

Estrategia de Explotación para la Pesquería de Erizo Rojo (*Mesocentrotus franciscanus*) en Baja California.

A. Medellín – Ortiz y C. Alvarez – Flores.
Octubre de 2023.

Introducción

La pesquería de erizo rojo (*Mesocentrotus franciscanus*) es una de las más importantes en Baja California. Con una larga historia de aprovechamiento, la última evaluación oficial del estado del stock fue publicada en 2018 como parte de la ficha de “Erizo de mar” de la Carta Nacional Pesquera donde se cataloga a la pesquería como “en deterioro”. En una evaluación publicada en 2020 describe a la pesquería como “en recuperación”, mientras que menciona que la población se encuentra en niveles cercanos a la biomasa que genera el máximo rendimiento sostenible ($B/BMSY \approx 1$; Medellín - Ortiz et al., 2020). Actualmente, permisionarios que aprovechan el recurso participan en un Proyecto de Mejora Pesquera (FIP, por sus siglas en inglés), donde se busca que la pesquería sea certificable bajo el estándar del Marine Stewardship Council para diciembre de 2024. El presente análisis se realiza en el marco de las tareas de dicho proyecto de mejora pesquera y tiene como objetivo actualizar el estado de la población de erizo rojo en Baja California para 2022.

Además, el presente documento contiene los elementos principales que se propone sean considerados para la elaboración de la estrategia de explotación que sería incluida en una revisión del Plan de Manejo Pesquero (PMP) de los erizos rojo y morado. Aunque el enfoque principal del Proyecto de Mejora Pesquera es sobre erizo rojo, la interacción del sector productivo tanto con erizo rojo como con erizo morado sugiere que es importante apoyar al PMP para reforzar las acciones de manejo de ambos recursos. Se espera que esta propuesta sea analizada, discutida y mejorada con la participación inicial del personal del Instituto Nacional de la Pesca, para ser posteriormente socializada con todos los participantes del Proyecto de Mejora Pesquera en donde participen los pescadores y permisionarios de erizo rojo, representantes de la academia y cualquier otro interesado. Para la realización de la presente propuesta, se parte de los elementos principales contenidos en el PMP de erizo publicado en el DOF en diciembre del 2012. A su vez, estos elementos se agrupan en los tres componentes principales que definen una estrategia de explotación en los requisitos para la certificación de pesquerías del MSC en su versión 2.01. Estos componentes son: 1) El sistema de información y monitoreo; 2) La evaluación de stock y 3) Las reglas de control y sus herramientas. A estos tres componentes, hemos antepuesto los objetivos de manejo de la pesquería, los cuales se toman del PMP y se amplían en la estrategia de explotación con la intención de hacer más eficiente su implementación.

Convergencia con los objetivos del Plan de Manejo Pesquero de Erizo Rojo y Morado

Antecedentes de manejo

Se parte de la información publicada más recientemente, la cual indica que, a lo largo de la distribución del recurso en la costa de Baja California, el stock de erizo rojo se encuentra en buen estado, siendo únicamente algunas poblaciones locales las que requieren recuperación. En este contexto, se interpreta que el objetivo ya manifiesto en el PMP es mantener la biomasa de ambas

especies en niveles sostenibles, en donde el nivel deseable se asocia al rendimiento máximo sostenible. Este objetivo se acompaña de la recuperación de bancos que así lo requieran.

PMP. Conservar la biomasa y el reclutamiento. Incrementar la biomasa y el reclutamiento del erizo rojo en la costa noroccidental de Baja California, para recuperar su productividad a niveles sustentables y mantener la biomasa y el reclutamiento de erizo morado.

HS. Mantener la biomasa del recurso alrededor o por arriba del nivel que produce el RMS. Se calcula el RMS y se establece la relación entre la densidad (individuos/m²) de erizo de talla mayor a 40 mm para erizo rojo y 20 mm para erizo morado y el RMS. El objetivo de manejo se implementa en función de la densidad de erizo, bajo condiciones ambientales regulares. Se armoniza el objetivo actual del PMP ya que se conserva la biomasa en un punto de referencia explícito, el cual además es dependiente del reclutamiento.

Antecedentes de impactos ambientales

Los impactos de las condiciones ambientales han sido identificados a nivel local, la evidencia disponible indica que los procesos de escala oceánica no impactan notablemente la productividad del recurso. Además, los cambios de condiciones locales no necesariamente están determinados por los cambios a escala oceánica. Se reconoce también que bajo condiciones ambientales adversas, es posible que la densidad de erizo no se modifique notablemente, pero la calidad gonadal puede disminuir al grado de que la pesquería deje de ser rentable por un tiempo. Por lo tanto, el objetivo del PMP se separa en dos, uno relativo al número de individuos por m² y otro sobre una línea basal de calidad gonadal.

PMP. Minimizar los impactos ambientales. Amortiguar el impacto de la variabilidad ambiental sobre la productividad del recurso.

HS 1. Mantener la biomasa del recurso alrededor o por arriba del nivel que produce el RMS en condiciones ambientales adversas. Mantener al recurso alrededor o por arriba del nivel que produce el RMS, establecido en términos de densidad en condiciones ambientales anómalas.

HS2. Mantener la calidad gonadal por arriba de un nivel límite aceptable que mantenga la viabilidad económica de la pesquería.

Antecedentes de aspectos de hábitat

De acuerdo con lo descrito por Cavanaugh et al (2019), la resistencia de los bosques de macroalgas a eventos anómalos de temperatura (ondas de calor) está fuertemente correlacionada con la temperatura máxima durante la onda de calor, mientras que la resiliencia espacial está determinada por factores locales. Bajo este contexto y debido a la naturaleza herbívora de los erizos, la pérdida de bosques de macroalgas por eventos anómalos de temperatura tendrá un impacto negativo en su alimentación, disminuyendo el porcentaje de gónada presente en los erizos y su calidad. Esfuerzos actuales buscan mantener la estructura de la comunidad de los bosques de macroalgas en un nivel de biomasa que corresponde a un promedio previo a condiciones anómalas

PMP. Calidad del hábitat. Reducir el impacto de otras actividades sobre el hábitat.

HS. Calidad de hábitat. Reducir el impacto de actividades antropogénicas actividades sobre el hábitat del erizo rojo y morado.

Capítulo I. Información y monitoreo

Erizo

En el cumplimiento hacia los procesos de sostenibilidad de la pesquería se ha desarrollado un programa permanente para el monitoreo de las condiciones de la pesquería. Este monitoreo recaba información de diferentes fuentes para consolidar el análisis del estado del stock con la mejor información disponible y con ello reducir el error.

El programa de monitoreo para la pesquería de erizo tiene los siguientes objetivos:

- Producir información biológica, ecológica y pesquera a través de monitoreos subacuáticos.
- Producir información de rendimiento gonadal y pesquera a través de muestreos en planta.
- Recabar información estadística pesquera nacional y bases de datos internacionales de variabilidad ambiental y cobertura de algas.

Descripción

Pronatura Noroeste, en colaboración con el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA) y la Universidad Autónoma de Baja California, han desarrollado un programa de monitoreo subacuático para recabar información biológica y ecológica de las condiciones de los bancos de erizo de las organizaciones productoras pesqueras. Se ha consolidado un [protocolo](#) que permite conocer: la densidad de erizos rojo y morado en los sitios de muestreo al inicio y fin de la temporada de pesca, la estructura de tallas de los bancos de erizo rojo aprovechado; la densidad y porcentaje de cobertura de macroalgas en los bancos de erizo; los cambios en la abundancia y cobertura de macroalgas; los cambios en la estructura de la comunidad de macroalgas; la abundancia de erizo rojo en relación con la abundancia de erizo morado. Previo a la apertura de la temporada de pesca (junio) y posterior al cierre de la misma (marzo) se realizan muestreos SCUBA, que consisten en realizar conteo y medición de todos los erizos presentes en 2 transectos de 10 m de largo por 2 m de ancho (1 m a cada lado del transecto), a una profundidad no mayor de 30 m y al menos en 2 bancos de erizo por localidad. Estos muestreos lo realizan buzos pescadores certificados en buceo científico en coordinación con buzos del INAPESCA. Adicionalmente, durante la temporada de captura se han desarrollado diversos muestreos aleatorios en las plantas de procesamiento con el objetivo de conocer la estructura de tallas de las capturas de erizo rojo, con la cautela de poder identificar debidamente el origen de la captura.

El incentivar el correcto llenado de las bitácoras de pesca oficial entre los pescadores ha sido de los avances más significativos del proceso impulsado. Se han realizado múltiples esfuerzos para transformar la cultura del llenado de dicho instrumento. La producción de correctos datos pesqueros ha sido fundamental para acceder a la información nacional a través de la CONAPESCA. Se obtiene información pesquera detallada por permisionario y por zona de captura. Esta información se registra tanto en los avisos de arribo como en una bitácora estandarizada para toda la pesquería de Baja California.

Macroalgas

Se obtiene información sobre la abundancia y cobertura de macroalgas, específicamente sargazo gigante, proviene del procesamiento de imágenes de satélite LANDSAT (Landsat 4, Landsat 5,

Landsat 6, Landsat 7, Landsat 8 y Landsat 9), de acuerdo con la metodología aplicada por Bell et al (2020). El seguimiento sobre abundancia y cobertura de sargazo gigante se realiza a través de <https://kelpwatch.org/> para analizar las imágenes de satélite y calcular la cobertura de algas en la región de Baja California.

Variabilidad ambiental

Para evaluar el impacto de la variabilidad en las condiciones ambientales a nivel local, se obtiene la temperatura superficial, considerado el mejor proxy a la variabilidad ambiental. Esta información se obtiene a través de la herramienta de predicción de clima de la Universidad de Colorado (Climate Predictability Tool) y otras instancias como la oficina de Satélites y operación de productos de la NOAA (<https://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/contour/index.html>).

Capítulo II. Estado del stock de erizo rojo (*Mesocentrotus franciscanus*) en Baja California.

Introducción

Se realizan dos tipos de evaluaciones tanto del estado del erizo rojo como del morado.

Monitoreo anual

Se realizan un muestreo subacuático antes del inicio y otro al final de la temporada de captura. Estas evaluaciones periódicas se utilizan de manera balanceada para establecer las acciones de manejo necesarias antes del inicio de cada temporada de pesca a partir de la densidad de erizo, así como factibilidad operativa y económica de acuerdo al estado gonadal.

Evaluaciones bianuales

Para ambas especies se realizan evaluaciones bianuales del estado del stock anual, a partir de la implementación de un modelo estructurado por tallas que contiene la variabilidad local de cada zona de captura para estimar parámetros poblacionales y puntos de referencia. El modelo se actualiza con los registros de captura y la talla promedio de los erizos capturados. Los resultados de estas evaluaciones se usan para determinar si las acciones de manejo anuales están teniendo el resultado esperado a nivel poblacional. Estos resultados pueden también ser complementados con información de las plantas de procesamiento.

Evaluación del estado de las poblaciones de macroalgas

Se utiliza como línea base la información mensual hasta el 2018; a partir de 2019 se cuenta con información cuatrimestral que permite evaluar la abundancia de bosques de sargazo a partir de imágenes satelitales (<https://kelpwatch.org/>). Esta información permite determinar el estado actual de los bosques de sargazo con respecto a la línea base para implementar las siguientes acciones:

Escenario 1: Biomasa de sargazo actual menor a la línea base, se procede a implementar el plan de recuperación en los sitios identificados. Si en estos sitios existen densidades de erizos mayores a 5 erizos m², esos erizos deberán ser reubicados en la periferia de la zona a recuperar mantos, proveyéndoles de alimento para evitar que se alimenten de las plántulas.

Escenario 2: Biomasa de sargazo actual igual a la línea base, se mantiene el seguimiento.

Escenario 3: Biomasa de sargazo actual mayor a la línea base, se espera una mejor calidad gonadal de los erizos aprovechados.

Este componente del manejo de la pesquería de erizo rojo se maneja de forma independiente, por lo que se menciona aquí con propósitos informativos únicamente, pero no hay resultados específicos sobre este tema.

Métodos

Se realizaron solicitudes de información a través del portal de transparencia para obtener información de producción diaria por permisionario y zona de captura para 2022. Se siguió la misma metodología aplicada para la evaluación realizada por Medellín - Ortiz et al (2020), primero transformando la captura total mensual en kilogramos de erizo rojo entero fue a número de erizos mediante:

$$N = \frac{1 \times 10^6}{w}$$

donde N es el número estimado de erizos en una tonelada de captura y w es el peso promedio en gramos para cada talla. La estructura de tallas de los erizos para 2022 fue el resultado de muestreos en planta, con erizos de talla promedio de 85 mm de diámetro de testa (SD 6.71, n=400) que se asemeja a la talla promedio de la captura de erizo rojo para el periodo entre 2016 y 2018. Se utilizó el análisis virtual de población basado en tallas el cual calcula la abundancia de individuos por talla mediante la siguiente ecuación:

$$N_{L1} = N_{L2} \left(\frac{L_{\infty} - L_1}{L_{\infty} - L_2} \right)^{M/K} + C_{1-2} \left(\frac{L_{\infty} - L_1}{L_{\infty} - L_2} \right)^{M/K}$$

donde N_i es el número de erizos de talla L_i , C_{1-2} es la captura en número de organismos entre las longitudes L_1 y L_2 , L_{∞} y k son parámetros de crecimiento y M es la mortalidad natural.

Se utilizó el promedio mensual de la temperatura superficial para las costas de Baja California durante 2021 para estimar la mortalidad natural mediante la ecuación de Pauly (1980):

$$\log(M) = 0.0066 - 0.279(\log \log(L_{\infty})) + 0.6543(\log \log(K)) + 0.4634(\log \log(T))$$

donde T es el promedio mensual de temperatura superficial para 2022.

Los parámetros de crecimiento L_{∞} y k fueron dependientes de la talla de los organismos ($L_{\infty} \geq 134.56 \leq 139.90$ mm, $k \geq 0.033 \leq 04.38$). Se utilizó la misma estructura de tallas para agrupar a los erizos en cuatro clases: Reclutas ($\geq 7 \leq 37$ mm), juveniles ($\geq 42 \leq 52$ mm), subadultos ($\geq 57 \leq 77$ mm) y adultos (≥ 80 mm). El número de organismos fue transformado a biomasa (B_i):

$$B_{Li} = \sum \frac{N_{L1} - N_{L2}}{Z_{L1,L2}} \times w$$

donde $Z_{L1,L2}$ es la mortalidad total para cada intervalo de clase calculada con:

$$Z_{Li} = F_{Li} + M_{Li}$$

donde F_u es la mortalidad por pesca para cada intervalo de talla calculada mediante la siguiente expresión:

$$F_{Li} = M_{L1,L2} \times \left(\frac{\left[\frac{C_{L1,L2}}{N_{L1} - N_{L2}} \right]}{1 - \left[\frac{C_{L1,L2}}{N_{L1} - N_{L2}} \right]} \right)$$

Las biomazas estimadas de subadultos y adultos fueron consideradas como biomasa del stock reproductivo, mientras que la biomasa de adultos fue considerada como la biomasa aprovechable. La suma de todas las biomazas y densidades se considera la biomasa y densidad poblacional. Además, se calcularon las proporciones de biomasa y mortalidad por pesca asociadas al máximo rendimiento sostenible (B/B_{MSY} , F/F_{MSY}) y se actualizaron los diagramas de fase (diagramas de Kobe) utilizando el software Kobeplot V5 (2019).

Resultados

Patrones de temperatura superficial del mar

Durante 2022, de acuerdo con la información obtenida para Baja California, los valores de temperatura superficial fueron cercanos a los valores previos al periodo de inestabilidad térmica ocasionada por la sinergia de eventos oceanográficos (onda cálida + evento El Niño) durante 2012 - 2016 (Fig. 1). Está tendencia es más clara cuando se observan los valores de promedio mensual de temperatura superficial durante 2022 (Fig. 1).

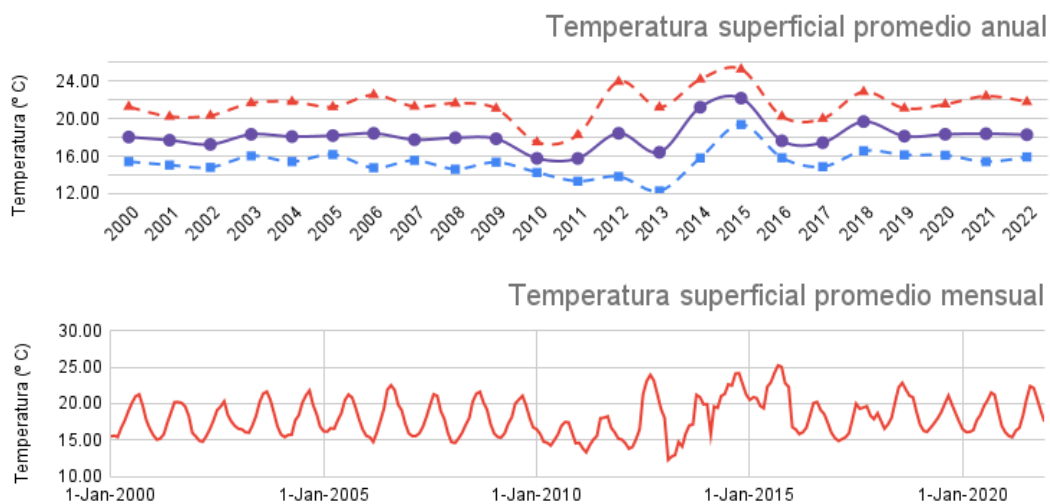


Figura 1. Temperatura superficial promedio anual con valores mínimos y máximos (panel superior) y temperatura mensual promedio para la región donde se captura erizo rojo en Baja California.

De acuerdo con la información de avisos de arribo para 2022 se registraron 1,352 ton de erizo rojo, con máximos de captura para los meses de octubre y noviembre, situación que resulta

diferente para toda la serie de tiempo donde los máximos de captura se registran durante los meses de julio, agosto y septiembre (Fig. 2).

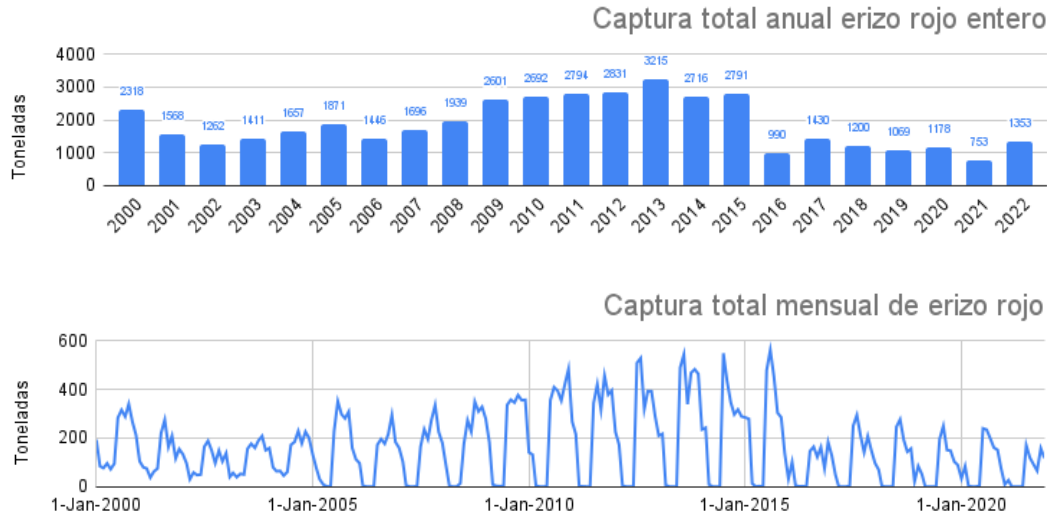


Figura 2. Captura total anual (panel superior) y mensual (panel inferior) de erizo rojo entero. En las capturas mensuales se puede observar el efecto de la veda oficial del 01 de marzo al 30 de junio de cada año.

Con base en los resultados del análisis basado en tallas y el área con sustrato disponible para erizo rojo en todas las zonas de captura, se observó que la densidad anual de la población de erizo rojo disminuyó ligeramente con respecto a 2021, pasando de 1.74 a 1.69 erizos m^{-2} (Fig. 3).



Figura 3. Densidad poblacional de erizo rojo en Baja California para el periodo entre enero de 2000 y diciembre de 2022.

En la representación gráfica de la biomasa y mortalidad relativas con respecto al máximo rendimiento sostenible (B/B_{MSY} , F/F_{MSY}) en los diagramas de Kobe, podemos observar que en 2022 existe un incremento en la biomasa poblacional de erizo rojo con niveles de $F/F_{MSY} < 1$, con respecto a lo estimado para 2021. Estos resultados sugieren que para 2022 la población de erizo rojo se encuentra en “recuperación” con respecto a la evaluación anterior y la biomasa poblacional se encuentra oscilando alrededor de $B/B_{MSY} \approx 1$ (Fig. 4). De acuerdo con análisis previos (ver Medellín - Ortiz et al., 2020, 2022), estas reducciones en la biomasa poblacional con bajas mortalidades por pesca podrían ser atribuibles a secuelas de los eventos de la onda cálida 2014-2015 en conjunto con el Niño 2015-2016, así como a la disminución de alimento o competencia con erizo morado.

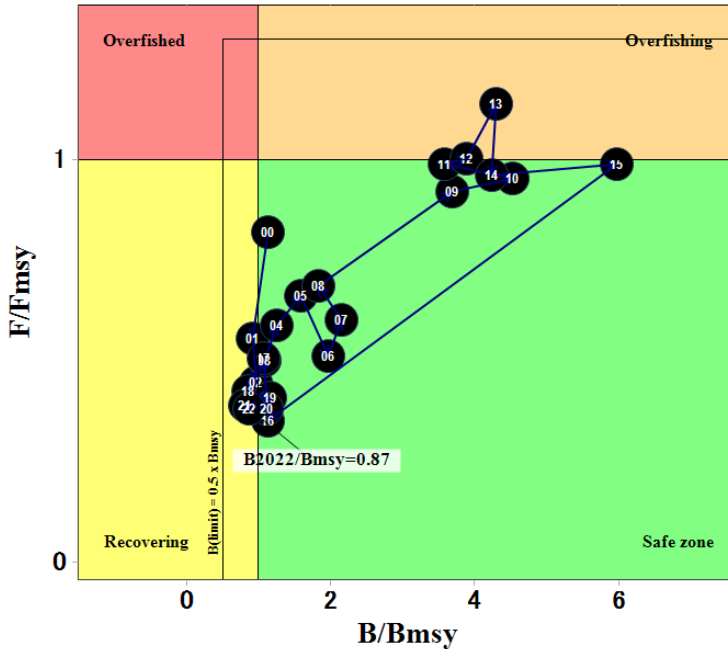


Figura 4. Diagrama de Kobe que representa la tendencia de la biomasa relativa en los últimos 24 años de la pesquería (actualizado de Medellín – Ortiz et al., 2020).

Capítulo III. Sistema de toma de decisiones, reglas de control y herramientas

Una regla de control para el erizo tiene tres componentes principales, uno que regula directamente la actividad pesquera en base al resultado esperado como consecuencia de las acciones de manejo. El segundo, responde con acciones de control de la pesquería, pero responde a efectos no relacionados con la pesca como puede ser la variabilidad ambiental. Finalmente, se agrega otro mecanismo de control pero que no responde a la abundancia del recurso sino a la calidad gonadal.

Manejo basado en el control de la mortalidad por pesca ante efectos directos de la pesquería. Los siguientes escenarios se relacionan a una respuesta del recurso a las acciones de manejo.

Escenario 1. Si la densidad de erizo es igual o mayor a 5 individuos por m^2 , mantener el esfuerzo pesquero. Mayor esfuerzo podrá ser considerado.

Escenario 2. Si la densidad de erizo es entre 3 y 4 individuos por m^2 , se evalúa la pertinencia de aplicar cualquiera de las siguientes acciones o ambas: **acción a)** reducir el esfuerzo pesquero entre un 20 y un 40% del nivel actual; **acción b)** evaluar la cobertura de los bosques de macroalgas y determinar si son factores que determinan la abundancia de erizo en el momento, de ser necesario, aplicar acciones de recuperación de bosques de macroalgas.

Escenario 3. Cuando se establece que por acción de la pesquería haya disminuido la densidad total de erizo a 2 o menos erizos por metro cuadrado, se activa el plan de recuperación de erizo y cesan las actividades de captura. La captura se reiniciará en el sitio cuando la densidad de adultos (erizos >80 mm) se recupere a 2 erizos por metro cuadrado.

Manejo basado en el control de la mortalidad por pesca ante efectos ajenos a la pesquería.

Cuando el monitoreo de las condiciones ambientales muestra anomalías que tienen el potencial de reducir la sobrevivencia del erizo rojo, activar un programa de respuesta que puede incluir la reducción del esfuerzo pesquero sobre erizo rojo a mediano plazo (dos o tres años). Con el erizo morado se monitorea tanto la abundancia como su distribución y en caso de detectar invasiones anómalas, activar un programa de manejo de erizo morado encaminado a mantener el hábitat lo menos alterado posible.

Manejo basado en rendimientos económicos.

Antecedentes. La disponibilidad de alimento para el erizo juega un papel importante en la rentabilidad de la pesquería, por lo que es necesario considerar la abundancia (biomasa) de sargazo gigante como factor que puede determinar el volumen de captura como función de la calidad gonadal. En este sentido, cuando por acciones de la variabilidad ambiental, hiper-agregación de erizo morado o cualquier otro factor, la biomasa de sargazo desaparezca (posible “barren”), se implementarán las medidas de recuperación de bosques de sargazo.

Escenario 1. Si el “barren” fue causado por condiciones ajenas a la hiper-agregación de erizo morado, se establecerán medidas de recuperación de acuerdo con las características del sitio. Estas medidas incluyen el sembrado de plántulas criadas ex-situ, que de acuerdo a las características de oleaje, corrientes, tipo de fondo, etc., podrán ser ubicadas en las localidades mediante “longlines” o grava verde. Además, estos sitios deben monitorearse para asegurar que no sean invadidos por algas no nativas.

Escenario 2. Cuando el “barren” haya sido causado por la hiper-agregación de erizo morado, se deberá iniciar la recuperación de los mantos desde los bordes exteriores hacia el centro, creando gradiente de mayor densidad de algas en el centro lejos de la mayor densidad de erizos. Los erizos podrán ser removidos del sitio únicamente si se cuenta con infraestructura para alimentarlos fuera del agua (estanques).

Escenario 3. En caso de que el “barren” haya sido causado por hiper-agregación de erizo rojo, se aplicará la misma estrategia de recuperación del manto, reubicando a los erizos rojos alrededor de los mantos a recuperar, a una distancia no mayor de 30 m, apoyando a la recuperación del manto mediante la provisión de alimento a los erizos en los márgenes del bosque (frondas de algas dentro de cajas o jaulas que permitan la entrada y salida de los erizos rojos y otros herbívoros). Bajo ningún escenario se deberá reubicar erizos rojos a otros mantos.