescadores.



Los científicos del GCMP colaboran con los pescadores y los gestores de las reservas para monitorear la población de corvina golfina y su pesquería mediante estudios de campo de sus gigantescas agregaciones reproductivas en la desembocadura del delta del río Colorado cada primavera. Dadas las condiciones turbias del agua, el equipo realiza estudios con ecosondas para calcular la abundancia de peces en la agregación; mediante el hidrófono y la recolección de huevos determinan el momento y la ubicación exactos del desove, y a través de rastreadores con GPS en los barcos de pesca comprenden las interacciones espaciotemporales entre la pesca y el desove.

# ¿Cuáles son las especies prioritarias en México para el manejo de ARP?



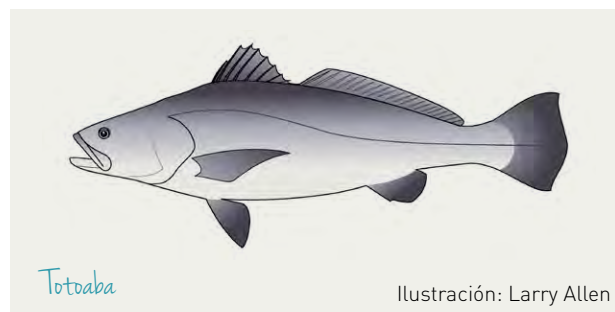
## #1 Mero de Nassau (*Epinephelus striatus*)

El mero de Nassau es un mero de gran tamaño (llega a medir un metro y pesar 25 kg) asociado con arrecifes de coral en el Atlántico occidental, desde Florida y Bermuda hasta el sur, en Guyana, incluida la zona oriental del Golfo de México y todo el Caribe. Se trata de un depredador común en los arrecifes y un pez arrecifal icónico del mar Caribe. Aunque gran parte del año son solitarios, durante los meses de invierno, los adultos viajan miles de kilómetros para formar ARP transitorias de gran tamaño conformadas por miles a decenas de miles de peces en lugares específicos. En el Caribe mexicano, dichas agregaciones se forman en los promontorios de arrecifes a lo largo del borde continental durante periodos de 7 a 10 días. Están relacionadas con las lunas llenas de diciembre a marzo y alcanzan su máxima actividad reproductiva aproximadamente seis días después de la luna llena.

Durante mucho tiempo, las actividades de pesca comercial y recreativa relacionadas con el mero de Nassau se han centrado principalmente en las ARP. Esta interacción es el principal motivo del declive y colapso de los sitios de agregación, de las pesquerías y de las poblaciones de dicha especie en México y en otras zonas de distribución. La especie figura como en peligro

crítico de extinción en la Lista Roja de la IUCN debido a la disminución considerable y la desaparición de la mayoría de las agregaciones a causa de la sobrepesca. En la última década, por lo menos un sitio de desove en México ha sido explotado hasta la extinción y varios otros han sufrido una disminución severa o se cree que han desaparecido.

Si bien, en otros países, el mero de Nassau se encuentra altamente gestionado o plenamente protegido, en México no sucede lo mismo. En el Caribe mexicano, la temporada de veda se estableció desde el 1 de febrero hasta el 31 de marzo de 2017. Sin embargo, el motivo principal de la veda es el mero rojo (*Epinephelus morio*), que se pesca en el Golfo de México, y no protege de manera adecuada al mero de Nassau durante su período de desove máximo en el Caribe.



## #2 Totoaba (*Totoaba macdonaldi*)

La totoaba es el pez esciénido más grande del mundo, con un peso máximo reportado de más de 100 kg y una longitud de más de dos metros. Esta enorme especie depredadora costera es endémica del Golfo de California, y los adultos emprenden migraciones estacionales a diferentes regiones del Golfo para alimentarse y reproducirse. Cada invierno, la población adulta comienza a migrar desde sus lugares de origen para distribuirse por todo el Golfo y hacia el Alto Golfo de

California en preparación para el desove. Éste ocurre en agregaciones de miles de peces que se forman alrededor de los estuarios y las costas de la región del delta del río Colorado entre febrero y mayo, con un pico de desove entre marzo y abril.

La pesquería de totoaba, que fuera importante para las pesquerías de subsistencia de las culturas indígenas en todo el Golfo de California durante más de un siglo, se convirtió en la primera pesquería comercial de pescado en la región a principios del siglo XX. La pesquería se desarrolló en respuesta a una demanda internacional de vejiga natatoria (conocida como "buche"), que se exportaba a China y a comunidades chinas en California. Más tarde, en la década de 1920, se desarrolló un mercado para el pescado completo, el cual llegó a su punto máximo en 1942, pero nunca alcanzó la importancia de la vejiga natatoria en el mercado internacional. La sobrepesca persistente de las ARP de totoaba durante varias décadas fue el principal motivo del colapso de la pesquería en los años cincuenta. La captura incidental de totoaba juvenil en la pesquería de arrastre de camarón, así como la reducción de su hábitat de crianza como resultado del descenso del flujo del río Colorado también contribuyeron a la disminución de la pesquería y de la población.

En un intento por proteger a la totoaba durante su periodo de desove, a partir de 1940, se instauró en México una temporada de veda sobre la pesquería de totoaba que va del 20 de marzo al 1 de mayo. En 1975 se implementó la veda total de dicha pesquería, junto con la designación de una zona de reserva en la desembocadura del río Colorado. En 1993, debido a la pesca ilegal continua y generalizada, así como a la captura incidental de totoaba, el gobierno mexicano amplió la zona de reserva. En 1976, la totoaba fue incluida en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora

# ¿Cuáles son las especies prioritarias en México para el manejo de ARP?

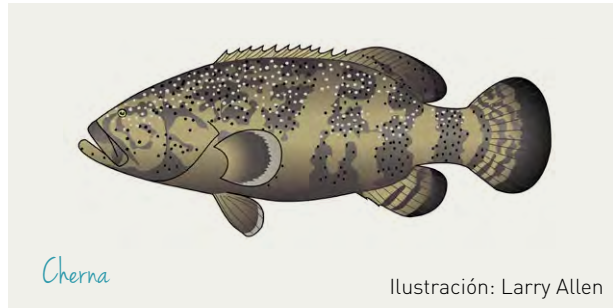
Silvestres (CITES), que prohibió la importación de la especie a los Estados Unidos, excepto para fines de investigación científica. En 1986, fue incluida como especie en peligro de extinción en la Lista Roja de la IUCN.

Después de cuarenta años de protección, comienza a haber evidencia de cierta recuperación. Sin embargo, el mercado internacional ilegal de vejigas natatorias de totoaba se disparó después de 2010, de tal forma que una vejiga natatoria de un pez grande puede venderse por hasta cincuenta mil dólares en los mercados de Hong Kong. La pesca ilegal generalizada de especímenes adultos de totoaba en sus ARP ahora financia un mercado ilegal internacional que se especula que supera el valor de las drogas ilegales, de tal forma que ahora se le conoce como la “cocaína acuática”. Organismos gubernamentales y no gubernamentales en México, Estados Unidos y Asia han incrementado los esfuerzos para disminuir la pesca ilegal y el comercio de vejigas natatorias.

## #3 Cherna (*Epinephelus itajara*)

La cherna es uno de los meros más grandes del mundo, pudiendo llegar a pesar 400 kg y medir 2.5 metros de longitud. Los adultos se encuentran en arrecifes naturales y artificiales, restos de naufragios y otros hábitats estructurales en el Atlántico tropical, desde la costa occidental de África hasta la costa oriental de Centroamérica (incluidos el Caribe y el Golfo de México), y desde Florida hasta Brasil. Los adultos desovan en agregaciones compuestas por decenas o incluso centenas de especímenes que se conforman durante fases lunares específicas entre julio y septiembre en la península de Yucatán y a lo largo de la zona oriental del Golfo de México.

Además de su importancia histórica para las pesquerías comerciales en sus áreas de distribución, la cherna también ha sido valorada por pescadores deportivos



y aficionados que utilizan arpones o caña y sedal. La sobrepesca continua y generalizada en las agregaciones ha dado como resultado la desaparición de la especie en muchas áreas y se encuentra considerada en peligro de extinción por la IUCN. La destrucción de los manglares, que son el principal hábitat de los juveniles durante sus primeros cinco años de vida, también ha contribuido al declive y a la lenta recuperación de la especie posterior a la protección. Las entrevistas realizadas a pescadores de la región de Yucatán, en México, indican que la pesquería de cherna ha disminuido de manera importante desde que comenzó a principios de los años 70, y que en la actualidad, la especie sólo es capturada de manera incidental y ya no es considerada un objetivo de pesca.

Desde 1990, la cherna ha estado protegida de la pesca en Estados Unidos, lo cual ha resultado en un aumento considerable de su población en años recientes. De igual manera, desde 1993, la especie está protegida en el Caribe. Sin embargo, dado que el ritmo de crecimiento de la cherna es muy lento y requiere de varios años para alcanzar la madurez sexual, se espera que la recuperación de esta especie sea lenta. Se sabe muy poco acerca de la biología o los patrones de desove en aguas mexicanas, dado que la mayoría de las poblaciones desaparecieron hace varias décadas. Asimismo, la información sobre pesquerías necesaria para determinar el estado de sus poblaciones es escasa. Aunque se encuentra protegido de la pesca en muchos

países, aún no es una especie gestionada en México.

El mero del Pacífico (*Epinephelus quinquefasciatus*) ha sido identificado recientemente como una especie independiente que se localiza entre Perú y Baja California, en México, incluido el Golfo de California. Aunque la información relativa a su biología y pesquerías en su área de distribución es muy limitada, se sospecha que su población ha sufrido una disminución importante en la mayoría de las áreas. En el Golfo de California, la intensa presión pesquera en las ARP entre los años sesenta y los ochenta dio como resultado el colapso total de la pesquería para los años noventa. En la actualidad, los avistamientos de esta especie en el Golfo de California son muy raros, pero aún quedan pequeñas poblaciones en la costa del Pacífico de Baja California. En México, esta especie no es gestionada ni protegida.

## #4 Baya (*Mycteroperca jordanii*)

La baya es el segundo mero más grande en el Pacífico oriental (llega a medir hasta dos metros y a pesar más de 90 kg); su crecimiento es lento y puede llegar a vivir más de 48 años. Es un gran depredador que habita desde el sur de La Jolla, en California, Estados Unidos, hasta Mazatlán, México. Se encuentra en los arrecifes rocosos y montes submarinos en el Golfo de California y en los lechos de algas a lo largo de la costa sur del Pacífico de la península de Baja California, pero no es frecuente encontrarlo al norte de la Bahía Magdalena, a lo largo de la costa del Pacífico de Baja California, México. Los adultos forman ARP de 40 o más individuos entre abril y junio en los arrecifes rocosos o cerca de ellos, y se cree que la actividad de desove está influenciada por el ciclo lunar.

En los años sesenta, la baya se encontraba entre

# ¿Cuáles son las especies prioritarias en México para el manejo de ARP?



Los peces arrecifales más importantes para las pesquerías en pequeña escala en el Golfo de California, representando el 45% de las capturas de la flota artesanal en el sur del Golfo. Los peces eran capturados con arpones, palangres o cañas de pescar. Debido a su gran tamaño y alto valor comercial, el *Myxerperca jordani* también era un objetivo fundamental de la pesca recreativa submarina y con anzuelo y sedal desde antes de los años cincuenta. Si bien los pescadores comerciales y recreativos lo persiguen a lo largo del año, el esfuerzo y la captura alcanzan su punto máximo durante la temporada de desove, y el acoso continuo a sus agregaciones reproductivas es considerado como una de las principales causas de la disminución de las pesquerías y de la población. La baya fue muy abundante en el Golfo de California hasta hace treinta años, pero las poblaciones se volvieron cada vez más escasas debido a la sobrepesca generalizada y, para finales de los años ochenta, las poblaciones de peces en casi todas las zonas habían colapsado. Se calcula que las capturas de la baya en el Golfo de California han disminuido en más del 95% y que las poblaciones han disminuido en un 99%. Además, las capturas actuales están constituidas en su mayoría por especímenes juveniles.

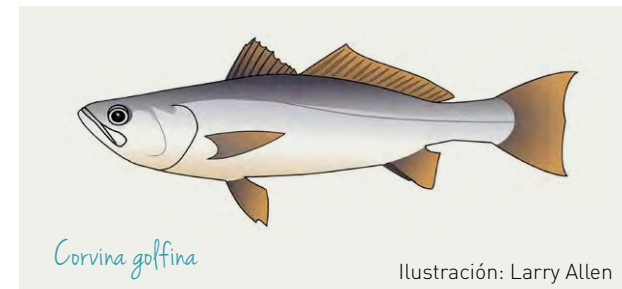
La baya se encuentra en la Lista Roja de especies en peligro de extinción de la IUCN debido a la sobrepesca de sus agregaciones reproductivas. Asimismo, la especie fue recientemente incluida en la lista de especies con un alto riesgo de extinguirse del National Marine Fisheries

Service de los Estados Unidos. Sin embargo, no existen regulaciones pesqueras o restricciones para proteger a la especie de la captura o para estimular la recuperación de las pesquerías o poblaciones. Además, información básica necesaria para restaurar y manejar a la baya (por ejemplo, su ciclo vital, el uso que hace del hábitat, sus patrones de movimiento y desove) sigue siendo en gran medida desconocida.

## #5 Corvina golfina (*Cynoscion othonopterus*)

La corvina golfina es un pez marino de gran tamaño y crecimiento rápido que puede llegar a medir un metro de longitud, pesar 12 kg y vivir 10 años. La especie es endémica del norte del Golfo de California, en México, y toda la población adulta migra de su área de distribución hacia el delta del río Colorado en el Alto Golfo durante los primeros meses de primavera. La corvina se agrupa para desovar en estuarios poco profundos y canales del delta desde finales de febrero hasta mayo, y el desove ocurre con la marea saliente durante un periodo de 3 o 4 días antes de las lunas nueva y llena. Las agregaciones pueden contener hasta dos millones de individuos que se encuentran densa y continuamente congregados a lo largo de más de diez kilómetros del cauce del río.

Las ARP de la corvina golfina son objetivos importantes de la pesca comercial, que utiliza botes pequeños (pangas) con redes de enmalle para recolectar grandes volúmenes de peces en su recorrido hacia el río para reproducirse. Una sola panga puede capturar más de dos toneladas de peces en un solo viaje, y la flota comercial es capaz de capturar hasta 5,900 toneladas de corvina en menos de un mes de pesca al año. El desove y la pesca se sincronizan en un ciclo semilunar, alcanzando los puntos máximos entre 5 y 2 días antes de la luna nueva y llena, y la intensidad pesquera y la captura aumentan en los sitios de desove en áreas



vedadas. En promedio, más del 98% de la captura anual de corvina proviene de la temporada de desove, y el 90% de los peces son capturados durante los días en que sucede el desove. La pesquería de corvina golfina es casi enteramente doméstica, y el pescado es vendido en los mercados de México como un producto de mar importante durante la Cuaresma. Sin embargo, la demanda internacional y los mercados para la exportación de vejiga natatoria de corvina a Asia ha aumentado de manera importante en los últimos años. Cabe subrayar que la migración predecible de la corvina golfina ha servido como fuente importante de alimento para las comunidades indígenas a lo largo del río Colorado durante siglos.

Una zona de veda dentro del Alto Golfo de California y de la Reserva de la Biósfera del delta del río Colorado busca proteger el hábitat de desove y crianza, que también es manejado por un conjunto de regulaciones que consideran los artes de pesca, el esfuerzo y los límites para la captura, una temporada de veda y una cuota anual de captura. Sin embargo, el esfuerzo de pesca intenso y los grandes volúmenes de captura dirigidos a la población reproductora en los únicos sitios de desove conocidos dentro de la zona de veda son motivo de gran preocupación para la sustentabilidad de la población y su pesquería. La protección suficiente de las ARP de la corvina golfina es fundamental debido a su extrema vulnerabilidad a la sobrepesca durante el desove, y evidencia de un colapso previo de la pesquería.

## ¿Cuáles son las opciones de manejo disponibles para las ARP?



Lo más indicado para el manejo de cualquier agregación o especie particular es considerar cada caso de manera independiente, y éste dependerá de los factores sociales y económicos locales, el comportamiento de desove, la biología, la presión prevaleciente y el estado de conservación de la especie en cuestión.

Para muchas especies, podrían ser necesarios diversos enfoques de manejo para minimizar los riesgos de sobrepesca en todas las áreas en las que la especie sea vulnerable a la pesca. Deberían existir diversas medidas de manejo complementarias que podrían ser necesarias en caso de que la implementación se convierta en un problema. Idealmente, se debe poner mayor énfasis en acoplar las medidas de manejo dirigidas a proteger las agregaciones reproductivas con medidas también dirigidas al componente de no agregación, es decir, la pesquería más amplia.

Cuando la presión pesquera se centra sobre todo en los sitios de agregación o al menos durante los momentos críticos del desove, **las reservas para el desove** podrían ofrecer una defensa importante que ayudaría a proteger y reconstruir poblaciones disminuidas mediante el aumento del potencial reproductivo y la consiguiente mejora en la selección, lo cual compensa cualquier aumento de la mortalidad fuera de las reservas marinas debido al desplazamiento de la actividad pesquera.

Las especies que migran largas distancias para conformar sólo unas cuantas agregaciones de gran tamaño por periodos breves (transitorias) pueden beneficiarse **de las vedas en sitios de desove importantes** y de las prohibiciones de pesca u otros controles durante los periodos de desove, mientras que para el manejo de las que recorren distancias cortas para conformar muchas agregaciones de menor tamaño a lo largo de varios meses (residentes) **los límites diarios de captura, las cuotas anuales o estacionales, las restricciones a los artes de pesca u otras medidas tradicionales** pueden ser suficiente. Depende en gran medida de la información disponible en relación con el momento y la ubicación del desove, la cantidad de agregaciones, el comportamiento de desove y la capacidad de aplicación local.

**Las zonas de veda permanente** (reservas cerradas) pueden brindar protección importante si los sitios de ARP son conocidos y la zona vedada abarca las áreas de preparación, las rutas migratorias y los sitios de desove para múltiples especies.

Cuando la estacionalidad y la ubicación del desove son conocidos y constantes cada año, **las zonas de veda estacionales** de los sitios de agregación reproductiva pueden proporcionar beneficios mensurables, al permitir que los peces se reproduzcan sin perturbaciones. Dado que muchas áreas ofrecen la

oportunidad de desovar a diversas especies a lo largo del año, las vedas permanentes podrían ofrecer más beneficios para el ecosistema.

Si se conoce la temporada o el momento de desove, **las vedas temporales simples de pesca o de venta o posesión de peces durante las épocas de mayor actividad de desove o la temporada reproductiva** pueden ser una estrategia rentable y fácil de aplicar si muchas agregaciones son objetivos importantes y vulnerables a la presión pesquera.

**Las restricciones impuestas a los artes de pesca**, como la limitación o prohibición del buceo tradicional o del sistema *hookah*, de trampas, redes, arpones, pesca nocturna y explosivos puede reducir la sobrepesca de las ARP. Asimismo, la restricción del uso de redes de enmalle o de canal puede proteger a las migraciones de desove en su camino hacia y desde los sitios de agregación.

**Los límites de talla mínima** ayudan a asegurar que los peces crezcan lo suficiente como para reproducirse antes de ser capturados, independientemente de dónde y cuándo se produzca la captura, mientras que **los límites de talla máxima** ayudan a proteger a las hembras grandes y fecundas y a los machos grandes (especies protogínicas), fundamentales para mantener una productividad suficiente para la población durante muchos años. **Los límites de “ventana” o “ranura”** proporcionan tamaños de captura mínimos y máximos para una especie.

Es posible que se requiera **la protección completa** de una especie frente a la pesca para reconstruir las agregaciones y poblaciones que han sido diezgadas por la sobrepesca persistente de las agregaciones, que ha dado como resultado el colapso de la pesquería y de la población.

## Agradecimientos:

Agradecemos el apoyo de la Walton Family Foundation, Leona M. and Harry B. Helmsley Charitable Trust Foundation, David and Lucile Packard Foundation, International Community Foundation, Summit Foundation, Oak Foundation, UC MEXUS, NOAA Fisheries, Pew Charitable Trusts, WWF México, y a la Alianza WWF-Fundación Carlos Slim por su apoyo a nuestra investigación sobre agregaciones reproductivas de peces y pesquerías relacionadas en México. También queremos agradecer a Science and Conservation of Fish Aggregations (SCRFA), Rod Fujita y el programa Oceans del Fondo para la Defensa del Medio Ambiente (FED, por sus siglas en inglés), al Departamento de Pesca de Belice y al Grupo de trabajo de agregaciones reproductivas, al Consejo de gestión de pesca en el Atlántico Sur, a Rafael Ortiz y EDF México, a Alec MacCall y NOAA Southwest Fisheries Science Center, a Martha Román y CEDES, a la familia Castro y a los buzos de Cabo Pulmo, a Niparaja A.C., Nicanor Requena, Eloy Cuevas y Shin Kobara. Finalmente, nos gustaría agradecer a todos los pescadores que continuamente apoyan y contribuyen a nuestro trabajo sobre las ARP en México.

## Referencias clave e información adicional

- Aburto-Oropeza, O., Erisman, B.E., Galland, G.R., Mascareñas-Osorio I., Sala, E. and Ezcurra, E. (2011) Large recovery of fish biomass in a no-take marine reserve. *PLoS ONE* 6, e23601.
- Bauer, S. and Hoyer, B.J. (2014) Migratory animals couple biodiversity and ecosystem functioning worldwide. *Science* 344, 1242552.
- Cisneros-Mata, M.A., Montemayor-Lopez, G. and Roman-Rodriguez, M.J. (1995) Life history and conservation of *Totoaba macdonaldi*. *Conservation Biology* 9, 806–814.
- Colin, P.L., Sadowy, Y.J. and Domeier, M.L. (2003) Manual for the Study and Conservation of Reef Fish Spawning Aggregations. Society for the Conservation of Reef Fish Aggregations Special Publication No. 1 (Version 1.0), 98 pp.
- Dean, M.J., Hoffman, W.S. and Armstrong, M.P. (2012) Disruption of an Atlantic cod spawning aggregation resulting from the opening of a directed gill-net fishery. *North American Journal of Fisheries Management* 32, 124–134.
- Erisman, B.E., Buckhorn, M.L. and Hastings, P.A. (2007) Spawning patterns in the leopard grouper, *Mycteroperca rosacea*, in comparison with other aggregating groupers. *Marine Biology* 151, 1849–1861.
- Erisman, B., Heyman, W., Kobara, S., Ezer, T., Pittman, S., Aburto-Oropeza, O., and Nemeth, R.S. (2017) Fish spawning aggregations: where well-placed management actions can yield big benefits for fisheries and conservation. *Fish and Fisheries* 18, 128–144.
- Erisman, B.E., Mascareñas, I., Paredes, G., Aburto-Oropeza, O. and Hastings, P.A. (2010) Seasonal, annual, and long-term trends for commercial fisheries of aggregating reef fishes in the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research* 106, 279–288.
- Erisman, B.E., Allen, L.G., Pondella, D.J. II, Claisse, J., Miller, E. and Murray, J. (2011) Illusions of plenty: hyperstability masks collapses in two recreational fisheries that target fish spawning aggregations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68, 1705–1716.
- Erisman, B.E., Aburto-Oropeza, O., Gonzalez-Abraham, C., Mascareñas-Osorio, I., Moreno-Báez, M. and Hastings, P.A. (2012) Spatio-temporal dynamics of a fish spawning aggregation and its fishery in the gulf of California. *Scientific Reports* 2, doi:10.1038/srep00284.
- Erisman, B.E., Apel, A., MacCall, A., Román, M.J. and Fujita, R. (2014) The influence of gear selectivity and spawning behavior on a data-poor assessment of a spawning aggregation fishery. *Fisheries Research* 159, 75–87.
- Granados-Dieseldorff, P., Heyman, W.D. and Azueta, J. (2013) History and co-management of the artisanal mutton snapper (*Lutjanus analis*) spawning aggregation fishery at Gladden Spit, Belize, 1950–2011. *Fisheries Research* 147, 213–221.
- Grüss, A., Robinson, J., Heppell, S.S., Heppell, S.A. and Semmens, B.X. (2014) Conservation and fisheries effects of spawning aggregation marine protected areas: what we know, where we should go and what we need to get there. *ICES Journal of Marine Science*, doi:10.1093/icesjms/fsu038.

- Hamilton, R.J., Potuku, T. and Montambault, J.R. (2011) Community-based conservation results in the recovery of reef fish spawning aggregations in the Coral Triangle. *Biological Conservation* 144, 1850–1858.
- Harrison, H.B., Williamson, D.H., Evans, R.D., Almany, G.R., Thorrold, S.R., Russ, G.R., Feldheim, K.A. et al. (2012) Larval export from marine reserves and the recruitment benefit for fish and fisheries. *Current Biology* 22, 1023–1028.
- Heithaus, M.R., Frid, A., Wirsing, A.J. and Worm, B. (2008) Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in Ecology and Evolution* 23, 202–210.
- Heyman, W.D. and Kjerfve, B. (2008) Characterization of transient multi-species reef fish spawning aggregations at Gladden Spit, Belize. *Bulletin of Marine Science* 83, 531–551.
- Heyman, W., Azueta, J., Lara, O., Majil, I., Neal, D., Luckhurst, B., Paz, M. et al. (2004) Spawning Aggregation Monitoring Protocol for the Meso-American Reef and the Wider Caribbean. Version 2.0. Meso-American Barrier Reef Systems Project, Belize City, Belize, 55 pp.
- Heyman, W.D., Fulton, S., Erisman, B. y Aburto-Oropeza, O. (2017) Protocolos de monitoreo e investigación participativa para agregaciones reproductivas de peces en México. *Comunidad y Biodiversidad A.C., Guaymas, Sonora, Mexico & LGL Ecological Research Associates, Inc. Bryan, TX, Estados Unidos*. 40 p.
- Heyman, W.D., Graham, R.T., Kjerfve, B. and Johannes, R.E. (2001) Whale sharks *Rhincodon typus* aggregate to feed on fish spawn in Belize. *Marine Ecology Progress Series* 215, 275–282.
- Heyman, W.D., Carr, L.M. and Lobel, P.S. (2010) Diver ecotourism and disturbance to reef fish spawning aggregations: it is better to be disturbed than to be dead. *Marine Ecology Progress Series* 419, 201–210.
- Karnauskas, M., Cherubin, L.M., Paris, C.B. (2011) Adaptive significance of the formation of multi-species fish spawning aggregations near submerged capes. *PLoS ONE* 6, e22067.
- Kobara, S., Heyman, W.D., Pittman, S.J. and Nemeth, R.S. (2013) Biogeography of transient reef fish spawning aggregations in the Caribbean: a synthesis for future research and management. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 51, 281–326.
- Nemeth, R.S. (2005) Population characteristics of a recovering US Virgin Islands red hind spawning aggregation following protection. *Marine Ecology Progress Series* 286, 81–97.
- Rhodes, K.L. and Warren-Rhodes, K. (2005) Management Options for Fish Spawning Aggregations of Tropical Reef Fishes: A Perspective. Report prepared for the Pacific Island Countries Coastal Marine Program, The Nature Conservancy. TNC Pacific Island Countries Report No. 7/05. 52 pp.
- Rowe, S. and Hutchings, J.A. (2003) Mating systems and the conservation of commercially exploited marine fish. *Trends in Ecology and Evolution* 18, 567–572.
- Rowell T.J., Schärer, M.T., Appeldoorn, R.S., Nemeth, M.I., Mann, D.A. and Rivera, J.A. (2012) Sound production as an indicator of red hind density at a spawning aggregation. *Marine Ecology Progress Series* 462, 241–250.
- Russell, M.W., Sadovy de Mitcheson, Y., Erisman, B.E., Hamilton, R.J., Luckhurst, B.E. and Nemeth, R.S. (2014) Status report – world’s fish aggregations 2014. Science and Conservation of Fish Aggregations, California USA. International Coral Reef Initiative.
- Sadovy de Mitcheson, Y. and Colin, P.L. (eds.) (2012) Reef Fish Spawning Aggregations: Biology, Research and Management, Vol. 35. Fish and Fisheries Series. Springer, New York.
- Sadovy de Mitcheson, Y., Cornish, A., Domeier, M., Colin, P.L., Russell, M. and Lindeman, K.C. (2008) A global baseline for spawning aggregations of reef fishes. *Conservation Biology* 22, 1233–1244.
- Sadovy de Mitcheson, Y., Craig, M.T., Bertonecini, A.A., Carpenter, K.E., Cheung, W.W., Choat, J.H., Cornish, A.S. et al. (2013) Fishing groupers towards extinction: a global assessment of threats and extinction risks in a billion dollar fishery. *Fish and Fisheries* 14, 119–136.
- SCRFA. (2014) Science and Conservation of Fish Aggregations. Spawning aggregation database by Science and Conservation of Fish Aggregations. World Wide Web electronic publication. Available at: <http://www.scrfa.org/database/> (accessed June 2015).
- Tobin, A., Currey, L. and Simpfendorfer, C. (2013) Informing the vulnerability of species to spawning aggregation fishing using commercial catch data. *Fisheries Research* 143, 47–56.
- Wilcove, D.S. and Wilkelski, M. (2008) Going, going, gone: is animal migration disappearing. *PLoS Biology* 6, e188.

Un reporte compilado por:



**Para más información:** Brad Erisman, [berisman@utexas.edu](mailto:berisman@utexas.edu)