

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/326187362>

Protocolo de Monitoreo para Reservas Marinas – México 2018

Method · January 2018

CITATION

1

READS

886

5 authors, including:



Stuart Fulton

Comunidad y Biodiversidad A.C.

39 PUBLICATIONS 117 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Arturo Hernández-Velasco

Comunidad y Biodiversidad A.C.

43 PUBLICATIONS 85 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Jacobo Caamal

Comunidad y Biodiversidad AC

7 PUBLICATIONS 28 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Alvin Suárez

Pacific Alliance for Sustainable Tuna

34 PUBLICATIONS 96 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Libro SSF de TBTI [View project](#)



Marine reserves [View project](#)

PROTOCOLO DE MONITOREO PARA RESERVAS MARINAS



COBI

PROTOCOLO DE MONITOREO PARA RESERVAS MARINAS



Arturo Hernández Velasco, Jacobo Caamal, Alvin Suárez, Maria Fernanda Pérez Alarcón y Stuart Fulton

Comunidad y Biodiversidad A.C.

Calle Isla del Peruano #215

Colonia Lomas de Miramar

Guaymas, Sonora, México, CP 85440

Correo electrónico: cobi@cobi.org.mx (información)

Fotografía: Archivo COBI

Esta publicación debe citarse como:

Hernández Velasco, A, Caamal, J, Suarez, A, Pérez Alarcón, F, y Fulton, S. 2018.

Protocolo de Monitoreo para reservas marinas. Comunidad y Biodiversidad A.C., Guaymas, Sonora.

Para cualquier pregunta o comentario sobre este manual escribe al correo electrónico: rema@cobi.org.mx. Tus observaciones nos ayudarán a mejorar nuestros protocolos.

www.cobi.org.mx

PROTOCOLO DE MONITOREO PARA RESERVAS MARINAS

Arturo Hernández Velasco, Jacobo Caamal,
Alvin Suárez, Maria Fernanda Pérez Alarcón
y Stuart Fulton

Índice

| | |
|---|----|
| 1. Introducción | 8 |
| 2. Monitoreo | 10 |
| 3. Tipos de Censos | 13 |
| a. Censos Visuales | 15 |
| 4. Monitoreo biológico submarino | 22 |
| a. Evaluación en arrecife rocoso | 22 |
| a.i. Censos visuales de peces | 22 |
| a.ii. Censos visuales de invertebrados | 27 |
| a.iii. Censos visuales de bentos | 31 |
| b. Evaluación en arrecife coralino | 36 |
| b.i. Censos visuales de peces | 36 |
| b.ii. Censos visuales de invertebrados | 40 |
| b.iii. Censos visuales de bentos | 40 |
| c. Bosques de sargazo gigante y mantos de rodilitos | 44 |
| c.i. Censos visuales de peces | 44 |
| c.ii. Censos visuales de invertebrados | 45 |
| c.iii. Censos visuales de bentos | 47 |
| 5. Mapeo batimétrico | 56 |
| 6. Monitoreo oceanográfico | 58 |
| 7. Monitoreo de colectores de larvas | 60 |
| 8. Bibliografía | 62 |



Introducción

Comunidad y Biodiversidad (COBI) es una OSC mexicana que trabaja diseñando y aplicando esquemas de manejo pesquero con comunidades ribereñas interesadas en realizar actividades sustentables. Dentro del esquema de trabajo de los proyectos se incluye el monitoreo de varias áreas de pesca y de no pesca (reservas marinas), para evaluar los beneficios que estas últimas aportan a las pesquerías futuras.

Una pieza importante del monitoreo es el involucramiento de la comunidad. Ya que al involucrarlos se crea una mayor responsabilidad, tanto en la toma de datos, como en el entendimiento de los efectos que tienen sus actividades de aprovechamiento en las áreas de monitoreo. De esta forma, se ha logrado empoderar a la comunidad haciéndola participe de la conservación de sus recursos, además de generar una derrama económica por medio de un empleo temporal.

En años anteriores se ha capacitado exitosamente a más de 300 socios comunitarios, en comunidades pesqueras del Arrecife Mesoamericano, el arrecife rocoso del Golfo de California y el bosque de sargazo gigante de Baja California, desarrollando las capacidades de los socios comunitarios en técnicas de buceo con equipo SCUBA, primeros

auxilios y toma de datos en monitoreo. Dichas capacitaciones se basan en clases teórico prácticas de identificación de especies y técnicas de monitoreo, las cuales les ayudan para la evaluación del ecosistema en áreas de pesca y no pesca dentro de la localidad donde trabajan.

El presente protocolo se realizó con la inspiración de diferentes protocolos que se emplean en los tres ecosistemas prioritarios donde COBI trabaja. El objetivo principal es fortalecer las capacidades de los socios comunitarios, personal de áreas naturales protegidas, investigadores, estudiantes, y voluntarios en general, los cuales podrán conocer y aprender las diferentes técnicas de monitoreo, especies que se censan en estos ecosistemas prioritarios y así lograr una colecta de datos estandarizada a nivel nacional.

Monitoreo

El monitoreo consiste en la colecta sistemática de información sobre una o más especies a través del tiempo. Estos pueden ser empleados para todos los grupos de seres vivos (animales, plantas terrestres o acuáticas y el hábitat).

La periodicidad está basada en la obtención de resultados sobre el objetivo que se haya planteado, dependiendo del tiempo de duración el monitoreo.

A largo plazo es necesario el monitoreo por parte de las comunidades marinas para la obtención de datos, los cuales nos servirán para comparar los cambios ocurridos en los indicadores del ecosistema desde el año 1 hasta el año n, dependiendo de la pregunta que se quiera contestar y los recursos que se tengan para realizar el monitoreo.

Existen varios componentes que forman un ecosistema los cuales se encuentran relacionados y presentan interacción entre ellos. Por eso es necesario evaluar cada uno de estos componentes ya que podremos entender mejor los efectos y variaciones naturales o producidas por el hombre en las áreas del monitoreo. Conocer el estado del fondo marino y los diferentes hábitats nos permitirá ver el estado de cobertura de coral o algas, los cuales son de suma importancia para la distribución de las especies. El componente de la fauna y flora nos permitirá

El monitoreo consiste en la colecta sistemática de información sobre especies a través del tiempo.



Foto: Dra. Fiorenza Micheli (Universidad de Stanford) y Miguel Murillo (pescador de Isla Natividad, BCS) durante un monitoreo biológico

evaluar el estado de las poblaciones de aquellas utilizadas económicamente (peces para acuario o alimentación), de especies exóticas (especies de algas y/o peces introducidas), o de especies vulnerables (enlistadas en NOM-059, CITES, UICN) y de especies indicadoras que proporcionen información temprana sobre cambios que de otra manera no podríamos detectar.

La intensidad del monitoreo dependerá de los objetivos y del conocimiento de los fenómenos de interés. Es importante decidir la intensidad con respecto a tiempo y espacio. En general, los recursos económicos y humanos limitan la intensidad del monitoreo, por lo que es importante tomar decisiones adecuadas sobre el balance entre estos dos factores.

La periodicidad de los monitoreos depende del detalle con el que queramos conocer las tendencias. Las evaluaciones pueden ser diarias, estacionales, anuales, o multianuales. Es recomendable iniciar los programas de monitoreo con alta intensidad que se puede ir reduciendo una vez que se conoce el patrón de estacionalidad de las comunidades de interés y es posible escoger las mejores temporadas para hacer un monitoreo anual que represente el estado del ecosistema con las variables que este sufra por efectos naturales.

Existen varios aspectos que pueden sesgar el monitoreo, como la capacidad del observador, la facilidad de detección de los organismos o los métodos utilizados. Para minimizar los sesgos que se pueden presentar por las variables naturales, antes de cada monitoreo se capacita o da un recordatorio a las personas que participarán con la finalidad de sistematizar la forma de tomar los datos y así asegurarnos que todos tienen claro las medidas de los transectos y el área que estos cubrirán, así como también las especies objetivo.

Tipos de Censos

Los métodos descritos en este manual se centran en el uso de censos en secciones de un sitio (varios metros cuadrados) para detectar cambios a través del tiempo. Si bien existen diferentes métodos que ayudan para inspeccionar de manera rápida un área de gran extensión, un estudio preliminar (línea base) también puede ser útil en la selección de un área de estudio para un programa de monitoreo a largo plazo. El uso de fotografías aéreas y entrevistas con miembros de la comunidad son técnicas utilizadas para llevar a cabo este tipo de evaluación general.

La selección del tipo de metodología y los organismos a monitorear es de suma importancia ya que esto determinará los esfuerzos de capacitación y monitoreo que se deben de emplear durante el desarrollo del proyecto.

| Hábitat | Profundidad | Tipo de Monitoreo | | |
|---|-------------|---|---------------------|--|
| | | Submarino | Batimétrico | Oceanográfico |
| Arrecife Coralino | <20 m | Peces <ul style="list-style-type: none"> • Banda • Censo errante • Cilindro • Agregaciones reproductivas Invertebrados <ul style="list-style-type: none"> • Banda Béntico <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura de coral • Comunidad coralina • Reclutamiento de coral | Sondeo fondo marino | Conductividad Temperatura |
| Arrecife Rocoso | <20 m | Peces <ul style="list-style-type: none"> • Banda • Censo errante • Cilindro Invertebrados <ul style="list-style-type: none"> • Banda • Erizo y langosta Béntico <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura de Algas Algas | | Conductividad Temperatura Oxígeno disuelto |
| Plantas marinas (bosque de sargazo o mantos de rodolitos) | <20 m | Peces <ul style="list-style-type: none"> • Banda • Cilindro Invertebrados <ul style="list-style-type: none"> • Banda • Abulón Béntico <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura de Algas Algas <ul style="list-style-type: none"> • Mantos de Rodolitos • Cobertura de Algas | | Conductividad Temperatura Oxígeno disuelto |

Censos visuales

Introducción

El monitoreo de biodiversidad puede ser utilizado para muchos fines dependiendo de los objetivos de interés. En este caso, la técnica es utilizada para evaluar la efectividad de las reservas marinas a través de tendencias generales que indican el estado de salud de las poblaciones de organismos marinos dentro y fuera de las reservas. El monitoreo debe de estar enfocado en registrar información relevante del ecosistema. Es importante definir indicadores, o señales que puedan condensar información del ecosistema y reflejar cambios que puedan ser detectados a través del monitoreo. La información que se obtiene en el monitoreo permite conocer las interacciones entre especies y la estructura de la comunidad, incluyendo elementos bióticos y físicos del ecosistema.

Objetivos

- Estimar la biomasa y abundancia de especies clave para el ecosistema y especies de interés comercial dentro y fuera de las reservas marinas.

- Buscar señales de desbordamiento de especies de interés comercial a las áreas de pesca adyacentes a las reservas marinas.
- Evaluar la biodiversidad dentro y fuera de las reservas marinas.

Metodología

Las técnicas de monitoreo a usar en una reserva marina se deben de determinar con base en el tipo de ambiente marino, las especies de importancia ecológica que se busquen evaluar y el objetivo por el cual fue establecida la reserva marina. Las técnicas que se describen a continuación corresponden a ambientes marinos como arrecifes rocosos, arrecifes coralinos, y arrecifes con predominancia de plantas marinas (bosques de sargazo gigante, bosques de sargazo y mantos de rodolitos).

Los sitios de monitoreo deben ser representativos del o de los ambientes marinos en las reservas marinas, y deben de tener un sitio de control con características similares pero abierto a la pesca. Una vez que se han seleccionado y georreferenciado con un sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) los sitios a monitorear, se debe de realizar el plan de trabajo para la colocación de transectos al azar. La separación entre transectos se recomienda que sea de al menos 5 m de distancia. La disposición de los transectos dependerá de la continuidad del ecosistema que se monitorea (**Tabla 1**).

Las técnicas de monitoreo se determinan con el tipo de ambiente marino, las especies a evaluar y el objetivo de la reserva.



Tabla 1. Número de transectos por sitio según técnica de monitoreo a emplear (Hill et al., 2004; Shuman et al., 2010; Fernández- Rivera Melo et al., 2012; Suarez-Castillo et al., 2014)

| Tipo de Hábitat | Técnica de Monitoreo | Réplicas por Sitio | Información de Unidad de Muestro |
|---------------------------|----------------------------|--------------------|---|
| Arrecife coralino | peces (transecto) | 10 | 30 m de longitud x 2 m ancho x 2 m alto |
| | peces comerciales | 1 | un buceo errante de 30 minutos |
| | peces cilindro | 10 | radio de 7.5 m, 15 minutos de registro |
| | agregaciones reproductivas | | un buceo errante de 30 minutos |
| | invertebrados (transecto) | 10 | 30 m de longitud x 2 m ancho |
| | cobertura béntica | 6 | 30 m de longitud , registrando cada 25 cm |
| | comunidad coralina | 6 | 30 m de longitud, las colonias de coral que tocan la línea. |
| | reclutamiento de corales | 36 | 6 cuadrantes por transecto de 30 m de longitud. Cada 5m, un cuadrante de 25 x 25cm. |
| | Arrecife rocoso | peces (transecto) | 16 |
| peces comerciales | | 2 | un buceo errante de 30 minutos |
| peces cilindro | | 16 | radio de 7.5 m, 15 minutos de registro |
| invertebrados (transecto) | | 16 | 30 m de longitud x 2 m ancho |
| cobertura béntica | | 16 | 30 m de longitud x 2 m ancho |
| monitoreo erizo café | | 6 | 25 m de longitud x 4 m de ancho |
| monitoreo langosta | | 1 | un buzo errante de 40 minutos |

| | | | | |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|--|
| Plantas marinas | Bosque de sargazo | peces (transecto) | 2 | 30 m de longitud x 2 m ancho x 2 m alto |
| | | peces comerciales | 2 | un buceo errante de 30 minutos |
| | | invertebrados (transecto) | 10 | cuadrantes de 1 m ² |
| | | cobertura béntica | 10 | cuadrantes de 1 m ² |
| | | algas | 10 | cuadrantes de 1 m ² |
| | | densidad | 10 | cuadrantes de 625 cm ² |
| | | longitud | 30 | talos (3 talos por cuadrantes de 625 cm ²) |
| | | Bosque de sargazo gigante | peces (transecto) | 16 |
| | peces comerciales | | 2 | un buceo errante de 30 minutos |
| | peces cilindro | | 16 | radio de 7.5 m, 15 minutos de registro |
| | invertebrados (transecto) | | 16 | 30 m de longitud x 2 m ancho |
| | cobertura béntica | | 16 | 30 m de longitud x 2 m ancho |
| | algas | | 16 | 30 m de longitud x 2 m ancho |
| | monitoreo abulón | | 2 | Buceo errante 60 minutos |
| | Mantos de rodolitos | peces (transecto) | 2 | 30 m de longitud x 2 m ancho x 2 m alto |
| | | peces comerciales | 2 | un buceo errante de 30 minutos |
| | | invertebrados (transecto) | 10 | cuadrantes de 1 m ² |
| | | cobertura béntica | 10 | punto azaroso |
| | | algas | 10 | cuadrantes de 1 m ² |
| | | densidad | 150 | rodolitos (15 rodolitos por cuadrante de 625 cm ²) |
| | | largo, ancho y alto | 150 | rodolitos (15 rodolitos por cuadrante de 625 cm ²) |

Tabla 2. Equipo necesario para el monitoreo de biodiversidad

| Tipo de hábitat | | Equipo para todos | Equipo específico |
|-------------------|---------------------------|---|--|
| Arrecife coralino | | | Tubo de PVC marcado cada 10 cm Cuadrante de 25 cm ² para reclutas de coral Guía de identificación (opcional) |
| Arrecife rocoso | | | Tabla graduada con categorías de tallas Guía de identificación (opcional) |
| Plantas marinas | Bosque de sargazo | | Equipo de buceo autónomo Computadora de buceo Profundímetro |
| | Bosque de sargazo gigante | Brújula Cinta métrica de 30 m Lápices y tablas de apuntes Formato de monitoreo impreso en papel impermeable Carpeta para formatos (secos y húmedos) | Guía de identificación (opcional) Cinta métrica de 1 m |
| | Mantos de rodolitos | | Guía de identificación (opcional) Cuadrante de 1 m ² Cuadrante de 625 cm ² Punto azaroso Pie de rey Cuadrante de 1 cm ² Guía de identificación (opcional) |

Tabla 3. Colocación de transectos por tipo de formación arrecifal

| Tipo de hábitat | Colocación de transectos |
|--|--|
| Arrecife coralino | |
| Formaciones arrecifales cercanas a la barrera arrecifal | Paralelo a la costa |
| Formaciones arrecifales de macizos y canales | Sobre el macizo en las formaciones arrecifales generalmente perpendiculares a la costa |
| Formación de arrecife de parche rodeado de arena o pasto | Atravesando el parche, en caso de que la profundidad no lo permita se puede colocar al borde, rodeándolo |
| Arrecife rocoso | |
| Formación rocosa | Paralelo a la costa cubriendo estratos de profundidad 5-10 m, 10-15 m, 15-20 m |
| Plantas marinas (bosques o mantos de algas marinas) | |
| Ecosistema sargazo | Paralelo a la costa cubriendo estratos de profundidad 5-10 m, 10-15 m, 15-20 m |
| Ecosistema bosque de sargazo gigante | |
| Mantos de rodolitos | |

Monitoreo biológico submarino

Evaluación en arrecife rocoso

Los arrecifes rocosos han sido identificados como una fuente importante de recursos para la pesca artesanal (Cudney-Bueno y Turk-Boyer 1998).

La composición de los ensamblajes de especies asociadas a los sistemas arrecifales es el resultado de la interacción de muchos procesos que incluyen tanto factores bióticos asociados al reclutamiento, depredación, competencia y factores abióticos como el hábitat (Ebeling y Hixon 1991).

En México, los arrecifes rocosos están bien representados en todo el litoral costero del país: Golfo de México, Mar Caribe y Océano Pacífico, incluyendo el Golfo de California. Dichos arrecifes están formados por bloques de roca de diferentes tamaños distribuidos en el fondo que sirven de sustrato a una infinidad de algas e invertebrados así como refugio de peces.

Censos visuales de peces

Transecto de banda

Para la caracterización de la comunidad de peces en los sitios de muestreo se utiliza el censo visual, utilizando la técnica de transecto de banda.

Objetivo. Identificar si existen cambios en la riqueza, distribución y abundancia de especies de peces de importancia comercial y ecológica.

Método. Se identifican a nivel de especie, se cuentan y se estima el tamaño de todos los individuos de especies de peces que se observan dentro del espacio que comprende una distancia de 1 m a cada lado del transecto (2 m de ancho total), 2 m de altura del fondo a la superficie y aproximadamente 3 m hacia el frente (largo del túnel imaginario) hasta recorrer los 30 m de cinta (**Figura 1**). El buzo cuenta con un transecto o cinta métrica de 30 m de largo y debe de fijar un extremo de la cinta a una roca o estructura, sin causar daños al fondo, y nadar a una velocidad lenta y constante mientras se desenrolla la cinta y al mismo tiempo que registra las especies y tallas de peces observados. El tiempo contemplado para realizar el censo es entre 6 y 10 minutos. El buzo puede apuntar todas las especies de peces presentes en el sitio o puede utilizar una lista de especies claves predeterminada. Las tallas deben ser estimadas y registradas al centímetro más cercano para los organismos menores a 20 cm, mientras que los peces que midan más de 20 cm se registran con valores de cada 5 cm.

Indicadores. Riqueza específica; diversidad ecológica; densidad (individuos m^{-2}); biomasa promedio (gm^{-2}); estructura de tallas.

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la abundancia de especies clave y en la estructura de tallas y biomasa determinan cambios en la estructura trófica de la comunidad.

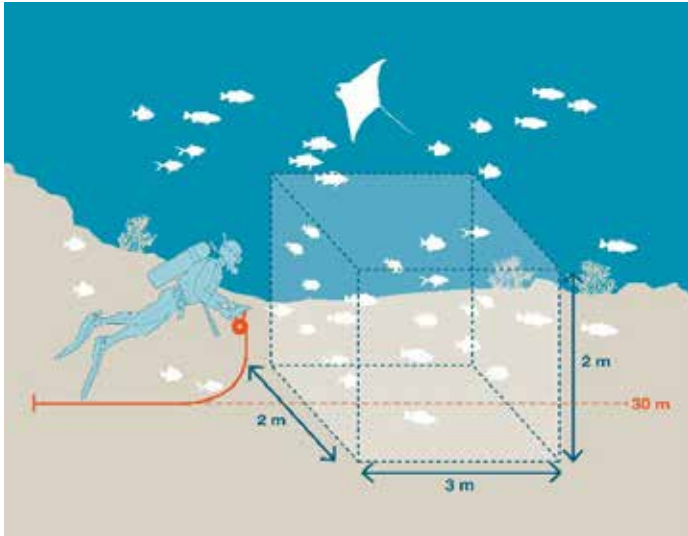


Figura 1. Transecto de banda de peces. Las líneas punteadas indican el área que se debe considerar para el censo de peces: 1 m a cada lado de la línea del transecto (2 m de ancho total) y 3 m al frente

Censo errante para especies de interés comercial

Para la caracterización de especies de interés comercial, se usa la técnica conocida como censo errante. Esta se realiza utilizando una lista de especies comerciales del área como referencia de lo que se va a registrar. El buzo errante permite el registro de especies comerciales menos comunes. Las especies varían por región pero por lo general incluyen las siguientes especies de grupos funcionales clave en el arrecife (Tabla 4).

Tabla 4. Especies de interés comercial

| Nombre común | Familia |
|------------------|-------------------------------|
| Mero, Cabrilla | <i>Serranidae</i> |
| Pargo | <i>Lutjanidae</i> |
| Jurel | <i>Carangidae</i> |
| Sierra | <i>Scombridae</i> |
| Boquinete, Vieja | <i>Labridae</i> |
| Cochito, Xcochin | <i>Balistidae</i> |
| Raya | <i>Dasyatidae</i> y otras |
| Tiburón | <i>Carcharhinidae</i> y otras |

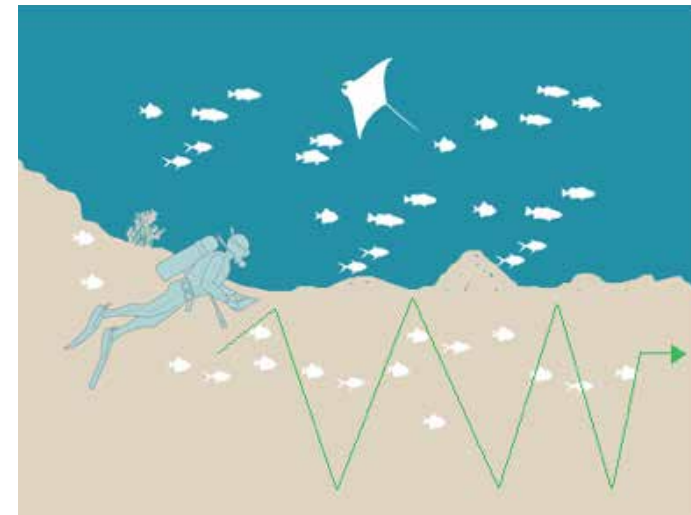


Figura 2. Técnica censo errante para especies de interés comercial (en línea verde dirección de nado en zigzag a través del arrecife)

Objetivo. Valorar cambios en la presencia, abundancia y estructura de tallas de especies de importancia comercial.

Método. En un buceo con duración de 40 minutos, un buzo nada en zigzag con un rumbo previamente determinado (paralelo a línea de costa o arrecife) para registrar las especies de interés comercial que se observan en el sitio. Además se estima la abundancia y las tallas con intervalos de 5 cm. El tiempo total del censo será dividido en cuatro profundidades 20 m, 15 m, 10 m y 5 m, el buzo nadara 10 minutos en cada profundidad siguiendo un patrón de zigzag de la zona profunda hacia la zona más somera. (Figura 2).

Indicadores. Riqueza específica; diversidad ecológica; abundancia, densidad aproximada (individuos/minuto); biomasa aproximada (kg/minuto); estructura de tallas de las poblaciones.

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la abundancia de especies clave y en su estructura de tallas determinan cambios en la estructura trófica de la comunidad.

Cilindro de peces

Los datos que genera la técnica de cilindro de peces complementan las técnicas de banda y el buzo errante. El buzo registra la abundancia y tamaño de los peces de interés registrando especies de hábitos pelágicos los cuales no son registrados con otras metodologías.

Objetivo. Valorar cambios en la distribución y abundancia de especies de peces de importancia comercial y ecológica.

Método. Se identifica la composición (especies y sus abundancias) y tallas de los peces que se observan dentro de un cilindro de 7.5 m de radio (aproximadamente 170 m² de muestreo), dentro de los cuales un buzo registra los organismos que atraviesan el área durante un periodo de 15 minutos. De este intervalo de tiempo el buzo dedica 10 minutos a contar especies conspicuas dentro de la columna de agua; los cinco minutos restantes los emplea para contar especies que se encuentran asociados al fondo, especies más conspicuas (Figura 3).

Indicadores. Riqueza específica; diversidad ecológica; densidad total (individuos m⁻²); biomasa total (g m⁻²); estructura de tallas de la población.

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la abundancia de especies claves y en la estructura de tallas y biomasa determinan cambios en la estructura trófica de la comunidad de peces

Censos visuales de Invertebrados

Transecto de banda

Este muestreo está dirigido al conteo de especies de invertebrados y especies bénticas de importancia ecológica y comercial.

Objetivo. Valorar cambios en la distribución, riqueza y abundancia de las especies de invertebrados.

Método. La composición (riqueza y abundancia) de invertebrados se determina dentro de un transecto de banda de 30 m de largo por

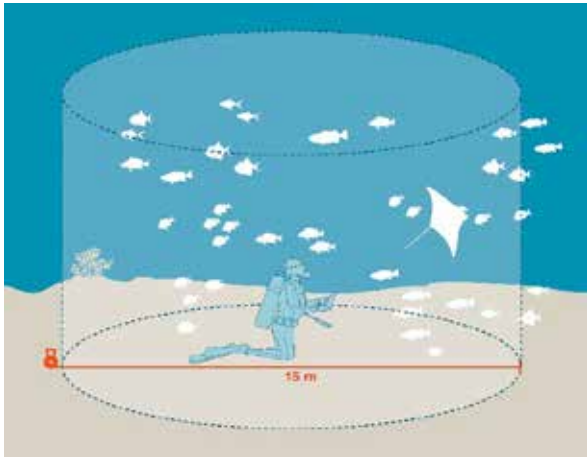


Figura 3. Técnica de monitoreo cilindro de peces.

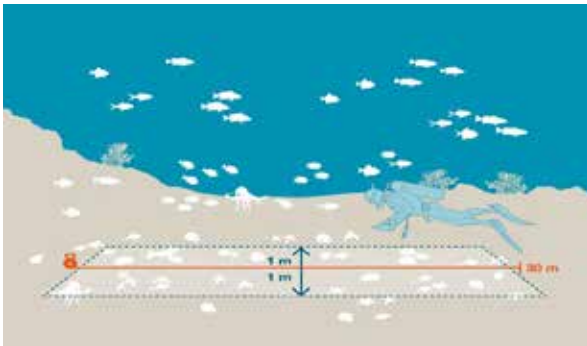


Figura 4. Transecto de banda de invertebrados. Las líneas punteadas indican el área que se debe considerar para el censo: 1 m a cada lado de la línea del transecto (2 m de ancho total).

2 m de ancho, al igual que los peces. El buzo a cargo de este muestreo debe realizar una inspección en huecos, grietas y debajo de las cabezas de coral, para localizar individuos encuevados. Además el buzo debe tener buen control de la flotabilidad para no golpear el fondo al estar tan cerca y para no espantar o dañar los organismos de interés y asociados. El buzo debe nadar lentamente a una velocidad constante, y el tiempo de duración de cada censo es de 6 minutos mínimo y 10 minutos máximo (Figura 4).

Indicadores. Densidad total (individuos m^{-2}); riqueza específica; diversidad ecológica.

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la abundancia de estas especies pueden determinar cambios en la estructura trófica de la comunidad.

Censo de erizo café

La evaluación del erizo café se realiza a través de un censo visual, utilizando la técnica de transecto de banda.

Objetivo. Evaluar cambios en la abundancia, densidad y talla del erizo café.

Método. La evaluación del erizo café se realiza a través del censo visual utilizando la técnica de transecto de banda de 30 m². Se identifican, cuentan y miden todos los erizos café que se observan dentro del espacio que comprende una distancia de 2 m a cada lado del transecto (4 m) hasta recorrer 25 m de largo (100 m²). Se realizarán un total de 6 transectos en cada sitio. El buzo debe nadar a una velocidad constante. El tiempo contemplado para realizar cada transecto es entre 10 y 15 minutos.

Indicadores. Abundancia total; densidad promedio (individuos m⁻²); biomasa promedio (kg m⁻²).

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la abundancia, densidad y talla de erizos.

Censo de langosta

La evaluación de la langosta se realiza a través del censo visual, utilizando la técnica conocida como buzo errante.

Objetivo. Evaluar cambios en la abundancia y densidad de la langosta.

Método. La evaluación de la langosta se realiza a través del censo visual, utilizando la técnica conocida como buzo errante, en donde el buzo nada a lo largo del arrecife por 40 minutos registrando todas las langostas presentes en el sitio. El buzo debe nadar a una velocidad constante. El tiempo total del censo será dividido en cuatro profundidades 20 m, 15 m, 10 m y 5 m, el buzo nadará 10 minutos en cada profundidad siguiendo un patrón de zigzag de la zona profunda hacia la zona más somera.

Indicadores. Abundancia total; densidad promedio (individuos/minutos); biomasa promedio (kg m⁻²).

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la abundancia y densidad de la langosta.

Censos visuales del bentos

Cobertura béntica

Objetivo. Valorar cambios en la cobertura del fondo marino por componentes bióticos y abióticos.

Método. El método que se utiliza es denominado “punto de contacto uniforme” y consiste en coleccionar tres tipos de datos característicos del hábitat, a intervalos fijos de un metro a lo largo de un transecto de 30 m de largo.

Los datos colectados en cada punto son:

1. Tipo de sustrato: se considera al fondo inerte en donde se llegan a fijar los organismos, y se divide en cinco categorías basadas en el tamaño (Tabla 5).
2. Cobertura: porcentaje de espacio cubierto por algas u organismos sésiles. En esta sección se cuenta con categorías que van desde moluscos sésiles, corales, gorgonias y algas (Tabla 5).
3. Relieve: medida que nos permite cuantificar la elevación del fondo considerando las estructuras que se encuentren en el o la pendiente del terreno. Este se calcula determinando la altura entre el punto más alto y el más bajo dentro de una caja imaginaria de 1 x 0.5 m frente el buzo (Tabla 5).

Un total de 16 transectos se realizan en cada sitio a tres diferentes profundidades: 5 m, 12 m y 18 m. El buzo debe nadar a una velocidad constante. El tiempo contemplado para realizarlo es entre 6 y 10 minutos por transecto.

Indicadores. Tipos y porcentaje de cobertura; heterogeneidad del fondo.

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la cobertura del fondo ayudan valorar los cambios en el hábitat.



Los arrecifes rocosos están formados por bloques distribuidos en el fondo que sirven de sustrato a algas e invertebrados además de refugio para peces.

Tabla 5. Categorías de sustrato, cobertura y relieve para el censo de punto contacto uniforme

| Bosque de sargazo gigante | | Arrecife rocoso | | Arrecife de coral | |
|---------------------------|---|-----------------|------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Clave | Sustrato | | | | |
| A | Arena (partículas menores de 0.5cm) | | | | |
| G | Gravilla (piedras entre 0.5 cm -15 cm) | | | | |
| B | Bloque (piedras entre 15 cm - 1 m) | | | | |
| R | Roca de Fondo (piedras o basalto mayores de 1 m) | | | | |
| O | Otro (restos de conchas marinas etc.) | | | | |
| Clave | Cobertura | Clave | Cobertura | Clave | Cobertura |
| N | Ninguna | N | Ninguna | CB | Coral blando |
| C | Algas cafés (sargazo gigante, <i>pterygophora</i> , coliflor y laminaria) | AR | Algas Rojas | CD | Coral duro |
| OC | Otras algas café incluyendo las especies cafés invasivas | AV | Algas Verdes | EE | Esponjas erectas |
| V | Algas Verdes | AC | Algas Cafés | EI | Esponjas incrustantes |
| R | Algas Rojas | ACI | Algas Coralinas Incrustantes | AC | Algas carnosas |
| CO | Algas Coralinas Articuladas | ACA | Algas Coralinas Articuladas | AD | Algas duras |
| L | Algas coralinas incrustantes | RO | Rodolitos | AR | Algas rojas |

| RO | Rodolitos | G | Gorgonias | AF | Algas filamentosas |
|-------|-------------------------|-----|-------------------------|----------|---------------------|
| G | Gelidium spp | SC | Supera Capa | TAS | Turf-Alga-Sedimento |
| P | Pasto Marino | PO | Porites sp. | P | Pasto marino |
| IS | Invertebrado Sedentario | PS | Psammocora sp. | CIA-MOHO | Cianobacterias |
| IM | Invertebrado Móvil | POC | Pocillopora sp. | A | Arena |
| | | PA | Pavona sp. | E | Escombros |
| | | T | Tubastrea sp. | TAS | Tunicado |
| | | IS | Invertebrado Sedentario | Z | Zoantido |
| IM | Invertebrado Móvil | | | | |
| Clave | Rugosidad | | | | |
| 0 | 0 - 10 cm | | | | |
| 1 | 10 cm - 1 m | | | | |
| 2 | 1 m - 2 m | | | | |
| 3 | > 2 m | | | | |

Evaluación en arrecife coralino

Los arrecifes coralinos o arrecifes de coral constituyen uno de los ecosistemas más diversos, productivos y vulnerables de los mares, en el cual habitan una infinidad de especies de peces, crustáceos, equinodermos, moluscos e invertebrados. Los organismos encargados de formar la estructura básica de los arrecifes coralinos son los pólipos de coral. Estos pequeños animales pertenecen junto con las medusas y anémonas al grupo de los cnidarios (Phylum: Cnidaria). Los corales son animales que viven unidos formando colonias de hasta miles de individuos llamadas coral. Al conjunto de varias colonias de diferentes especies de coral las conocemos como arrecifes coralinos.

En México se reconocen tres zonas de arrecifes coralinos: la costa del Pacífico (que incluye algunos de los estados costeros, además de las Islas Mariás y Revillagigedo), las costas de Veracruz y Campeche en el Golfo de México y la costa este de la Península de Yucatán (desde Isla Contoy hasta Xcalak, incluyendo al atolón de Banco Chinchorro) (Oliver et al., 2004; McField y Kramer 2007)

Censos visuales de peces

Transecto de banda

Objetivo. Valorar cambios en la distribución y abundancia de especies de peces de importancia comercial y ecológica.

Método. Para la caracterización de la comunidad de peces en los sitios de muestreo se utiliza el censo visual, utilizando la técnica de transecto de banda. Se identifican, cuentan y se estima el tamaño de todos los in-

dividuos de especies de peces que se observan dentro del espacio que comprende una distancia de 1 m a cada lado del transecto (2 m de ancho), y aproximadamente 2 m hacia el frente (largo del túnel imaginario) hasta recorrer los 30 m (**Figura 1 en la página 24**). El buzo debe nadar a una velocidad constante. El tiempo contemplado para realizarlo es entre 6 y 8 minutos por transecto. El buzo puede registrar todas las especies de peces presentes en el sitio o utilizar una lista de especies claves predeterminada. La talla aproximada se registrará agrupándola en seis categorías o intervalos de clase: 0 a 5 cm, 6 a 10 cm, 11 a 20 cm, 21 a 30 cm, 31 a 40 cm, y > 40 cm LT (longitud total). Si el pez registrado es más grande que 40 cm LT, el buzo anotará la talla estimada (esto puede ayudar en el cálculo de biomasa) (Almada-Villela et al., 2003; CARICOMP, 2001; Lang et al., 2010).

Indicadores. Riqueza específica; diversidad ecológica; densidad (individuos m⁻²); biomasa (kg m⁻²); estructura de tallas de la población.

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la abundancia de especies claves y en la estructura de tallas y biomasa determinan cambios en la estructura trófica de la comunidad.

Censo errante para especies de interés comercial

Para la caracterización de la comunidad de especies de interés comercial, se usa la técnica conocida como buzo errante. Esta se realiza utilizando una lista de especies comerciales del área como referencia de lo que se va a registrar. El buzo errante permite el registro de especies comerciales menos comunes. Las especies varían por región pero por lo general incluyen las especies de grupos funcionales clave en el arrecife (**Tabla 4 en página 24**).

Objetivo. Valorar cambios en la distribución y abundancia de especies de importancia comercial.

Método. En un buceo con duración de 30 minutos en zigzag se registran las especies de interés comercial observadas con el nombre científico o común a nivel de especie y se estima la talla y abundancia en cada profundidad, siguiendo un patrón de zigzag de la zona profunda hacia la zona más somera. (Figura 2 en página 24).

Indicadores. Riqueza específica; diversidad ecológica; densidad aproximada (individuos/minutos); biomasa aproximada (kg/minutos); estructura de tallas de las poblaciones.

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la abundancia de especies clave y en su estructura de tallas determinan cambios en la estructura trófica de la comunidad.

Agregaciones reproductivas de peces

Los datos que genera la técnica de agregaciones reproductivas de peces ayudan contabilizar los peces dentro de una reserva marina que se agregan en una temporada y sitio en específico para su reproducción. El buzo registra la abundancia y tamaño de los peces que muestran comportamientos, coloración y características morfológicas que evidencian su estado reproductivo.

Objetivo. Valorar cambios en la abundancia y número de especies de peces de importancia comercial y ecológica que se están agregando en un sitio para reproducirse.

Método. Se identifican las agregaciones reproductivas de peces de acuerdo a su comportamiento y coloración, al identificar que en realidad es una agregación reproductiva, se identifica la composición (especies y sus abundancias) y tallas de los peces que se observan dentro de la agregación reproductiva. El buzo nada a lo largo del arrecife durante un periodo de 30 minutos. De este intervalo de tiempo el buzo dedica su buceo a buscar otras agregaciones y comportamientos de las especies de peces.

Indicadores. Densidad total (individuos); biomasa total (kg); estructura de tallas de la población.

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la abundancia de especies claves y en la estructura de tallas y biomasa.

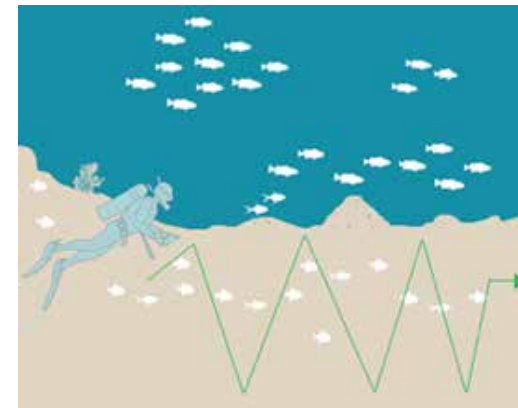


Figura 5. Técnica de monitoreo búsqueda de agregaciones reproductivas de peces

Censos visuales de invertebrados

Transecto de banda

Objetivo. Valorar cambios en la distribución y abundancia de las especies de invertebrados clave.

Método. Este muestreo está dirigido a la búsqueda y conteo de todas las especies de invertebrados y especies bénticas de importancia ecológica y comercial. El muestreo se realiza contando en cada sitio todos los organismos observados dentro de 10 transectos de banda de 2 m de ancho por 30 m de largo cada uno. El buzo a cargo de este muestreo debe realizar una inspección minuciosa en huecos, grietas y debajo de los cabezas de coral, para localizar individuos encuevados. El buzo debe tener buen control de la flotabilidad para no golpear el fondo al estar tan cerca y para no espantar los organismos de interés. Se registra todos los individuos pertenecientes a especies de invertebrados de importancia ecológica (**Figura 5 en la página 28**).

Indicadores. Densidad (individuos m⁻²); riqueza específica; diversidad ecológica.

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la abundancia de estas especies pueden determinar cambios en la estructura trófica de la comunidad.

Censos visuales del bentos

Cobertura béntica

Objetivo. Valorar cambios en la cobertura de los componentes bióticos y abióticos del fondo marino.

Método. El método de muestreo utilizado se denomina “punto de intersección” y consiste en registrar la cobertura béntica que se observe debajo de puntos predeterminados en la línea de transecto. Se identifica y registra el tipo de cobertura biótica del sustrato que se observe cada 25 cm por debajo de la línea del transecto de 30 m. Se realizan seis transectos de 30 m por sitio.

Indicadores. Riqueza específica; diversidad ecológica; cobertura (%).

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la cobertura de coral duro, asociados con cambios en cobertura de cualquier otro elemento béntico, incluidos los componentes abióticos, ayudan a valorar la naturaleza e intensidad de cambios en el hábitat (**Tabla 5**).

Comunidad coralina

Las especies de coral duro (Scleractinia) presentes en un sitio proporcionan información sobre las condiciones y el hábitat. Mientras que algunas especies son indicadores de estrés o perturbaciones, la salud de las colonias individuales también proporciona información sobre el ecosistema cuando hay presencia de enfermedades, estrés o blanqueamiento.

Objetivo. Evaluar la estructura y condición de la comunidad coralina.

Método. La caracterización de la comunidad coralina se realiza mediante el uso de un transecto de línea. Se registran todas las especies de colonias de coral duro (Scleractinia) que se encuentren por debajo de la línea que delimita el transecto de tamaño igual o mayor a 4 cm

de diámetro. Para se pueda registrar el coral tiene que estar tocando la cinta del transecto. Se realizan seis transectos de 30 m en cada sitio. Se registran datos de tamaño y condición: mortalidad parcial, infección por enfermedades, blanqueamiento y dominancia de otros organismos que afectan el crecimiento de la comunidad arrecifal.

Indicadores. Riqueza específica; diversidad ecológica; estructura de tamaños de las poblaciones; grado de mortalidad parcial (%); prevalencia de afecciones (%).

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la distribución, abundancia y condición de las colonias de coral, en particular de las de especies clave, sugieren cambios ambientales abruptos y condiciones de estrés. Su persistencia puede determinar cambios importantes en la estructura de la comunidad.

Reclutamiento de coral

Dirigido a valorar la tasa de reclutamiento de corales en el arrecife. La presencia de macroalgas puede prevenir el asentamiento de los juveniles de corales en el arrecife aunque una población saludable de peces herbívoros puede promover asentamiento pues liberan espacio en el fondo. Muchos reclutas podrían significar un ecosistema en recuperación.

Objetivo. Medir la tasa de reclutamiento de corales.

Método. A lo largo de un transecto de 30 m se realizan seis cuadrantes de 25 x 25 cm, uno cada cinco metros. Dentro de cada cuadrante se registra la presencia de reclutas de dos categorías: 0-2 cm y 2-4 cm.

Identificando al menos el género del coral, debido a la dificultad en identificar corales pequeños.

Indicadores. Densidad de reclutas (individuos m⁻²), especies presentes.

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la tasa de reclutamiento de corales duros y la capacidad de recuperación del arrecife. Muchos reclutas podrían significar un ecosistema que se está recuperando.

Evaluación en sargazo gigante y mantos de rodolitos

Censos visuales de peces

Transectos de banda

Para la caracterización de la comunidad de peces en los sitios de muestreo se utiliza el censo visual, utilizando la técnica de transecto de banda.

Objetivo. Valorar cambios en la distribución y abundancia de especies de peces de importancia comercial y ecológica.

Método. Visualmente se identifican, cuentan y se estima el tamaño de todos los individuos de especies de peces que se observan dentro de un transecto de banda, en un espacio que comprende una distancia de 1 m a cada lado del transecto (2 m de ancho) y aproximadamente 2 m hacia el frente (largo del túnel imaginario) hasta recorrer los 30 m (Figura 1 en página 24). El buzo nada a una velocidad constante, recorriendo el transecto entre 6 y 10 minutos, para registrar todas las especies de peces presentes en el sitio o identificar las especies clave de una lista predeterminada. Las tallas deben ser registradas al centímetro más cercano para los organismos menores a 20 cm, mientras que los peces que midan más de 20 cm el intervalo será cada 5 cm.

Indicadores. Riqueza específica; Densidad (individuos m^{-2}); diversidad ecológica; biomasa (gm^{-2}); estructura de tallas de la población.

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la riqueza, densidad y diversidad, y en la estructura de tallas y biomasa determinan cambios en la estructura de la comunidad y en su estructura trófica.

Censos visuales de invertebrados

Transecto de banda

Este muestreo está dirigido a la búsqueda y conteo de todas las especies de invertebrados y especies bénticas de importancia ecológica y comercial.

Objetivo. Valorar cambios en la distribución y abundancia de las especies de invertebrados.

Método. La composición de invertebrados epibénticos (riqueza de especies y sus abundancias) de importancia comercial y/o ecológica se determinan a lo largo de un transecto de banda de 2 m de ancho por 30 m de largo cada. El buzo a cargo de este muestreo debe realizar una inspección minuciosa en huecos, grietas y debajo de los cabezos de coral, para localizar individuos encuevados. Además, debe tener un buen control de su flotabilidad para no golpear el fondo al estar tan cerca y para evitar espantar a los organismos de interés.

Indicadores. Riqueza específica; densidad (individuos m^{-2}); diversidad ecológica.

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la riqueza, densidad y diversidad pueden determinar cambios en la estructura de la comunidad y en su estructura trófica.

Censo de abulón

En la costa mexicana del Pacífico templado la pesca de abulón ha sido una actividad de suma importancia económica desde la década de 1940. Aunque el abulón continúa siendo una especie comercial impor-

tante, actualmente su abundancia es una fracción mínima de lo que llegó a ser históricamente.

Objetivo. Evaluar cambios en la distribución y abundancia de especies de abulón.

Método. Una pareja de buzos recorre el mayor terreno posible en el sitio y cuenta el número de abulones. Se registra la especie, la talla de cada abulón (con un pie de rey o caliper), la abundancia y frecuencia de tallas de cada agregación reproductiva; contando el tiempo transcurrido entre la observación de agregaciones. Se consideran dentro del mismo parche o agregación los abulones cuando la distancia entre un organismo y otro no excede un metro. Es importante que se haga el muestreo desde los 18 m hasta la zona más somera (entre 2 m y 5 m) ya que las especies de abulones presentan una distribución vertical muy marcada. Los buzos deben registrar la dirección y el tiempo empleado en encontrar cada abulón. El tiempo de buceo debe de ser de 60 minutos por replica. En cada sitio se recomienda realizar ocho replicas, este número dependerá del área de hábitat potencial para el abulón.

Indicadores. Distancia entre grupos reproductivos; densidad total (individuos m^{-2}); biomasa total ($g m^{-2}$); estructura de tallas de la población.

Criterio de los indicadores. Densidades óptimas y aumento en la abundancia indican recuperación de la población.

Censos visuales del bentos

Cobertura béntica

El muestreo de cobertura béntica tiene el propósito de coleccionar información útil para analizar los cambios en la cobertura del fondo marino.

Objetivo. Valorar cambios en la cobertura de los componentes bióticos y abióticos del fondo.

Método. El monitoreo de los componentes del fondo se realiza mediante el método denominado “punto de contacto uniforme”, el cual consiste en coleccionar tres tipos de datos del hábitat, a intervalos fijos de un metro a lo largo de un transecto de 30 m de largo (**Tabla 5**):

1. Tipo de sustrato: fondo inerte en donde se llegan a fijar los organismos. Se divide en cinco categorías basadas en el tamaño.
2. Cobertura: porcentaje de espacio cubierto por algas u organismos sésiles. Las categorías van de moluscos sésiles, corales, gorgonias hasta algas.
3. Relieve: medida que nos permite cuantificar las elevaciones del fondo considerando las estructuras que se encuentren en el o la pendiente del terreno. Este se calcula determinando la altura entre el punto más alto y el más bajo dentro de una caja imaginaria de 1 m x 0.5 m frente el buzo.

Se realizan un total de 16 transectos en cada sitio, en tres diferentes profundidades 5 m, 12 m y 18 m. El buzo debe nadar a una velocidad constante para realizar el monitoreo en un tiempo estimado de entre 8 minutos y 10 minutos.

Indicadores. Porcentaje de cobertura; porcentaje de cobertura; porcentaje de sustrato.

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la cobertura del fondo ayudan a evaluar la naturaleza e intensidad de cambios en el hábitat.

Cobertura de algas

Objetivo. Valorar cambios en la abundancia de *Macrocystis* (Sargazo gigante: nombre dado por pescadores) y *Eisenia* (Coliflor: nombre dado por pescadores).

Método. Se identifican y se cuenta el número de estipes (“tallos o guías”) de todos los individuos de especies de *Macrocystis* e *Eisenia* que se observan dentro del espacio que comprende una distancia de 1 m a cada lado del transecto (2 m de ancho), hasta recorrer los 30 m. El buzo debe contar el número de estipes (tallos o guías) de cada organismo a un metro arriba del fondo que se encuentren directamente sujetadas al sustrato. El tiempo contemplado para realizarlo es entre 6 y 10 minutos por transecto. El buzo debe registrar también especies de algas invasoras únicamente como presentes o ausentes.

Para el caso particular de *Macrocystis* se cuenta el número de estipes (“tallos o guías”) por cada “tronco” (>1 metro arriba del fondo). El conteo de guías de *Macrocystis* se realiza con los dedos; a medida que pasa los dedos por entre las guías del sargazo se cuenta su número (Figura 6). Cuando el bosque de sargazo gigante se encuentra muy denso se recomienda el número de guías que caben en un “puñado” y entonces contar el número de puñados.

Indicadores. Densidad (individuos m⁻²).

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la abundancia y densidad del bosque de sargazo gigante.



Figura 6. Conteo del número de guías de *Macrocystis* spp.

Bosques de sargazo

Los bosques de sargazo son ecosistemas costeros formados por algas pardas (División Ochrophyta, Orden Fucales) del género *Sargassum*. En México, los sargazos (nombre dado por pescadores) están bien representados en todo el litoral costero del país: Golfo de México, Mar Caribe y Océano Pacífico, incluyendo el Golfo de California (Figura 7) (Fajardo-León 1994).



Figura 7. Bosques de sargazo a lo largo de la costa rocosa del Golfo de California.

Objetivo. Evaluar la condición de los bosques de sargazo y su biodiversidad asociada (fauna y flora).

Método. La composición (riqueza de especies y abundancias) y talla de peces conspicuos se registra a lo largo de un transecto de banda de 2 m de ancho x 50 m de largo, distribuidos en la parte media del bosque y paralelos a la línea de costa. El buzo nada 0.5 m separado del fondo a una velocidad constante para registrar todas las especies de peces presentes en el sitio.

Las tallas deben de ser registradas al centímetro más cercano para los organismos menores a 20 cm, mientras que aquellos que midan más de 20 cm el intervalo será cada 5 cm. A lo largo del transecto, se realiza un total de 5 grupos de cuadrantes, uno cada 10 m, el cual consiste de un cuadrante de 1 m x 1 m (1 m²) y otro de 25 cm x 25 cm (625 cm²) (Figura 8). Dentro del cuadrante de 1 m², se registra el porcentaje de cobertura de los componentes abióticos (i.e. roca, arena) y bióticos (i.e. *Sargassum*, coral), la composición de algas (riqueza) y de invertebrados epibénticos visibles (riqueza de especies y abundancias; > 1 cm). Mientras que el cuadrante de 625 cm² se coloca en una esquina del cuadrante de 1 m² para registrar la densidad (# de ramas) y talla de *Sargassum* (3 talos por cuadrante). La densidad se determina identificando y contabilizando el número de ramas de sargazo por arriba de 8 cm del fondo y la talla con el uso de una cinta métrica. En bosques con extensiones pequeñas se realizan transectos de 25 m de longitud.

Indicadores

- Peces. Riqueza específica; densidad (individuos m⁻²); diversidad ecológica; biomasa (gm⁻²); estructura de tallas de la población.
- Cobertura de componentes bióticos y abióticos. Porcentaje de cobertura de cada componente m⁻².
- Algas. Riqueza específica.
- Invertebrados epibénticos. Riqueza específica, diversidad ecológica, densidad (individuos m⁻²).
- Sargazo. Longitud (cm), densidad (# ramas de sargazo/625 cm²).

Criterio de los indicadores

- Peces e invertebrados: cambios significativos en la riqueza, densidad y diversidad, y en el caso de peces la estructura de tallas y biomasa, pueden determinar cambios en la estructura de la comunidad y en su estructura trófica.
- Cobertura de componentes del fondo y algas: cambios en la cobertura de los componentes del fondo y presencia de especies de algas ayudan a inferir cambios en el hábitat y la posible presencia de algas invasoras.
- Sargazo: cambios en la talla y densidad de sargazo ayuda a inferir cambios en la condición del hábitat.

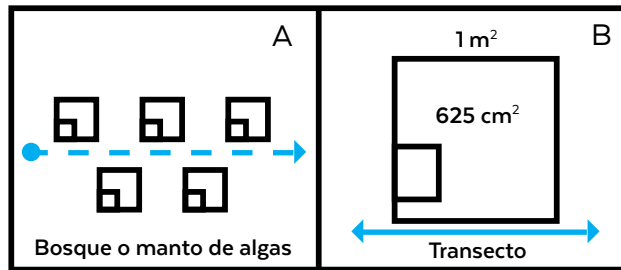


Figura 8. A. Bosque de sargazo: transecto de banda (línea verde punteada) para el monitoreo de peces, distribuido en la parte media del bosque con 5 grupos de cuadrantes (cuadros con líneas blancas). B. Grupo de cuadrantes para el monitoreo de los componentes benthicos e invertebrados (cuadrante de 1m²) y condición del hábitat (cuadrante de 625 cm²).

Mantos de rodolitos

Ecosistema costero formado por algas rojas calcáreas no geniculadas de vida libre (División Rhodophyta, Orden Corallinales) (Figura 9). La profundidad a la que se encuentran estos mantos va desde la zona intermareal más baja hasta profundidades de más de 280 m (Foster, 2001). Algunos de los géneros formadores de estos mantos son *Lythophyllum*, *Lithothamnion*, *Neogoniolithon*, entre otros (Riosmena-Rodríguez et al., 1999; Riosmena-Rodríguez, 2002).



Figura 9. Mantos de rodolitos en la zona submareal del Golfo de California.

Objetivo. Evaluar la condición de los mantos de rodolitos y su biodiversidad asociada (fauna y flora).

Método. La composición (riqueza de especies y abundancias) y talla de peces conspicuos se registra a lo largo de un transecto de banda de 2

m de ancho x 25 m de largo, distribuidos en la parte media del manto y paralelos a la línea de costa (**Figura 4 en la página 28**). El buzo nada 0.5 m separado del fondo a una velocidad constante para registrar todas las especies de peces presentes en el sitio.

Las tallas deben de ser registradas al centímetro más cercano para los organismos menores a 20 cm, mientras que aquellos que midan más de 20 cm el intervalo será cada 5 cm. A lo largo del transecto, se realiza un total de 5 grupos de cuadrantes, uno cada 5 m, el cual consiste de un cuadrante de 1 x 1 m (1 m²) y otro de 25 x 25 cm (625 cm²) (**Figura 8 en página 52**). Dentro del cuadrante de 1 m², se registra la composición de algas (riqueza) y de invertebrados epibénticos visibles (riqueza de especies y abundancias; > 1 cm). Además, dentro de este cuadrante se coloca la barra de punto azaroso (barra de PVC de 1 m con una cuerda de 1.2 m con 5 nudos distanciados 0.2 m el uno del otro) para estimar el porcentaje de cobertura de los componentes. El cuadrante de 625 cm² es colocado en una esquina del cuadrante de 1 m² par coleccionar todos lo rodolitos vivos que se encuentran en la capa superficial del fondo. Una vez en tierra firme, 15 rodolitos de cada cuadrante se eligen azarosamente para determinar la densidad (# de ramas/cm²) y el análisis de frecuencia de tallas (largo, ancho y alto; la talla se determina con el uso de un pie de rey).

Los bosques de sargazo giganteson las selvas tropicales del mar.



Monitoreo batimétrico

Objetivo. Identificar y caracterizar los diferentes estratos de profundidad en los sitios de monitoreo, así como también ayudar a identificar sitios con agregaciones reproductivas de peces o cambios en los tipos de fondo marino.

Método. Se identifican junto con los miembros de la comunidad el área donde se requiere hacer la batimetría. Si es posible se recomienda ingresar los puntos de GPS para tener un polígono de monitoreo base (ingresar los puntos de GPS al equipo de batimetría).

Se comienzan a hacer recorridos por toda la parte externa del polígono del sitio, hasta tener toda la parte exterior del área marcada (en las zonas pegadas a la costa se recomienda realizar esta línea cuando la marea esta alta y tranquila ya que se puede realizar el monitoreo en aguas más someras). Posteriormente se realizan recorridos de forma vertical y horizontal formando un tipo de red dentro de la zona. Entre más cerca sean las distancias entre líneas será más detallada la batimetría.

Tabla 6. Equipo necesario para una batimetría

| Equipo batimétrico |
|---|
| Embarcación (lancha) |
| Ecosonda |
| Batería de 12 volts |
| Memoria SD para ecosonda |
| Caja estanca para guardar todo el equipo |
| Recipiente de plástico para sonar dentro de embarcación |

Monitoreo oceanográfico

Dirigido a registrar las variables oceanográficas dentro y fuera de las reservas marinas. Esta información sirve como apoyo para las comunidades pesqueras para tener un mejor conocimiento sobre las variaciones ambientales que se pueden llegar a presentar dentro y fuera de sus reservas marinas.

Objetivo. Registrar las variables oceanográficas dentro de un sitio.

Método. Con la ayuda de sensores oceanográficos de alta precisión (Tabla 7) se registran variables oceanográficas que pudiesen estar incidiendo en el desarrollo de las especies marinas del sitio de interés. Se instalan sensores que registren variables como temperatura, oxígeno disuelto y salinidad. Se programan para que registren información por un periodo de tiempo, transcurrido ese periodo de tiempo se colecta la información y se procesa para compararla posteriormente con los procesos biológicos que ocurrieron en el sitio.

Indicadores. Cambios en variables oceanográficas (oxígeno disuelto, temperatura, salinidad).

Criterio de los indicadores.

Cambios significativos y fuera de los rangos aceptados para las especies que habitan en los sitios.

Tabla 7. Lista de materiales para monitoreo oceanográfico

| Modelo | |
|---|---------------------------------|
| Sensor MiniDOT | Sensor CTD SeaBird |
| Bolsa de red pequeña | |
| Cable para conectar el sensor a puerto USB de computadora | |
| 2 Baterías AA | 6 Baterías AA |
| Desarmador plano | Desarmador con cabeza de tuerca |
| Pinzas de corte | |
| Formato de bitácora de campo | |
| Cinta sumergible | |

Monitoreo de colectores de larvas

Las reservas marinas contribuyen en la recuperación de las poblaciones de peces e invertebrados exportando larvas y adultos hacia los sitios adyacentes (Roberts *et al.* 2001, Zeller *et al.* 2003, Abesamis y Russ 2005).

Objetivo Determinar la dispersión de larvas desde las reservas marinas a los sitios adyacentes. Conocer si las reservas marinas contribuyen positivamente a las pesquerías a través de la derrama de larvas de manera que los costos de no pescar se recuperan por el excedente dispersado a las áreas adyacentes.

Metodología La instalación de los colectores se tiene que calendarizar para que coincida con las fechas en las que la o las especies de interés están desovando, el diseño de los colectores debe de ser de acuerdo a el tipo de larva que se pretende coleccionar pueden ser tipo sombrilla o mechudo (Figura 10). Para seleccionar los sitios donde se instalarán los colectores se tiene que identificar una agregación reproductiva cercana, así mismo se debe de identificar el patrón de corrientes presente en el sitio. De la reserva marina con agregaciones reproductivas, se debe de comenzar a colocar los colectores con distancias alejados uno de otros no mayores a los 100 metros (distancia establecida por el periodo de

vida pelágica de la especie a interés). También los colectores deben de estar instalados dentro de las reservas marinas para evaluar el porcentaje de las larvas que se reclutan dentro y fuera del refugio pesquero. La recolecta de las larvas se debe de programar por lo menos una vez por semana para contabilizar cuantas larvas están siendo exportadas a las áreas adyacentes.

Indicadores. Abundancia y riqueza específica; de larvas coleccionadas (individuos distancia del colector).

Criterio de los indicadores. Cambios significativos en la riqueza y abundancia de larvas respecto a la distancia de la reserva marina o agregación reproductiva.



Figura 10. Modelo de colector de larvas tipo sombrilla

Bibliografía

- Almada-Villela, P.C., Sale, P.F, Gold-Bouchot, G. y Kjerfve, B. 2003. Manual de métodos para el programa de monitoreo sinóptico del SAM. MBRS Project. 149 pp.
- Caribbean Coastal Marine Productivity (CARICOMP), 2001. Manual of Methods for Mapping and Monitoring of Physical and Biological Parameters in the Coastal Zone of the Caribbean. Florida Institute of Oceanography, March 2001.
- Cudney-Bueno, R. y Turk-Boyer, P. J. 1998. Pescando entre mareas del Alto Golfo de California. Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos, Sonora, México.
- Ebeling A. W. y Hixon, M.A. 1991. Tropical and temperate reef fish: comparison of community structures. En P.F. Sale, ed. The ecology of fishes on coral reefs. Academic Press, San Diego.
- Fajardo-León, M. D. C. 1994. Evaluación de biomasa y determinación de especies de los mantos del género *Sargassum* spp Agardh, 1821 (fucales; phaeophyta) en la Bahía de La Paz, BCS, México, en primavera de 1988 (Tesis doctoral, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas).
- Fernández-Rivera Melo, F.J., Hernández-Velasco, A. Luna, M., Lejbowicz, A. y Sáenz-Arroyo, A. 2012. Protocolo de Monitoreo para reservas marinas del Golfo de California. Comunidad y Biodiversidad A.C. Programa Península de Baja California. La Paz BCS, México. 55 pp.
- Foster, M. S. 2001. Rhodoliths: between rocks and soft places. *Journal of phycology*, 37(5), 659-667.
- Hill J. y Wilkinson C. 2004. Methods for Ecological Monitoring of Coral Reefs. Australian Institute of Marine Science. 117 pp.
- Lang, J.C., Marks, K.W., Kramer, P.W, Kramer, P.R., y Ginsburg, R.N. 2010. Atlantic Gulf Rapid Reef Assessment, version 5.4.
- Mcfield, M. y Kramer, P. 2007. Healthy People: A Guide to Indicators of Reef Health and Social Wellbeing in the Mesoamerican reef Region. (Arrecifes Saludables para Gente Saludable: guía de indicadores de salud de los arrecifes y bienestar social en la región del sistema Arrecifal Mesoamericano). 208 pp.
- Oliver, J., Noordeloos, M., Yusuf, Y., Tan, M., Nayan, N., Foo, C., y Shahriyah, F. 2002. ReefBase: a global information system on coral reefs. WorldFish Center, ReefBase Project.
- Riosmena-Rodríguez, R. 2002. Taxonomy of the Order Corallinales (Rhodophyta) from the Gulf of California, México (Tesis doctoral, La Trobe University).
- Riosmena-Rodríguez, R., Woelkerling, W. J., y Foster, M. S. 1999. Taxonomic reassessment of rhodolith-forming species of *Lithophyllum* (Corallinales, Rhodophyta) in the Gulf of California, Mexico. *Phycologia*, 38(5), 401-417.
- Roberts, C.M., Bohnsack, J.A., Gell, F., Hawkins, J.P. y Goodridge, R. 2001. Effects of Marine Reserves on Adjacent Fisheries. *Science*, 294, pp. 1920-1923.
- Shuman, C. S., Sáenz-Arroyo, A. Dawson, C. y Luna, M.C. 2010. Manual de instrucción Reef Check California: Guía para el monitoreo del bosque de Sargazo en la península de Baja California. Reef Check Foundation, Pacific Palisades, CA, USA.
- Suarez-Castillo, A.N., Riosmena-Rodríguez, R., Rojo-Amaya, M., Torre-Cosío, J., Rioja-Nieto, R., Hudson-Weaver, A. Pfister, T. Hernández-Carmona, G., Hinojosa-Arango, G., Aburto-Oropeza, O. y Figueroa-Cárdenas, A.L. 2013. Bosques de algas pardas en el golfo de California: *Sargassum*, un hábitat esencial. *CONABIO. Biodiversitas*, 108:12-16.

Protocolo de monitoreo para reservas marinas, se terminó de imprimir el día 15 de enero de 2018, en los talleres de LSC Communications, Cerrada de Galeana #26 Fracc. Industrial la Loma, Tlalnepantla, Estado de México, el tiraje consta de 100 copias.



Copyright COBI, 2018.