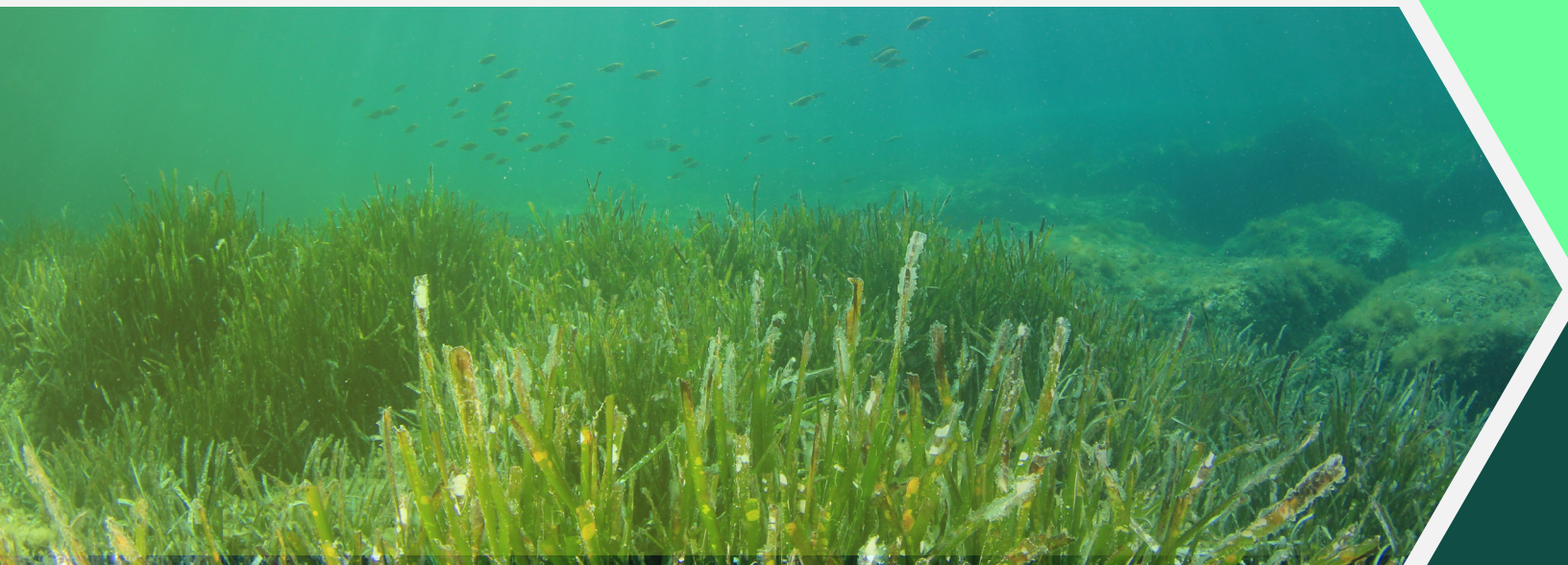


Protocolo para el monitoreo ecosistémico de **pastos marinos** en Áreas Naturales Protegidas



México, 2022

Francisco Javier Botello López
Catalina Vázquez Camacho
Fernando Mayani Parás
Marisol Eliut Vega Orihuela
Sharon Patricia Morales Díaz



Protocolo para el
monitoreo ecosistémico de
pastos marinos
en Áreas Naturales Protegidas



México, 2022

Primera edición digital: 17 de octubre del 2022

Fotografías: “Subacuático de hierba marina” [fotografía], por Rich Carey, ID: 197239355, Shutterstock.com (<https://www.shutterstock.com/es>)

Diseño e ilustraciones:

Claire Pérez Lemus
claire.pl1999@gmail.com

Mariana Inurrigarro Nevarez
madamedestler@gmail.com

Iraís Gayoso Gutiérrez
iraisgayoso@gmail.com

Coordinación, edición técnica y científica:

Francisco Javier Botello López
Catalina Vázquez Camacho
Fernando Mayani Parás
Marisol Eliut Vega Orihuela
Sharon Patricia Morales Díaz

Forma de citar:

Botello, F., Vázquez-Camacho, C., Mayani-Parás, F., Vega-Orihuela, M. E., y Morales-Díaz, S. (2022). *Protocolo para el monitoreo ecosistémico de pastos marinos en Áreas Naturales Protegidas*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, Conservación Biológica y Desarrollo Social. A. C.

D. R. © 2022 CONSERVACIÓN BIOLÓGICA Y DESARROLLO SOCIAL, A. C.

Calle Nueve, No. 52, Int. 4, Colonia Espartaco, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, 04870.
Correo electrónico: contacto@conbiodes.com
Sitio web: <https://www.conbiodes.com/>

ISBN: en trámite

Prohibida la reproducción parcial o total por cualquier medio sin autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.




Impreso en México - Printed in Mexico

Prohibida su venta o actividad lucrativa con el material que en esta guía gratuita aparece, mediante cualquier medio impreso o electrónico

Protocolo para el
monitoreo ecosistémico de
pastos marinos
en Áreas Naturales Protegidas

México, 2022

Contenido

Introducción	9
Indicadores que requieren trabajo de campo	13
Indicador 1 	
Parámetros fisicoquímicos del agua	15
Medición de la temperatura, oxígeno disuelto, pH y salinidad	17
Medición de sólidos disueltos totales	18
Medición de transparencia del agua	19
Hoja de registro	78
Indicador 2 	
*Biomasa del fitoplancton (concentración de clorofila a)	21
Concentración de clorofila a, a partir de muestra de agua	23
Método alternativo	23
I. Uso de imágenes satelitales de resolución moderada	23
Hoja de registro	79
Indicador 3 	
*Abundancia relativa (por especie de pastizal marino y grupo morfológico de macroalgas)	27
Hoja de registro	80
Indicador 4 	
Biomasa de macroalgas	33
Hoja de registro	81
Indicador 5 	
Densidad de haces por especie de pastizal marino	39
Hoja de registro	82
Indicador 6	
Altura del dosel por especie de pastizal marino	39

Indicador 7

*Biomasa de los pastos marinos	39
Hoja de registro	83

Indicador 8

**Concentración de carbono, nitrógeno y fósforo	39
Campo	41
Análisis (laboratorio)	43
Hoja de registro	84

Indicador 9

*Cambio en la extensión del área cubierta por pastizales marinos	49
Drones	51
Ecosonda	51
Hoja de registro	85

Indicador 10

Porcentaje de hojas consumidas por tortugas	55
Hoja de registro	86

Indicador 11

*Proporción de peces herbívoros, carnívoros, detritívoros y omnívoros	61
Videotransecto	63
Videocuadrante	64
Hoja de registro	87

Indicador 12

*Número de impactos generados en las ANP por actividades turísticas	67
Recorridos de vigilancia	69

Transectos desplegados	70
Hoja de registro	88

Indicador 13

Magnitud del daño en pastizales marinos por embarcaciones y uso de anclas	73
Hoja de registro	89

Recomendaciones	91
-----------------	----

Agradecimientos	93
-----------------	----

Introducción

El siguiente protocolo de bosques y selvas es un producto del proyecto “Monitoreo ecosistémico para contribuir a la evaluación de la efectividad de manejo de las Áreas Naturales Protegidas (ANP)”. Está basado en un análisis exhaustivo de 822 documentos sobre los objetos de interés para el monitoreo y conservación de ANP, y de 400 documentos adicionales que describen programas y protocolos de monitoreo a nivel nacional e internacional. Se tomó como referencia el concepto de evaluación de la integridad ecológica, ya que permite medir el impacto de las acciones de conservación y conocer su efectividad sobre los procesos ecológicos que mantienen a la biodiversidad¹.

Es importante diferenciar entre el monitoreo de la integridad ecológica y el monitoreo biológico; este último se enfoca en un objeto de conservación seleccionado para un área en particular y los indicadores que se le atribuyen. En el caso de la integridad ecológica (se entiende como el mantenimiento de los componentes bióticos, abióticos y sus interacciones), su monitoreo está ligado al funcionamiento de los ecosistemas, que estos mantengan su salud y proporcionen servicios ecosistémicos². Su evaluación se compone de tres elementos fundamentales de los ecosistemas: composición, estructura y función³ y también se consideran las amenazas (fenómenos naturales) y presiones (perturbaciones humanas), ambas tienen influencia en el bienestar y funcionamiento de los ecosistemas; siendo elementos clave para la evaluación de la integridad ecológica⁴.

1 Herrera *et al.*, 2004

2 Komar *et al.*, 2014

3 Carrillo-García, 2018; Macías-Caballero *et al.*, 2014

4 Parrish *et al.*, 2003

Para poder evaluar el nivel de integridad ecológica, que a partir de este momento se mencionará como integridad ecosistémica, es necesario contar con indicadores que se incluyan en cada elemento fundamental (composición, estructura, función, presiones y amenazas). Estos indicadores fueron seleccionados a partir de análisis previos de integridad ecosistémica, posteriormente revisados, retroalimentados por los directores y las directoras, técnicos y técnicas de ANP. Además, con el objetivo de fortalecer estos indicadores se realizaron reuniones con expertas y expertos de cada ecosistema, para su validación y selección de indicadores prioritarios (identificados con un asterisco [*] en los protocolos), en función de su costo-efectividad en términos de recursos (humanos y/o económicos), la información clave que brindan sobre el estado de conservación del ecosistema y que retomem esfuerzos de monitoreo de indicadores que ya se realizan dentro de las áreas naturales protegidas.

Con el objetivo de que la evaluación de la integridad ecosistémica se lleve a cabo en los distintos ecosistemas de las ANP del país con un método estandarizado y que permita comparar el estado del ecosistema entre las diferentes áreas, se realizaron protocolos de fácil entendimiento a un nivel técnico medio, de tal manera que pueda ser utilizado por profesionales de distintas áreas (biología, ingenierías, entre otras), así como también, por guardaparques, técnicos y pobladores locales que contribuyen a las tareas de monitoreo de las ANP.

Para facilitar la lectura, el entendimiento del protocolo y guiar la experiencia del lector, la estructura del protocolo está compuesto por distintos elementos clave como lo son:

- El índice que enlista los indicadores generales y prioritarios con su ícono y color representativo.
- La introducción que narra el desarrollo de los protocolos y sus objetivos.
- Una tabla resumen que contiene los indicadores a monitorear, el componente de integridad ecosistémica al que está relacionado, si corresponde o no a un indicador prioritario (*), el tipo de muestreo recomendado, el equipo necesario y la frecuencia de monitoreo.
- Una descripción del modelo metodológico propuesto para el monitoreo de los indicadores en campo.
- Por cada indicador se presenta una descripción del método recomendado a utilizar para su monitoreo, así como la información necesaria a registrar en campo para su posterior análisis.
- La bibliografía consultada para el desarrollo de cada indicador para su consulta.
- Una sección de recomendaciones generales.
- Agradecimientos.
- Un anexo compuesto por los formatos de registro sugeridos.

Para realizar la evaluación de la integridad ecosistémica del ecosistema de **pastizales marinos**, se presentan 13 indicadores a medir: un indicador para composición, tres indicadores para estructura, siete indicadores para función y dos indicadores de perturbaciones y amenazas. De estos 13 indicadores, con un (*) se indican siete que se consideran prioritarios y con dos (**) los indicadores no priorizados pero muy deseables de tomar si las ANP cuentan con los recursos económicos, humanos y de tiempo para llevarlos a cabo.

Con el objetivo de estandarizar la información obtenida a partir del monitoreo ecosistémico en las distintas ANP, se recomienda seguir las especificaciones de la metodología que se propone en el presente protocolo, sin embargo, el protocolo es lo suficientemente flexible para que cada una de las ANP lo adapte a las necesidades de su ecosistema y las capacidades operativas con las que se cuenta.

En la metodología de cada indicador se incluyen los datos que se deberán registrar, para ello al final de la descripción de los indicadores se encuentran disponibles los formatos de registro para cada indicador. Es importante mencionar que para tener un control y dar seguimiento a los registros realizados, para cada uno de los indicadores es necesario obtener la siguiente información:

- Nombre de la persona que toma los datos.
- Estado del tiempo.
- Fecha de la toma de datos.
- Hora de la toma de datos.
- Lugar de toma de datos.

• • • • •
 • **Nota importante:** para todos los casos que sea necesario •
 • realiza colectas de organismos se deberá contar con los •
 • permisos de colecta correspondientes. •
 • • • • •

Basado en:

- Carrillo-García, D. (2018). *Indicadores para monitorear la integridad ecológica de los arrecifes de coral: el caso del caribe mexicano*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Herrera, B., y Corrales, L. (2004). *Manual para la evaluación y monitoreo de la integridad ecológica en áreas protegidas* (No. 32172 caja (436)). PROARCA.
- Komar, O., Schlein, O., y Lara, K. (2014). *Guía para el monitoreo de integridad ecológica en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Vida Silvestre de Honduras*. ICF, SINFOR, Escuela Agrícola Panamericana (EAP/Universidad Zamorano) y Proyecto USAID ProParque.
- Macías Caballero C., Contreras Martínez S., Martínez Ovando E., Alba López M. P., Cárdenas Hernández O. G., Alcántara Concepción P. C., García Contreras G., González Ceballos J., Monroy Gamboa A. G., Cruz Maldonado N. N., Salazar Dreja A., Torres González L. F., Cervantes Escobar A. y Cruz Nieto M. A. (2014). Diseño de protocolos de monitoreo para estimar la integridad ecológica en selvas y bosques de sitios prioritarios de la Alianza México REDD+. The Nature Conservancy. Reporte de Consultoría.
- Parrish, J. D., Braun, D. P. y Unnasch, R. S. (2003). ¿Estamos conservando lo que decimos ser? Medir la integridad ecológica dentro de las áreas protegidas. *BioScience*, 53 (9), 851-860.

Indicadores que requieren trabajo de campo

Elemento de integridad ecosistémica	Indicador	Tipo de muestreo	Equipo necesario	Frecuencia de monitoreo
Función	1. *Parámetros fisicoquímicos del agua	Muestreo y de observación	GPS, formatos de registro impresos, sonda multiparamétrica o sensor permanente de temperatura, de pH, de salinidad, de concentración de oxígeno disuelto; medidor de TDS y disco de Secchi	Mensualmente, o de ser posible de manera semanal
	2. *Biomasa del fitoplancton (concentración de clorofila a)	Muestreo y/o percepción remota	GPS, formatos de registro impresos, botella de almacenamiento de muestra de agua, filtros de fibra de vidrio, viales oscuros, acetona y fluorómetro. Imágenes en color obtenidas del sensor MODIS y Sistemas de Información Geográfica	Mensualmente, o de ser posible de manera semanal
Composición	3. Abundancia relativa (por especie de pastizal marino y grupo morfológico de macroalgas)	Muestreo con marco cuadrado y procesamiento de imágenes	GPS, formatos de registro impresos, cámara fotográfica, equipo SCUBA, tablillas acrílicas, lápices, marcos de PVC de 1 m ² divididos en 100 cuadros	Al menos una vez al año
Función	4. Biomasa de macroalgas	Muestreo con marco cuadrado	GPS, formatos de registro impresos, equipo SCUBA, marco cuadrado de 30 x 30 cm, bolsa rotulada, regla, horno a 60 °C y guía de identificación de macroalgas	Al menos una vez al año
Estructura	5. Densidad de haces por especie de pastizal marino	Colecta de muestras con nucleador	GPS, formatos de registro impresos, equipo SCUBA, regla, nucleadores de acero inoxidable, bolsas ziploc para almacenamiento de sedimento, tablillas acrílicas, lápices, balanza, estufa, hielera, HCL al 5 %, filtros de 0.2 µm	
	6. Altura del dosel por especie de pastizal marino			
Función	7. *Biomasa de los pastos marinos			
	8. **Concentración de carbono, nitrógeno y fósforo			
Estructura	9. *Cambio en la extensión del área cubierta por pastizales marinos	Teledetección utilizando imágenes de color verdadero a escala 1: 24 000, uso de drones o ecosondas	GPS, formatos de registro impresos, imágenes satelitales, drones y ecosondas	Al menos una vez al año

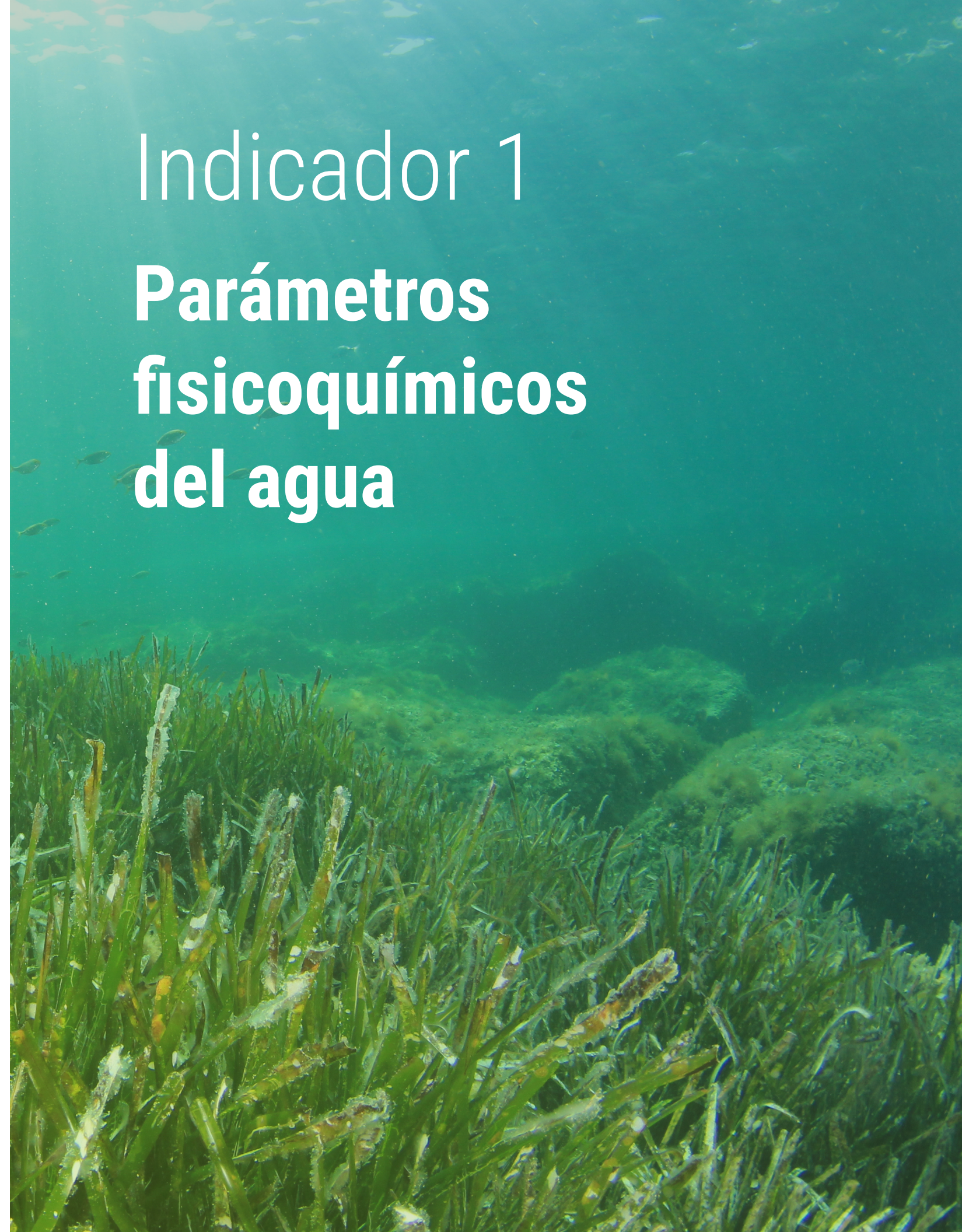
Elemento de integridad ecológica/ecosistémica	Indicador	Tipo de muestreo	Equipo necesario	Frecuencia de monitoreo
Función	10. Porcentaje de hojas consumidas por tortugas	Uso de redes, trampas nasa, captura directa, parcelas cuadrangulares y/o transectos de banda y censo por área o puntos de conteo	GPS, formatos de registro impresos, equipo de buceo SCUBA y cinta métrica de 30 m	Al menos una vez al año
	11. *Proporción de peces herbívoros, carnívoros, detritívoros y omnívoros	Videotransecto o videocuadrante	GPS, formatos de registro impresos, equipo SCUBA, tablillas acrílicas, lápices, guía de especies, cámara de video, reglilla	
Perturbaciones y amenazas	12. *Número de impactos generados en las ANP por actividades turísticas	Bitácora y recorridos de vigilancia	GPS, formatos de registro impresos, libreta para realizar el registro y material de papelería (lápiz, plumas, sacapuntas, gomas, entre otros)	Diario
	13. Magnitud del daño en pastizales marinos por embarcaciones y uso de anclas	Snorkel o buceo SCUBA y cuadrantes	GPS y formatos de registro impresos, cinta métrica, equipo SCUBA, cuadrantes de 1 m ² hechos de tubería PVC y divididos en 100 cuadrados con hilo de nailon	Cada vez que exista un evento de encallamiento de embarcaciones o se registre un ancla o parte de barcos en los pastizales marinos

Tabla 1. Indicadores que requieren trabajo de campo.

Nota importante: debido a que el objetivo de este protocolo es realizar un muestreo estandarizado, es de suma importancia que el esfuerzo de muestreo se mantenga para el caso particular de cada indicador.

Indicador 1

Parámetros fisicoquímicos del agua



Nota importante: si no se cuenta con el material requerido para llevar a cabo algunos procedimientos para el análisis, se recomienda establecer un convenio de colaboración entre el ANP y un **laboratorio** que cuente con el equipo y la experiencia requerida para el procesamiento y análisis de las muestras.

Los parámetros fisicoquímicos que se miden son: la temperatura, oxígeno disuelto, pH, salinidad, y transparencia del agua (coeficiente de atenuación de luz). Sólo el último parámetro se mide con un disco de Secchi, el resto de los parámetros se miden con una sonda multiparamétrica o sondas específicas para cada parámetro. Las mediciones deberán hacerse al menos en

cuatro puntos del cuerpo del agua.

Es importante mencionar que antes de realizar las lecturas de los parámetros, la sonda o los sensores utilizados sean calibrados para obtener lecturas reales. Asimismo, la lectura de los parámetros deberá realizarse siempre a la misma hora del día.

Medición de la temperatura, oxígeno disuelto, pH y salinidad

1 Sumerja una sonda multiparamétrica o sondas específicas para cada parámetro y obtenga:

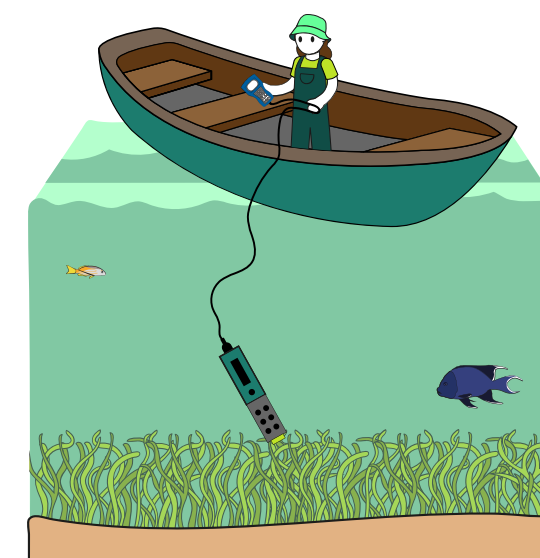
- Temperatura
- Oxígeno disuelto
- pH
- Salinidad

Nota: para reducir el sesgo en la medición de los parámetros fisicoquímicos que pueden producirse por errores de tiempo, uso y calibración de la sonda multiparamétrica, se recomienda el uso de HOBOS específicos de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH. El uso de estas herramientas reduce considerablemente el número de visitas a campo, lo que se traduce en una disminución en los costos, personal y tiempo invertido.

2 Registre datos.

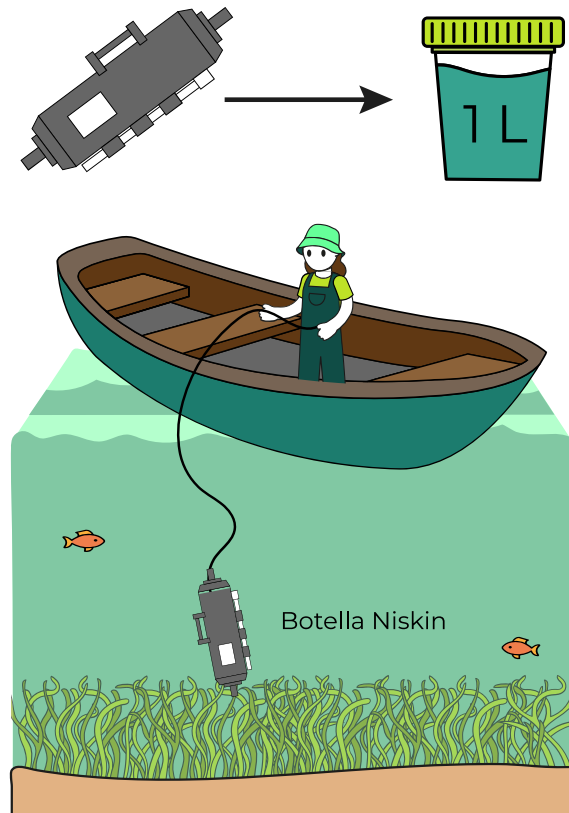
Datos a registrar:

- Coordenadas de los puntos de toma de parámetros
- Valores de parámetros (temperatura (°C), oxígeno disuelto (PPM), pH y salinidad (UPS))
- Observaciones



Medición de sólidos disueltos totales

1 Con ayuda de una botella Niskin tome una muestra de 1 L de agua del área de estudio.

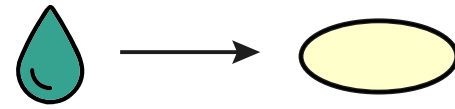


2 Registre las coordenadas del sitio donde se tomó la muestra de agua.

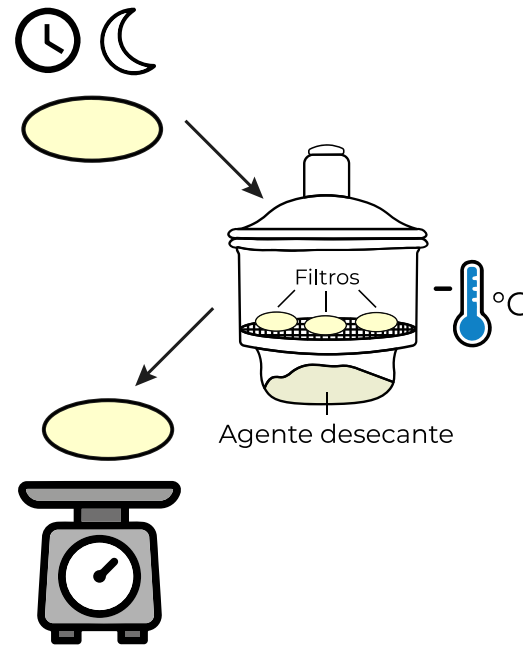
3 Almacene y etiquete (sitio de referencia y hora de toma de muestra) la muestra de agua.

4 Lleve las muestras al laboratorio.

5 Pase las muestras de agua por filtros de fibra de vidrio para capturar las partículas.



6 Deje secar los filtros durante la noche, enfríe en un desecador y pese.



7 Registre datos.

Datos a registrar:

- Coordenadas geográficas de los puntos donde se tomen las muestras de agua
- Peso del filtro
- Peso del filtro secado
- Valores de la medición (PPM)
- Observaciones

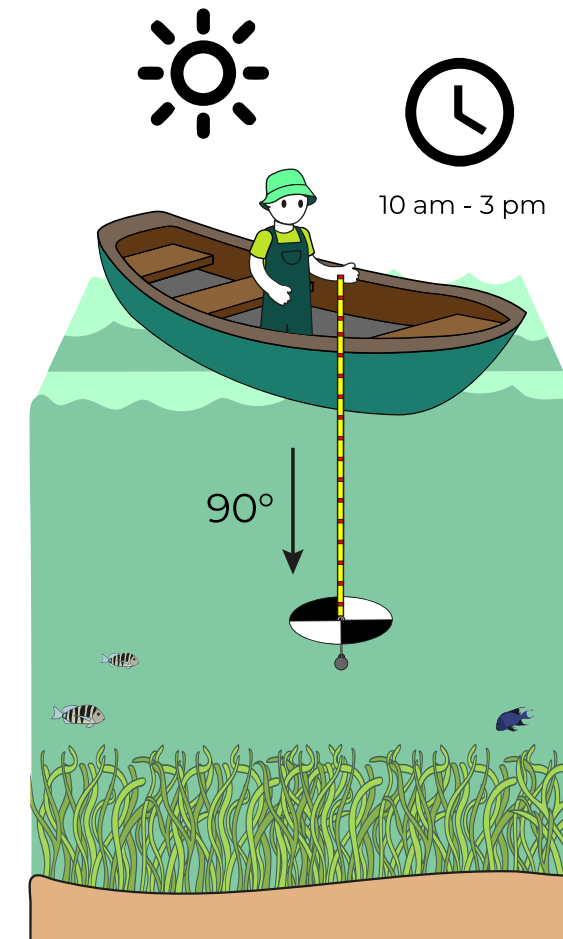
Medición de transparencia del agua (coeficiente de atenuación de la luz)

La transparencia del agua se medirá con un sensor de turbidez. En caso de no contar con este, se hará uso del disco de Secchi.

1 Utilice un disco de Secchi que estará unido a una cuerda metrada.

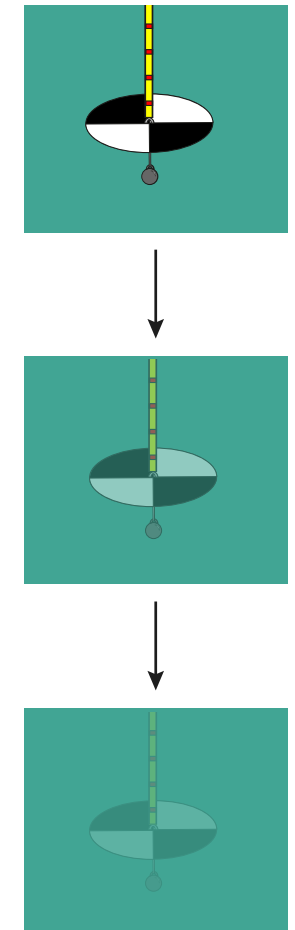
2 Desde la embarcación (si el lugar lo permite) o desde la orilla, en la parte soleada y con oleaje bajo, entre las 10:00 am y las 3:00 pm, deje bajar lentamente el disco de Secchi a 90° hasta que ya no sea perceptible.

3 Registre datos.



Datos a registrar:

- Coordenadas de los puntos de toma de parámetros
- Profundidad del disco (m)
- Observaciones

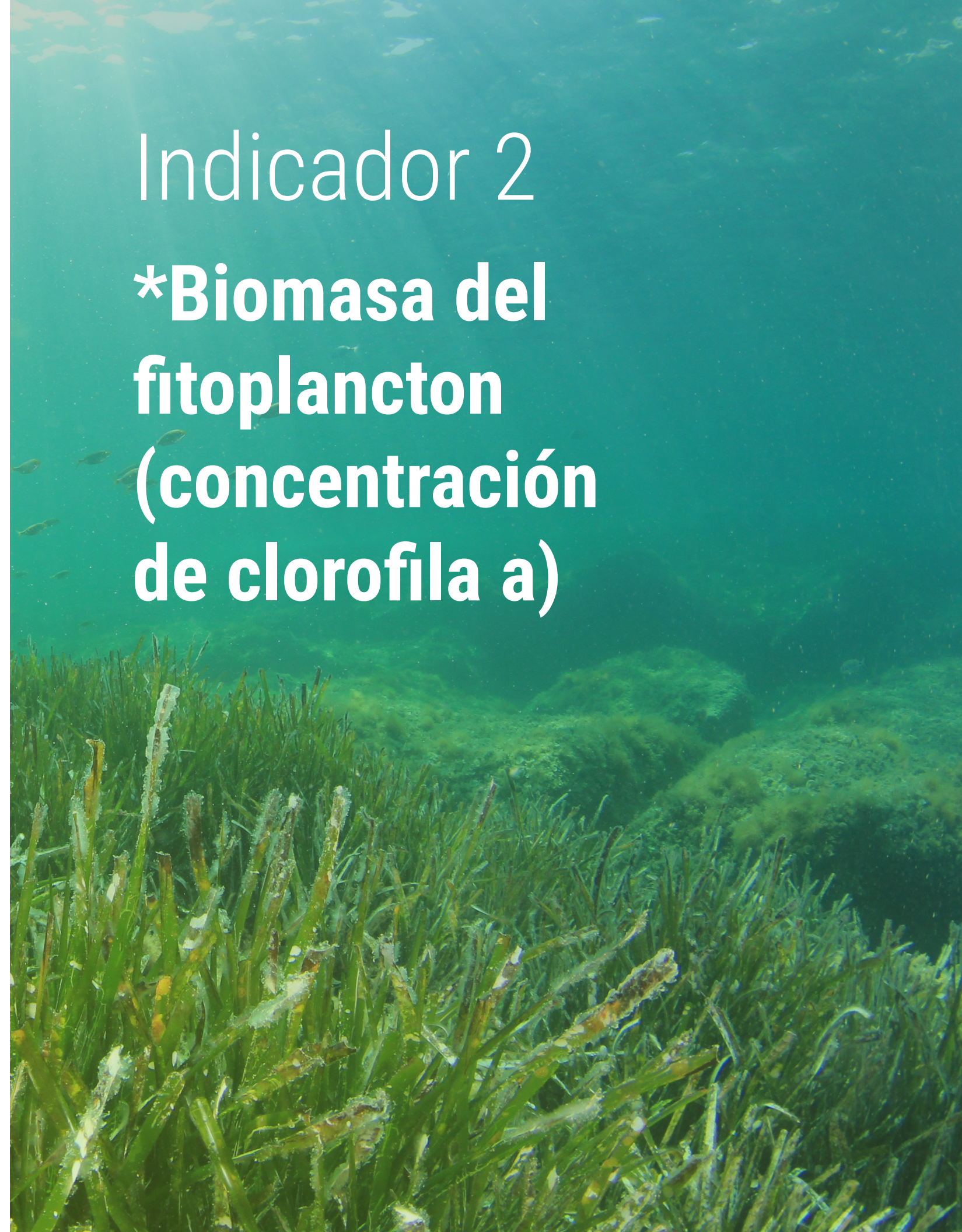


Basado en:

- Bates, R. G., Roy, R. N., y Robinson, R. A. (1973). Buffer standards of tris (hydroxymethyl) methylglycine (Tricine) for the physiological range pH 7.2 to 8.5. *Analytical chemistry*, 45(9), 1663-1666.
- Collier, C. J. y Waycott, M. (2014). Temperature extremes reduce seagrass growth and induce mortality. *Marine Pollution Bulletin* 83(2): 483-490.
- Congdon, V. M., Dunton, K. H., Brenner, J., Goodin, K. L. y Ames, K. W., (2018) Ecological Resilience Indicators for Seagrass Ecosystems. In: Ecological Resilience Indicators for Five Northern Gulf of Mexico Ecosystems. https://www.natureserve.org/sites/default/files/projects/files/ecological_resilience_indicators_for_five_northern_gulf_of_mexico_ecosystems.pdf
- Espinoza-Tenorio, A.; Vásquez-González, C.; Zepeda-Domínguez, J. A.; Reyna-Fabián, M.; Cervantes, O.; Vidal- Hernández, L.; Esqueda-Lara.; Espejel, I.; Carmo- na-Escalante, A. (2020). *CAPÍTULO 3: Los umbrales en los socioecosistemas costeros. En Resiliencia de socioecosistemas costeros*. Ávila-Foucat, V. S.; Espejel, I.
- Guerrero-Meseguer, L., Cox, T. E., Sanz-Lázaro, C., Schmid, S., Enzor, L. A., Major, K., ... y Cebrián, J. (2020). Does ocean acidification benefit seagrasses in a mesohaline environment? A mesocosm experiment in the northern Gulf of Mexico. *Estuaries and Coasts*, 43(6), 1377-1393.
- Kleypas, J. A., McManus, J. W. y Menez, L. A. (1999). Environmental limits to coral reef development: where do we draw the line? *American Zoologist* 39(1): 146-159.
- Koch, M., Bowes, G., Ross, C. y Zhang, X. H. (2013). Climate change and ocean acidification effects on seagrasses and marine macroalgae. *Global change biology* 19(1).
- Millero, F. J., Feistel, R., Wright, D. G. y McDougall, T. J. (2008). *The composition of Standard Seawater and the definition of the Reference-Composition Salinity Scale*. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers 55(1): 50-72.
- Repolho, T., Duarte, B., Dionísio, G., Paula, J. R., Lopes, A. R., Rosa, I. C., Grilo, T. F., Caçador, I., Calado, R. y Rosa, R. (2017). *Seagrass ecophysiological performance under ocean warming and acidification*. *Scientific Reports* 7: 41443.
- Short, F. T., McKenzie, L. J., Coles, R. G., Vidler, K. P. y Gaeckle, J. L. (2008). *SeagrassNet Manual for Scientific Monitoring of Seagrass Habitat Spanish edition*. University of New Hampshire Publication.
- Vaquer-Sunyer, R. y Duarte, C. M. (2008). *Thresholds of hypoxia for marine biodiversity*. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 105, 15 452- 15 457.

Indicador 2

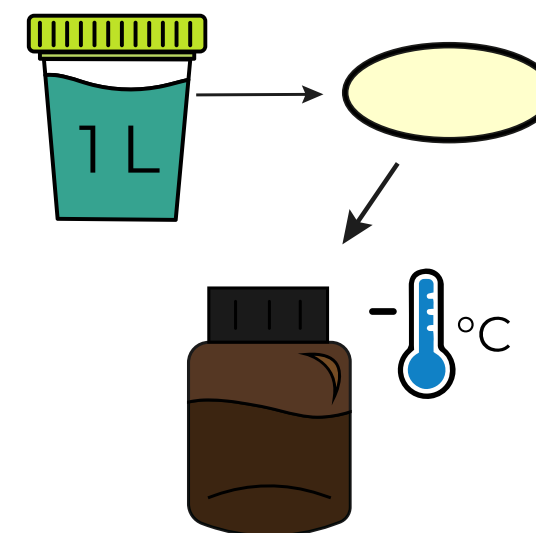
*Biomasa del fitoplancton (concentración de clorofila a)



Para el monitoreo de este indicador se proponen dos métodos que pueden ser complementarios. El método a elegir dependerá de las capacidades de cada una de las áreas naturales protegidas. Es importante mencionar que para llevar a cabo el análisis de la concentración de clorofila a se recomienda establecer un convenio de colaboración entre el ANP y un laboratorio que cuente con el equipo y la experiencia requerida. Se recomienda la identificación previa del laboratorio local o foráneo en la que se realizará el procesamiento de las muestras.

Concentración de clorofila a, a partir de muestra de agua

- 1 Colecte 1 litro de agua del área de estudio.
- 2 Pase las muestras de agua por filtros de fibra de vidrio y congele estos filtros con partículas en un vial oscuro para su procesamiento futuro (laboratorio).
- 3 Registre datos (página 24).



Método alternativo

I. Uso de imágenes satelitales de resolución moderada (MODIS, por sus siglas en inglés)

Para llevar a cabo este análisis se deberán utilizar los promedios mensuales de clorofila generados a partir del Sistema Satelital de Monitoreo Oceánico (SATMO) de la CONABIO, para cada una de las ANP marinas.

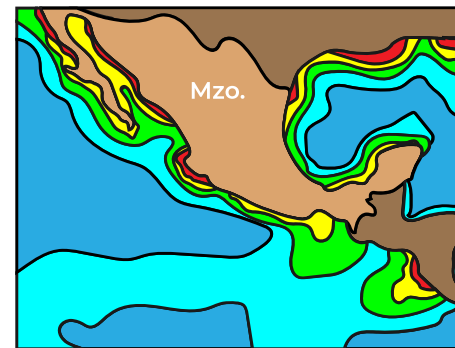
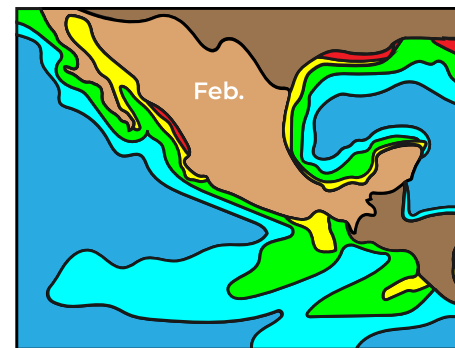
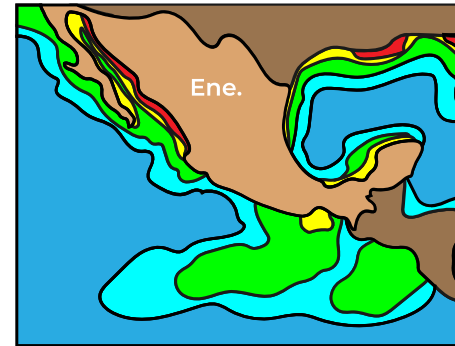
Este producto oceánico ha sido obtenido a partir de imágenes del sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) georreferenciadas, a bordo de los satélites Aqua y Terra, y con una

resolución espacial de 1 km. El área del SATMO incluye el Noreste del Océano Pacífico (cubriendo el Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec) y el Océano Atlántico nor-occidental (cubriendo el Golfo de México y el Mar Caribe occidental) (CONABIO, 2018).

Nota: para obtener los valores de concentración de clorofila deberá realizarse un extracto de las imágenes satelitales de la CONABIO con respecto al polígono del Área Natural Protegida.

Datos a registrar:

- Coordenadas geográficas del sitio de colecta de la muestra de agua
- Fecha de la toma de la muestra (en caso del MODIS periodo de tiempo al que corresponde)
- Concentración de clorofila a
- Observaciones



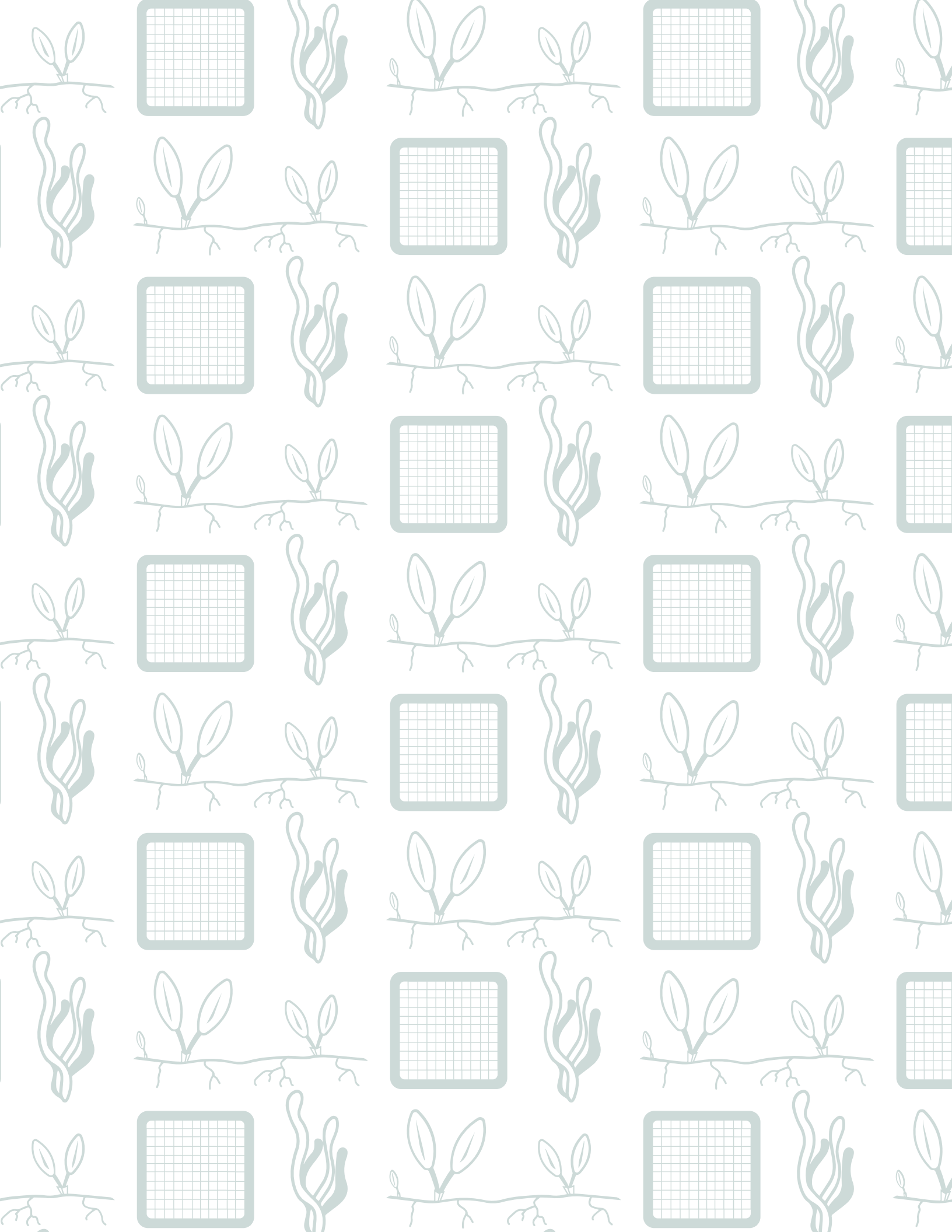
Basado en:

- Abal, E. G. y W. C. Dennison. (1996). *Seagrass depth range and water quality in Southern Moreton Bay, Queensland, Australia*. Marine and Freshwater Research 47: 763–771. <https://www.publish.csiro.au/MF/MF9960763>
- Cloern, J. E. (2001). *Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem*. Marine Ecology Progress Series 210: 223–253.
- Congdon, V. M., Dunton, K. H., Brenner, J., Goodin, K. L. y Ames, K. W., (2018) *Ecological Resilience Indicators for Seagrass Ecosystems*. En *Ecological Resilience Indicators for Five Northern Gulf of Mexico Ecosystems*. https://www.natureserve.org/sites/default/files/projects/files/ecological_resilience_indicators_for_five_northern_gulf_of_mexico_ecosystems.pdf
- Dennison, W. C., R. J. Orth, K. A. Moore, J.C. Stevenson, V. Carter, S. Kollar, P. W. Bergstrom, y R. A. Batiuk (1983). *Assessing water quality with submersed aquatic vegetation*. *BioScience* 43: 86–94. https://www.researchgate.net/publication/235938503_Assessing_Water_Quality_with_Submersed_Aquatic_Vegetation
- López, J., Manzano, M., Hurtado, M., Piña, P., Hernández, O., Guzón, O., y Hernández, F. (2016). *Fitoplancton: pequeños centinelas del océano*. *Ciencia*. <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/online/FitoPlancton.pdf>
- Smith, V. H. (2003). *Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems a global problem*. *Environmental Science and Pollution Research* 10(2): 126–139. <https://link.springer.com/article/10.1065/espr2002.12.142>

An underwater photograph showing a school of small fish swimming in the upper half of the frame. The lower half of the frame is dominated by a dense field of green seagrass. The water is clear and blue-green.

Indicador 3

***Abundancia relativa
(por especie de
pastizal marino y
grupo morfológico
de macroalgas)**



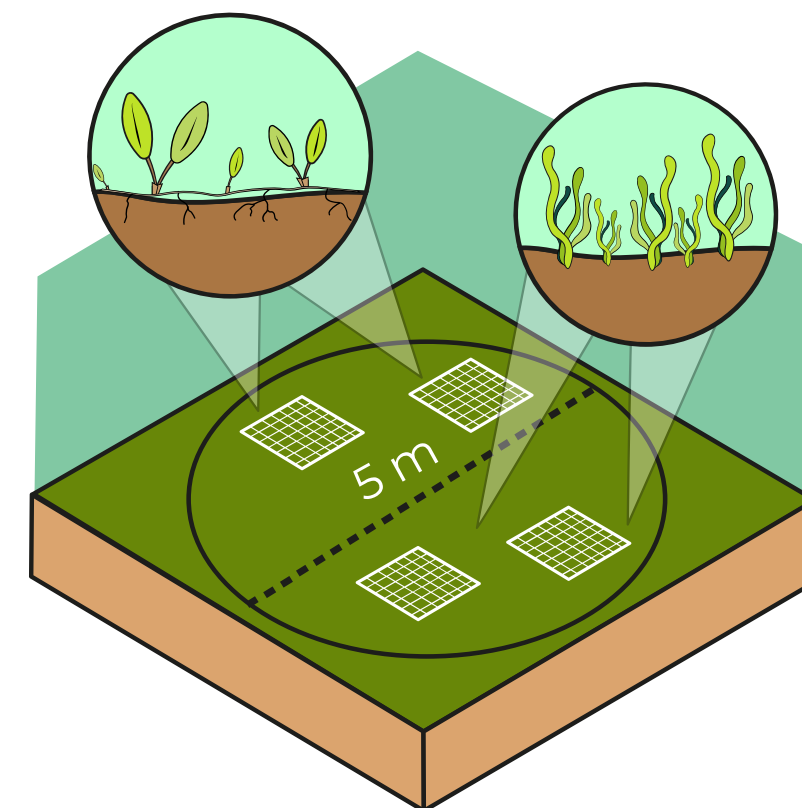
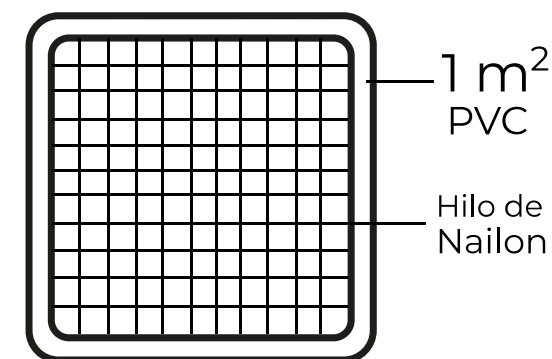
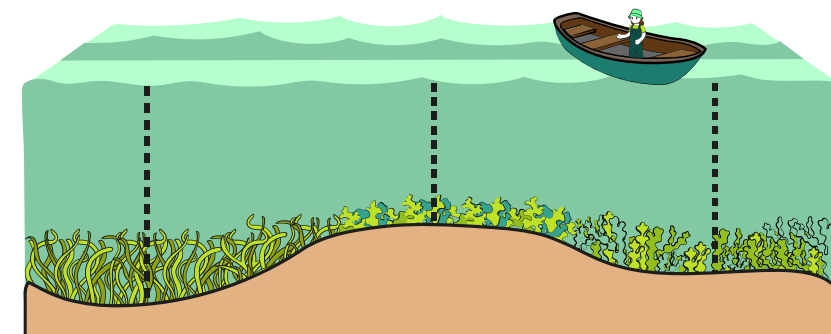
1 Seleccione los sitios de muestreo a diferentes profundidades, pues las comunidades varían con la profundidad.

2 En cada uno de los sitios seleccionados elabore las unidades de muestreo (UM) ubicando cuatro marcos cuadrados de 1 m² divididos en 100 cuadrados con hilo nailon, donde cada cuadro representa el 1 % del cuadrante, en un radio de 5 m alrededor de la coordenada del sitio.

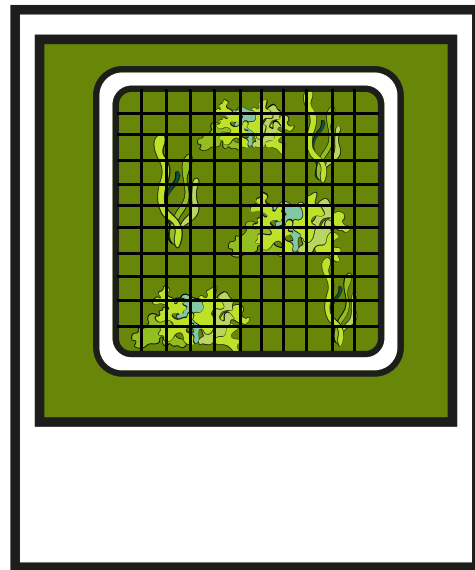
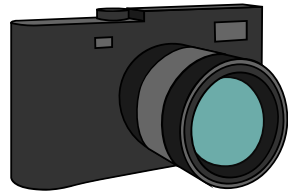
3 Coloque dos en el sitio donde se observa mayor densidad de pastos y dos en la zona que se considere más representativa de la pradera.

4 Tome una fotografía de cada uno de manera perpendicular, para realizar en gabinete el análisis de la abundancia relativa y que no lleve mucho tiempo el muestreo *in situ*. Será importante que se inspeccione entre los haces de los pastos para verificar la presencia de taxones de menor tamaño.

5 En el laboratorio u oficina lleve a cabo el procesamiento de las fotografías para la **abundancia relativa de pastos marinos y macroalgas**.



6 Registre para cada marco cuadrado.



Datos a registrar:

- Coordenadas del sitio de muestreo
- Tipo de sustrato: limo, arena fina y/o escombros de coral
- Taxa o grupo presente
 - a. Especie de pasto presente
 - b. Género o grupos morfológicos de macroalgas
 - c. Otros taxa presentes (corales escleractíneos, octocorales, esponjas, otros)
- Para cada especie de pastos, cada género/grupo morfológico de macroalga y las epífitas de fanerógamas presentes dentro del marco cuadrado, anote lo siguiente
Abundancia relativa con el método de *Braun-Blanquet*
 - **-r**: escaso; 1-2 ejemplares, cobertura insignificante
 - **-+**: pocos ejemplares, cobertura < 5 %
 - **-1**: bastantes ejemplares, cobertura < 5 %
 - **-2**: muchos ejemplares o cobertura 5-25 %
 - **-3**: 25-50 % de cobertura
 - **-4**: 50-75 % de cobertura
 - **-5**: 75-100 % de cobertura
- Observaciones

Nota: el registro de los valores de *Braun Blanquet* se sugiere que se realice entre dos personas para homogeneizar criterios.

Basado en:

- Braun-Blanquet, J. (1972). *L'alliance du Festucion spadiceae des Alpes sud-occidentales*. Bulletin de la Société Botanique de France, 119(9), 591-602.
- Congdon, V. M., Dunton, K. H., Brenner, J., Goodin, K. L. y Ames, K. W. (2018) *Ecological Resilience Indicators for Seagrass Ecosystems*. En *Ecological Resilience Indicators for Five Northern Gulf of Mexico Ecosystems*. https://www.natureserve.org/sites/default/files/projects/files/ecological_resilience_indicators_for_five_northern_gulf_of_mexico_ecosystems.pdf
- Díaz-Merlano, J. M. y Gómez-López, D. I. (2003). Changes in Abundance and Distribution of Seagrass Beds in the Bay of Cartagena and Neighboring Areas (Colombian Caribbean). *Gulf of Mexico Science* 21(1): 132.
- Erftemeijer, P. L. A. y Lewis, R. R. R. (2006). Environmental impacts of dredging on seagrasses: A review. *Marine Pollution Bulletin* 52: 1553-1572.
- Fourqurean, J. W., y Rutten, L. M. (2004). The impact of Hurricane Georges on soft-bottom, back reef communities: site- and species-specific effects in south Florida seagrass beds. *Bulletin of Marine Science*, 75, 239-257. Modificado.
- Short, F. T. y Wyllie-Echeverria, S. (1996). Natural and human-induced disturbance of seagrasses. *Environmental Conservation* 23: 17-27.
- Zieman, J. C. y Zieman, R. T. (1989). The ecology of the seagrass meadows of the west coast of Florida: a community profile. us Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Research and Development.

Indicador 4

Biomasa de macroalgas



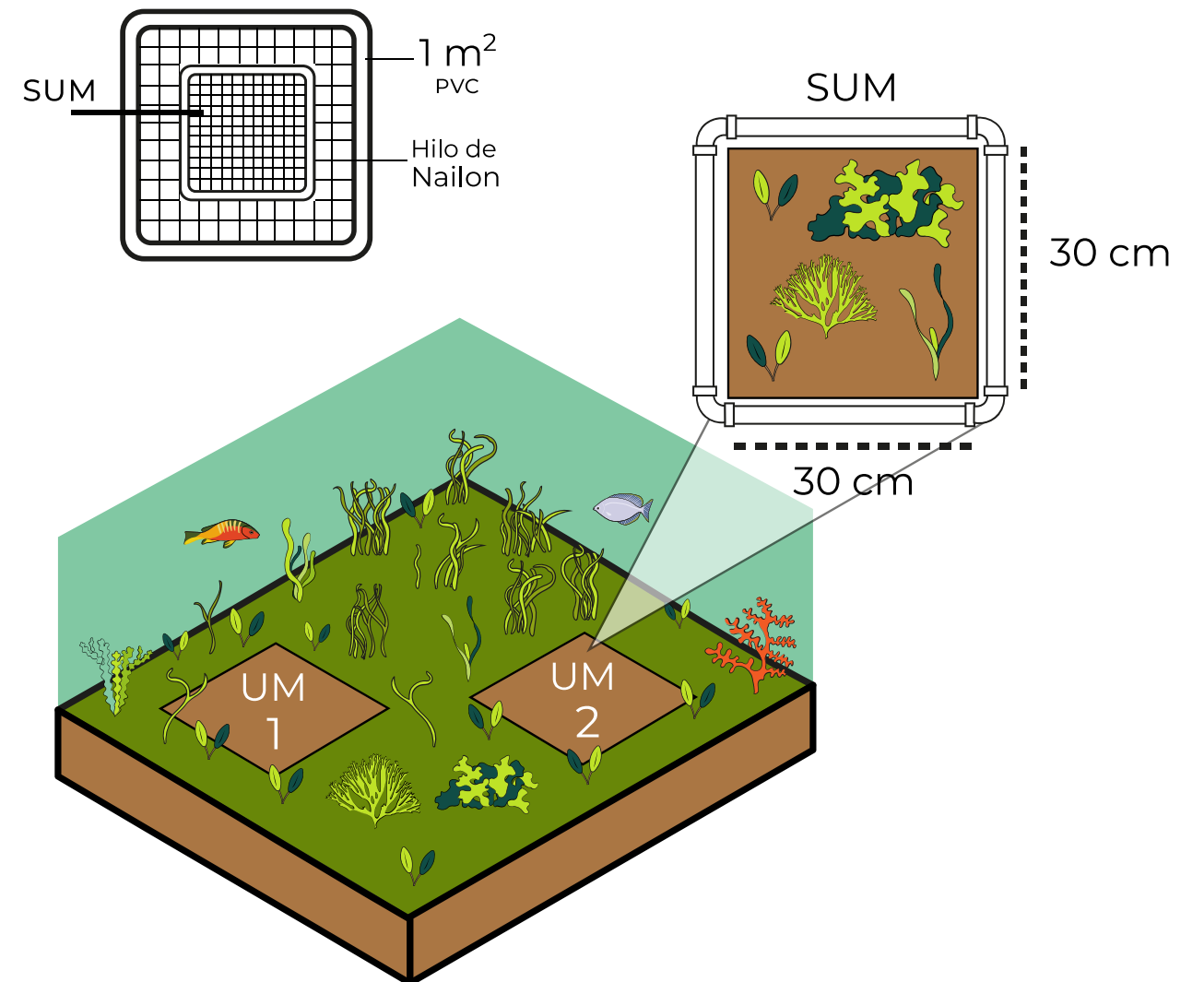


Nota importante: es probable que no se cuente con el material requerido para llevar a cabo algunos procedimientos para el análisis de muestras. Por lo tanto, se debe considerar la identificación, selección y la elaboración de un contrato de colaboración de laboratorios regionales que apoyen con estos análisis. Por otro lado, en caso de requerir realizar colectas será necesario el permiso emitido por SEMARNAT (ver recomendaciones, página 91).

En la UM, que es la misma que se utiliza en el indicador 3 (ver descripción de la UM, página 29):

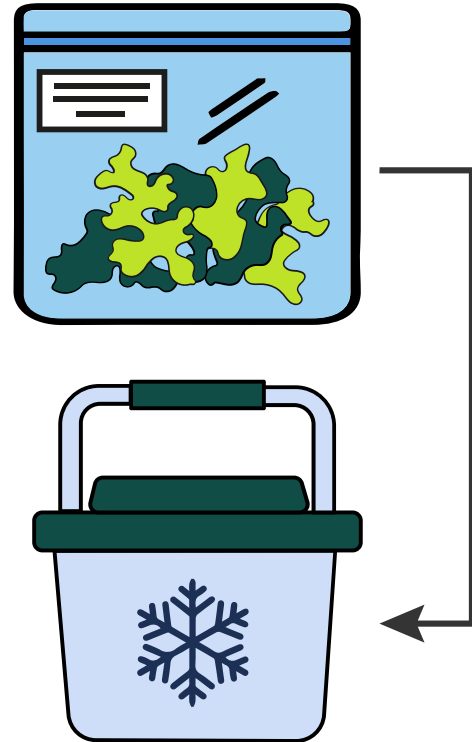
1 Seleccione dos de los cuatro marcos cuadrados de 1 m² para colocar un submarco de 30 x 30 cm para formar una subunidad de muestreo (SUM).

2 Colecte todas las algas presentes en él (solo las partes sobre el sedimento).



3 Guarde la muestra en una bolsa numerada y etiquete (nombre del colector, sitio, fecha y hora de colecta y número de muestra).

4 Mantenga la muestra refrigerada hasta su procesamiento en el laboratorio.

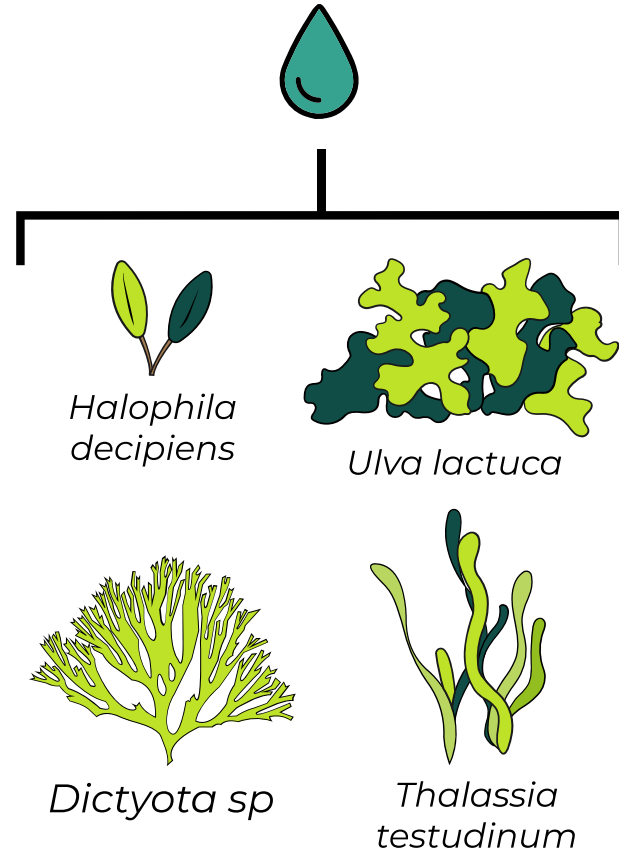


5 Posteriormente, para la obtención de la biomasa de macroalgas, lleve a cabo el siguiente procedimiento:

6 Limpie las algas epífitas.

7 Separe por taxa y determine el número de individuos de cada taxa.

8 Con ayuda de guías de identificación de macroalgas del área determine las especies colectadas. En caso de no lograr la identificación de algún taxa solicite el apoyo de un experto en el grupo, si no es así indique el género o el nombre común.

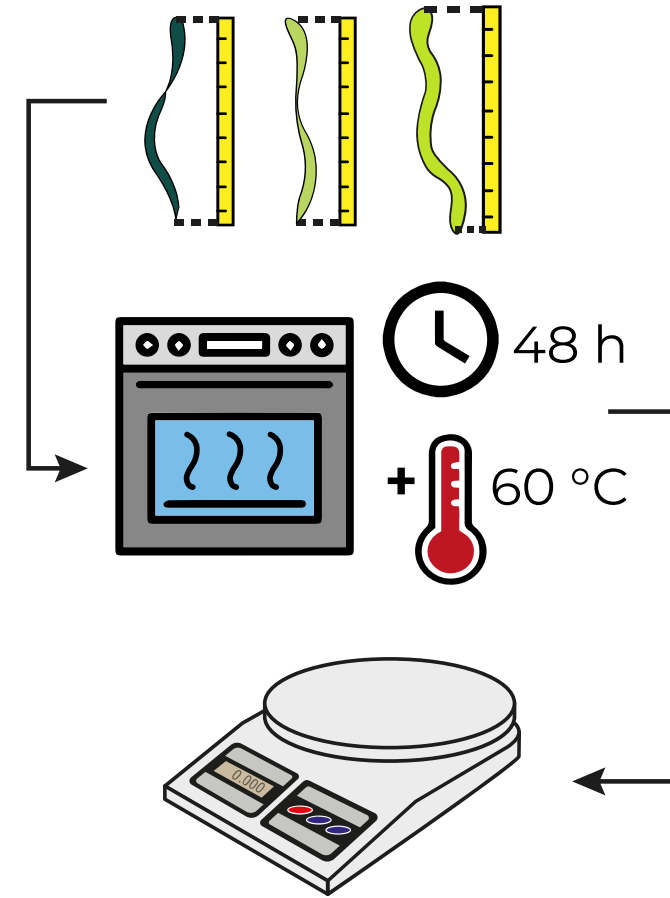


9 Mida la longitud de tres ejemplares de cada taxa.

10 Seque las muestras en un horno a 60 °C durante un mínimo de 48 h.

11 Pese la muestra.

12 Registre datos.



Nota importante: la longitud de cada grupo morfológico de macroalgas será promedio de los tres individuos más altos del grupo. Si no hay tres individuos, se medirán los ejemplares disponibles por muestra.

Datos a registrar:

- Coordenadas del sitio
- ID de la muestra
- Taxa
- Longitud de cada taxa
- Peso de cada muestra
- Observaciones

Basado en:

- Congdon, V. M., Dunton, K. H., Brenner, J., Goodin, K. L. and Ames, K. W. (2018) *Ecological Resilience Indicators for Seagrass Ecosystems*. En *Ecological Resilience Indicators for Five Northern Gulf of Mexico Ecosystems*. https://www.natureserve.org/sites/default/files/projects/files/ecological_resilience_indicators_for_five_northern_gulf_of_mexico_ecosystems.pdf
- Häder, D. P., Kumar, H. D., Smith, R. C., y Worrest, R. C. (2003). *Aquatic ecosystems: effects of solar ultraviolet radiation and interactions with other climatic change factors*. *Photochemical and Photobiological Sciences*, 2(1), 39-50.
- McGlathery, K. J., Reynolds, L. K., Cole, L. W., Orth, R. J., Marion, S. R., y Schwarzschild, A. (2012). Recovery trajectories during state change from bare sediment to eelgrass dominance. *Marine Ecology Progress Series*, 448, 209-221.
- Ramírez, M. Y. P., y Cota, S. E. L. (2019). *Biodiversidad y vulnerabilidad de ecosistemas costeros en Baja California Sur*. <https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/1589/1/Cap%C3%ADtulo%2018%20Biodiversidad%20y%20vulnerabilidad%20de%20ecosistemas%20costeros%20en%20Baja%20California%20Sur.pdf>

Nota importante: los siguientes indicadores: 5, 6, 7 y 8 comparten el método de muestreo y de análisis. Se pueden medir de manera simultánea; o si se desea se pueden omitir aquellos indicadores que no se consideren necesarios u optar por el otro método propuesto de acuerdo con las capacidades de cada ANP.

Indicador 5

Densidad de haces por especie de pastizal marino

Indicador 6

Altura del dosel por especie de pastizal marino

Indicador 7

***Biomasa de los pastos marinos**

Indicador 8

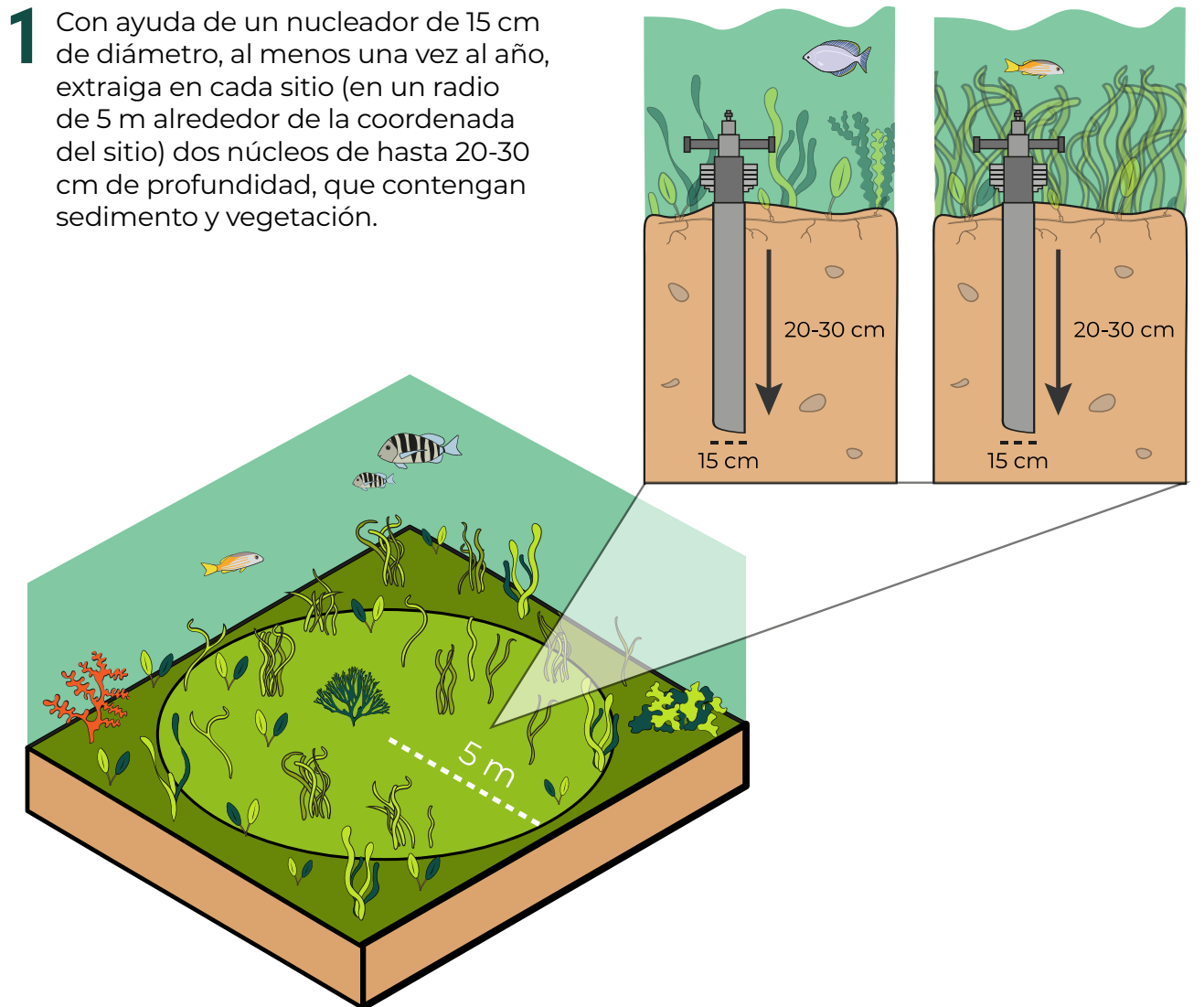
****Concentración de carbono, nitrógeno y fósforo**

Nota importante: es probable que no se cuente con el material requerido para llevar a cabo algunos procedimientos para el análisis de muestras. Por lo tanto, se debe considerar la identificación, selección y la elaboración de un contrato de colaboración con laboratorios regionales que apoyen con estos análisis.

Si midió el indicador 4 (página 33), utilice las mismas UM y SUM, de lo contrario revise el indicador 3 (página 27) para las especificaciones de la UM y el 4 para la SUM.

Campo

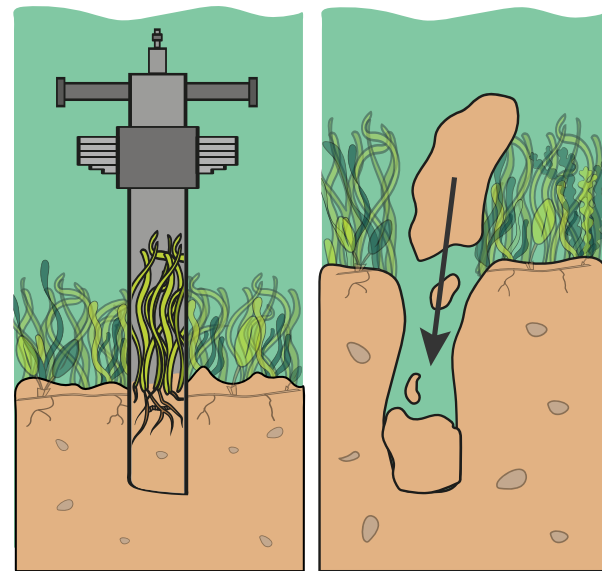
1 Con ayuda de un nucleador de 15 cm de diámetro, al menos una vez al año, extraiga en cada sitio (en un radio de 5 m alrededor de la coordenada del sitio) dos núcleos de hasta 20-30 cm de profundidad, que contengan sedimento y vegetación.



2 Un núcleo se obtiene donde se observe la mayor densidad de fanerógamas y otro en la zona que se considere más representativa de la pradera.

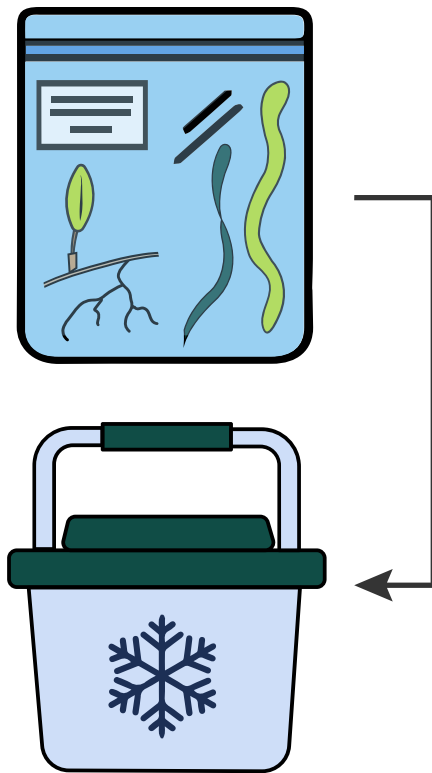
3 Antes de que realice la extracción, acomode las hojas largas de los pastos marinos dentro del nucleador.

4 Elimine el sedimento de la muestra, regresándolo al lugar del que fue extraído para mitigar el efecto del muestreo en la pradera.

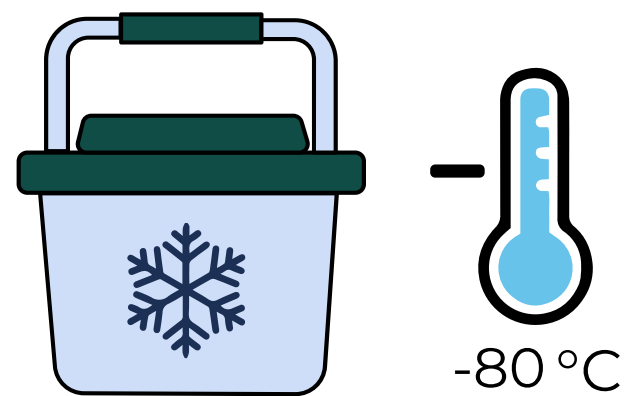


5 Coloque el material vegetal en una bolsa de plástico numerada para su procesamiento en el laboratorio y etiquete la muestra.

6 Mantenga la muestra refrigerada hasta su procesamiento en el laboratorio, el cual se realizará durante la semana de recolección.



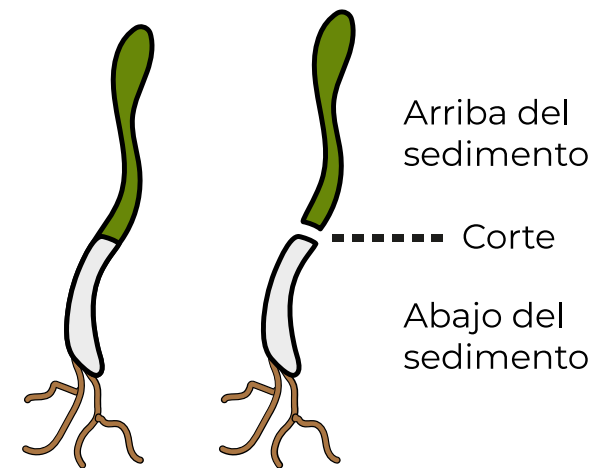
7 Para estimar la **concentración de C, N y P**, utilice las muestras obtenidas con el nucleador. Estas deberán permanecer almacenadas a una temperatura de $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis en laboratorio.



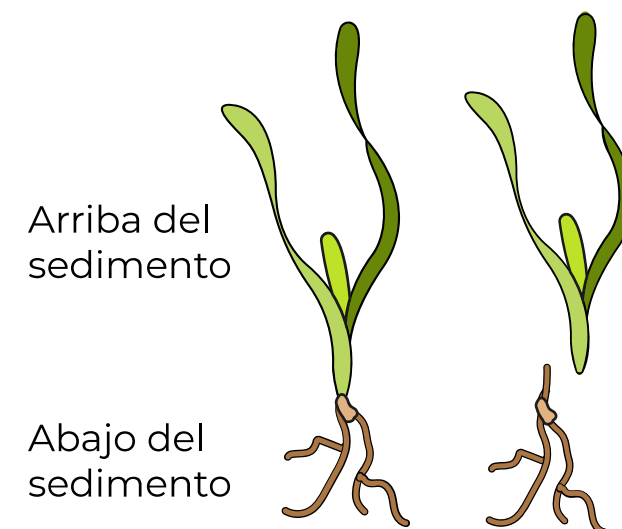
8 Registre datos (**página 44-45**).

Análisis (laboratorio)

1 Separe los tejidos de arriba del sedimento (secciones verdes de las hojas) y de abajo del sedimento (vainas de la hoja [sección blanca], raíces y rizomas vivos), mediante un corte, y descarte el tejido muerto.



2 De las algas arraigadas en el sedimento, descarte las partes de abajo del sedimento con arena y procese solo las partes de arriba del sedimento.

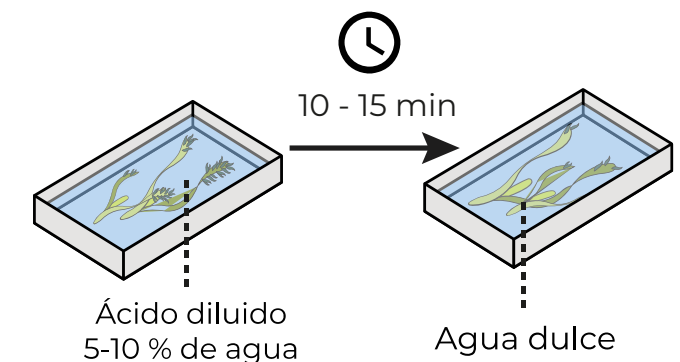


3 Anote el tipo de epífita que se encuentran en las hojas de los pastos marinos (calcárea, filamentosas o formando una mata de cianobacterias/diatomeas continúa cubriendo toda la hoja).

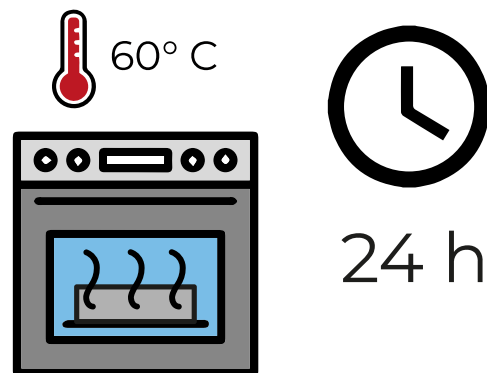
4 Raspe las epífitas de las hojas con una navaja de afeitar.



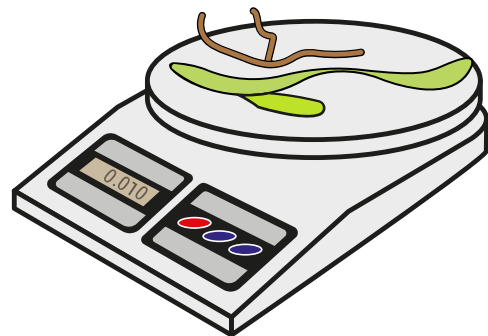
5 Si las hojas de los pastos tienen muchas epífitas calcáreas, colóquelas por 10-15 minutos en ácido clorhídrico diluido (5-10 % en agua), hasta eliminar el carbonato de calcio. Posteriormente, enjuague muy bien las hojas en agua dulce antes de eliminar las epífitas restantes con una navaja de afeitar.



6 Seque todas las partes de los pastos y algas por un período mínimo de 24 h, en una estufa a 60 °C, hasta que el tejido esté seco. Note que los rizomas de *Syringodium filiforme* tardan mucho en secarse y probablemente requieran más de 24 h de secado.



7 Pese las muestras hasta una precisión de 0.01 g.



8 Registre datos.

Datos a registrar (para todos los indicadores):

- Coordenadas de los puntos de muestreo
- Observaciones

Datos a registrar (indicador 5):

- Taxa o grupo presente: especies de pasto presentes, géneros o grupos morfológicos de macroalgas
- Para cada especie o grupo morfológico:
 - Número de haces foliares (pastos marinos) o talos (macroalgas)
 - Presencia de flores o frutos (pastos marinos)
 - Presencia de marcas de herbivoría (mordidas de peces y/o tortugas en bordes, perforaciones en el haz hechas por poliquetos, o raspaduras de lámina foliar por caracoles)
 - Largo, ancho y el número de vástagos por número de hojas por vástago

Datos a registrar (indicador 6):

- Para *T. testudinum*:
 - Alturas de los tres individuos más altos. Si en la manipulación de la muestra se rompen las hojas, se deberá acomodar las secciones para determinar las alturas originales
- Para *S. filiforme* y *Halodule wrightii*:
 - Alturas de los tres individuos más largos

Datos a registrar (indicador 7):

- Taxa o grupo presente: especies de pastos presentes, géneros o grupos morfológicos de macroalgas
- Para cada especie o grupo morfológico:
 - Presencia de marcas de herbivoría (mordidas de peces y/o tortugas en bordes, perforaciones en el haz hechas por poliquetos, o raspaduras de lámina foliar por caracoles)
- Para *T. testudinum*:
 - Peso seco arriba del sustrato (secciones verdes de las hojas [partes superiores de la vaina])
 - Peso seco debajo del sustrato (vainas, raíces y rizomas)
- Para *S. filiforme* y *H. wrightii*:
 - Peso seco arriba del sustrato (secciones verdes de las hojas)
 - Peso seco debajo del sustrato (tallos, raíces y rizomas)
- Para las macroalgas:
 - Peso seco arriba del sustrato (no se descalcifican las algas calcáreas, por lo que se determina el peso seco calcificado)

Datos a registrar (indicador 8):

- Concentración de C, N y P en tejidos por especie analizada

Basado en:

- Alcolado, P. M., G. Alleng, K. Bonair, D. Bone, K. Buchan, P. G. Bush, D. T. Gerace, et al. (2001). The Caribbean coastal marine productivity program (caricomp). *Bulletin of Marine Science* 69(2): 819-829. https://www.researchgate.net/publication/233668734_The_Caribbean_coastal_marine_productivity_program_CARICOMP
- Atkinson, M. J., y S. V. Smith (1983). C: N: P ratios of benthic marine plants. *Limnology and Oceanography*, 28(3), 568-574.
- Batista-Morales, A. y D. Gómez (2010). *Indicadores del estado de conservación de los ecosistemas marino-costeros de Colombia*. 173-210. En Invemar (Ed.). Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: 2009. Serie Publicaciones Periódicas del Invemar No. 8, Santa Marta.
- Burkholder, J. M., D. A. Tomasko y B. W., Touchette (2007). Seagrasses and eutrophication. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350(1-2): 46-72. http://biomar.fciencias.unam.mx/Sobretiros/informacion%202019completo/1.%20LITERATURA%20NUTRIENTES%20BAJO%20AN%C3%81LISIS/1.%20CARPETAS%20SIN%20DATOS%20-%20130%EF%80%A8/Nutrients%20_%20eutrophication-%2035/2007.%20Burkholder%20etal.%20Seagrasses%20_%20eutrophication.%20JEMBE%202007.pdf
- cca (2016). *Carbono azul en América del Norte: evaluación de la distribución de los lechos de pasto marino, marismas y manglares, y su papel como sumideros de carbono*. Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 58. <http://www3.cec.org/islandora/es/item/11664-north-america-s-blue-carbon-assessing-seagrass-salt-marsh-and-mangrove-es.pdf>
- Duarte, C. M. (1990). Seagrass nutrient content. *Marine ecology progress series*. *Oldendorf*, 6(2), 201-207.
- Enríquez, S. y N. I. Pantoja-Reyes (2005). Form-function analysis of the effect of canopy morphology on leaf self-shading in the seagrass *Thalassia testudinum*. *Oecologia* 145(2): 234-242. https://www.researchgate.net/publication/7799154_Form-function_analysis_of_the_effect_of_canopy_morphology_on_leaf_self-shading_in_the_seagrass_Thalassia_testudinum
- Gutiérrez-Aguirre, M. A., de la Fuente-Betancourt, M. G. y Cervantes-Martínez, A. (2000). Biomasa y densidad de dos especies de pastos marinos en el sur de Quintana Roo, México. *Revista de Biología*.

- Hernández-Zanuy A. C. y Alcolado P. M. (eds). (2014). *Métodos para el estudio de la biodiversidad en ecosistemas marinos tropicales de Iberoamérica para la adaptación al cambio climático*. Red CYTED 41ORT0396. E. Book. Instituto de Oceanología.
- López, P. (2016). *Análisis de los efectos del enriquecimiento de nutrientes continentales en la vegetación acuática sumergida de la costa norte de Quintana Roo, México* [Tesis de maestría]. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.
- Martínez-Daranas, B., M. Cano-Mallo y D. Macías- Reyes (2013). *Protocolo para el monitoreo de los pastos marinos*. Centro Nacional de Áreas Protegidas.
- Orth, R. J., T. J. B. Carruthers, W. C. Dennison, C. M. Duarte, J. W. Fourqurean, K. L. Heck, A. R. Hughes, G. A. Kendrick, W. J. Kenworthy, S. Olyarnik, F. T. Short, M. Waycott, y S. L. Williams. (2006). A global crisis for seagrass ecosystems. *Bioscience* 56: 987-996.
- Perera-Valderrama, S., S. Cerdeira-Estrada, R. Martell-Dubois, L. O. Rosique-de la Cruz, H. Caballero-Aragón y R. Ressler (coords.) (2020). *Protocolos de monitoreo de la biodiversidad marina en áreas naturales protegidas del Caribe mexicano*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/15240.pdf>
- Van Tussenbroek, B. I. (1995). *Thalassia testudinum* leaf dynamics in a Mexican Caribbean coral reef lagoon. *Marine Biology* 122(1): 33-40.

An underwater photograph showing a school of small fish swimming in the upper half of the frame. Below them is a dense field of green seagrass. The water is clear and blue-green. The text is overlaid on the right side of the image.

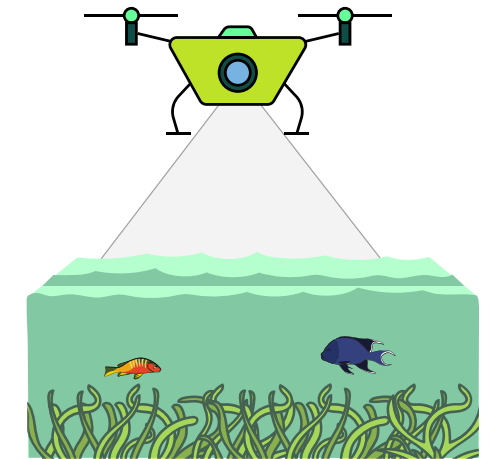
Indicador 9

***Cambio en la
extensión del
área cubierta por
pastizales marinos**

Para verificar que la información obtenida a través del uso de imágenes satelitales coincida con la extensión real de pastizales marinos, se recomienda el uso de drones y de ecosondas.

Drones

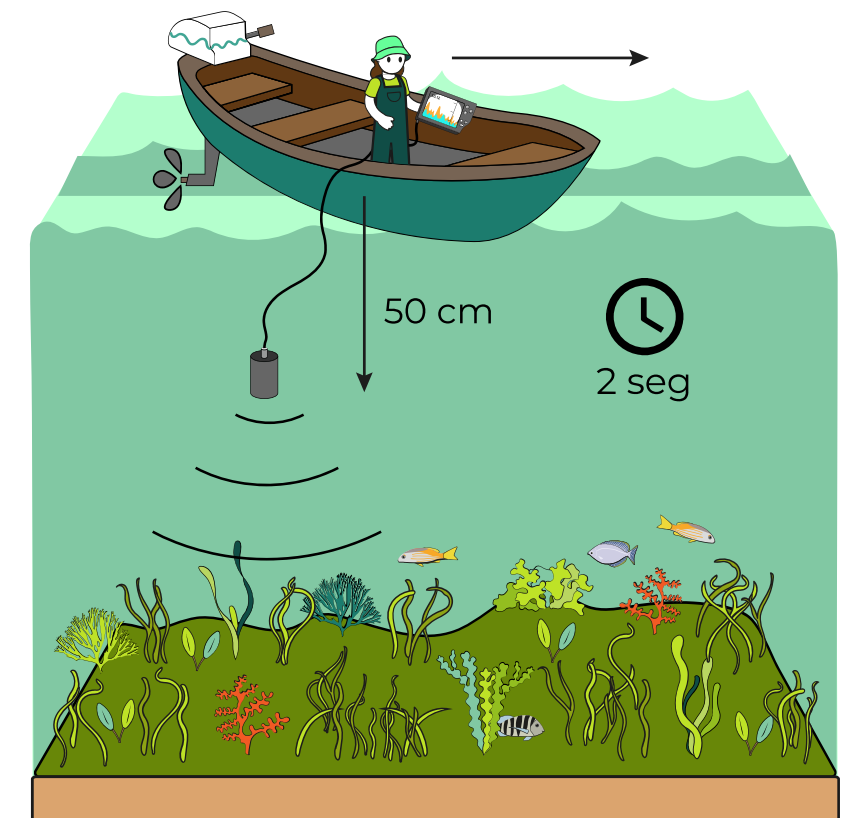
- 1 Realice sobrevuelos en las áreas donde se identificó la presencia de cobertura de pastizales marinos y verifique esta información.



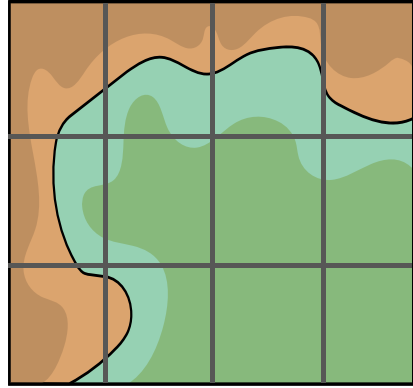
Ecosonda

El uso de esta herramienta se recomienda principalmente para aquellos sitios con mayor turbidez y/o profundidad, en los cuales la discriminación de la cobertura no puede realizarse a partir de imágenes satelitales.

- 1 Utilice una ecosonda conectada a un GPS, la cual se instalará en una lancha y con el transductor a 50 cm de profundidad para registrar datos cada 2 segundos.
- 2 Realice transectos sobre el área de estudio en los que se registren las tomas de profundidad y ubicación para su futuro procesamiento en laboratorio.
- 3 Si cuenta con imágenes de satélite, compare la información obtenida con este método y las imágenes satelitales.



4 Registre datos.




Datos a registrar:

- Tipo de muestreo utilizado
- Coordenadas (inicio /final)
- Periodo de tiempo comparado
- El cambio en la extensión del área de los pastizales marinos, expresado en unidades de superficie de m²
- Observaciones

Basado en:

- Braun-Blanquet, J. (1972). L'alliance du Festucion spadiceae des Alpes sud-occidentales. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 119(9), 591-602.
- Congdon, V. M., Dunton, K. H., Brenner, J., Goodin, K. L. and Ames, K. W. (2018). *Ecological Resilience Indicators for Seagrass Ecosystems*. En *Ecological Resilience Indicators for Five Northern Gulf of Mexico Ecosystems*. https://www.natureserve.org/sites/default/files/projects/files/ecological_resilience_indicators_for_five_northern_gulf_of_mexico_ecosystems.pdf
- Nordlund L. M., Koch E. W., Barbier E. B. y Creed J. C. (2017). *Correction: Seagrass Ecosystem Services and Their Variability across Genera and Geographical Regions PLOS ONE 12(1): e0169942*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169942>
- Perera-Valderrama, S., S. Cerdeira-Estrada, R. Martell-Dubois, L. O. Rosique-de la Cruz, H. Caballero-Aragón y R. Ressler (coords.) (2020). *Protocolos de monitoreo de la biodiversidad marina en áreas naturales protegidas del Caribe mexicano*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/15240.pdf>
- Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., ... y Kendrick, G. A. (2009). *Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems*. *Proceedings of the national academy of sciences*, 106(30), 12377-12381.

An underwater photograph showing a dense field of green seagrass in the foreground. The seagrass blades are long and narrow, with some showing signs of being eaten, such as small holes and frayed edges. In the middle ground, a large school of small, silvery fish is swimming in a loose formation. The background is a deep, clear blue-green water, with some rocky or coral structures visible in the distance. The overall scene is well-lit, suggesting a shallow water environment.

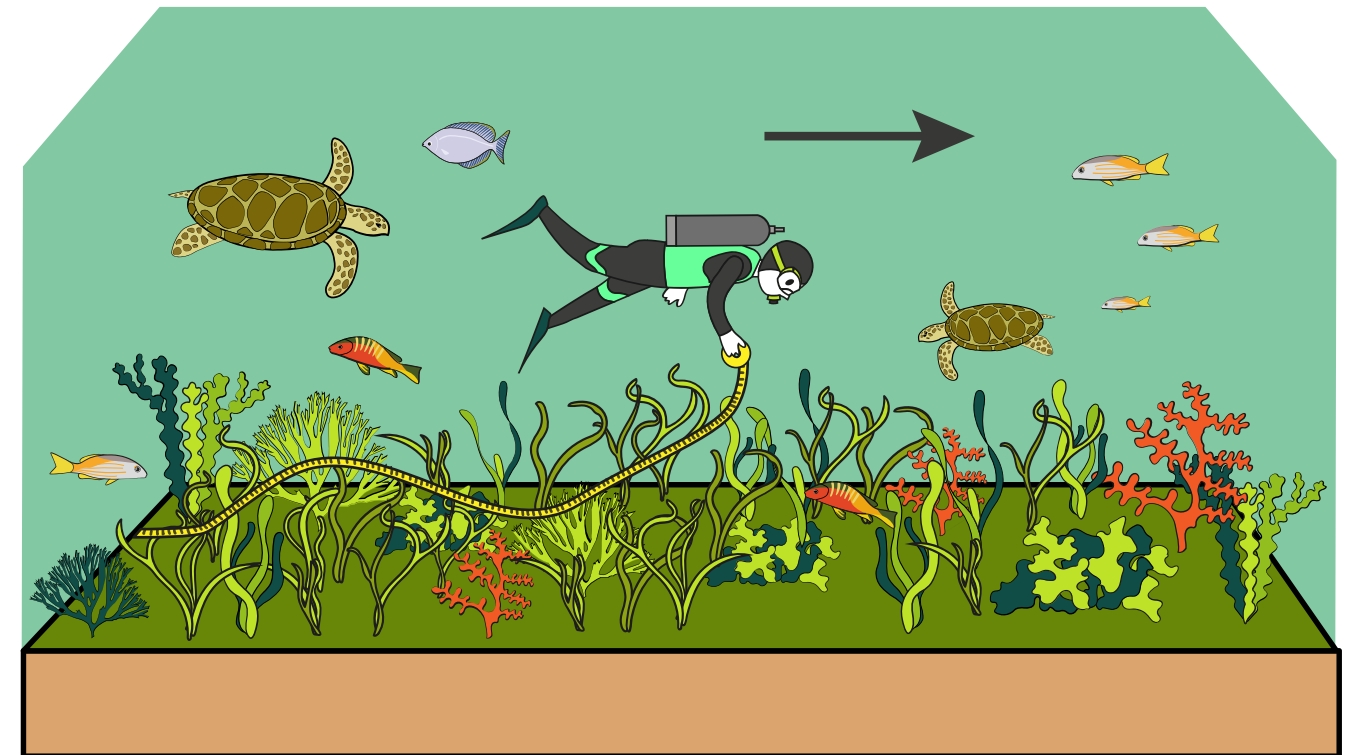
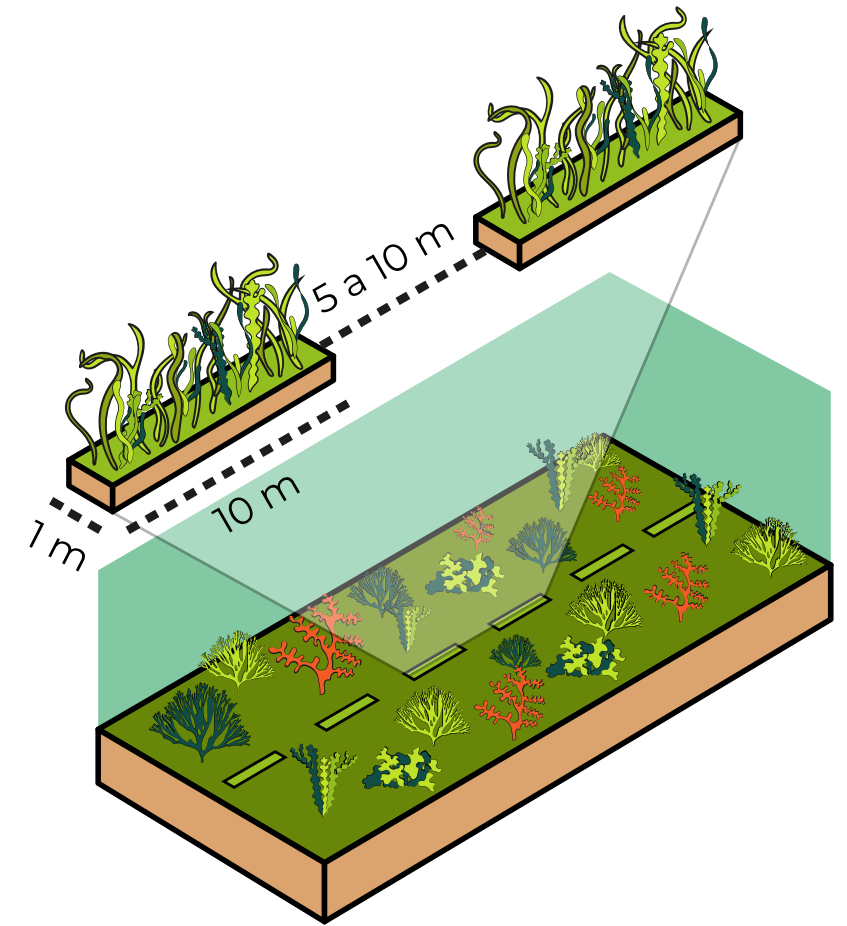
Indicador 10
**Porcentaje de
hojas consumidas
por tortugas**



1 Sobre la superficie del pastizal, establezca al azar entre seis y ocho transectos de 10 m de largo por 1 m de ancho.

2 Los transectos deben estar separados a una distancia de 5 a 10 m entre sí.

3 Cuando se seleccione el punto de inicio, sujete el extremo de la cinta métrica en el fondo y nade en línea recta soltando la cinta conforme avanza.

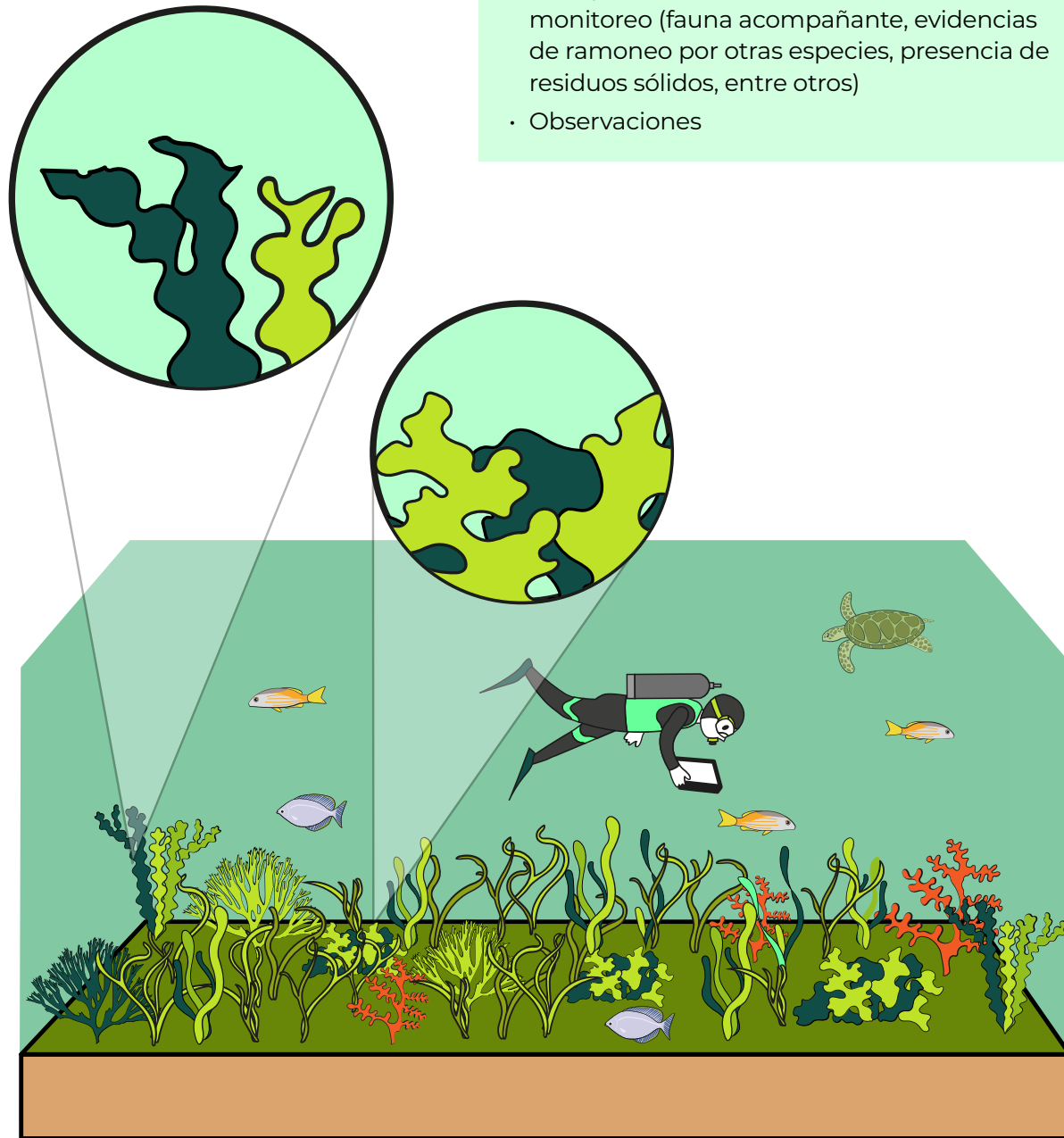


4 Cuente y registre el número de hojas mordidas por tortugas y el número de hojas revisadas a lo largo de los transectos.

5 Registre datos.

Datos a registrar:

- Coordenadas geográficas del sitio
- Número de hojas mordidas
- Especie de pasto marino que fue consumida
- Número de hojas revisadas (mordidas y no mordidas)
- Indique si durante el monitoreo se observó a algún individuo de tortuga. Si conoce la especie menciónela
- Cualquier observación relacionada con el monitoreo (fauna acompañante, evidencias de ramoneo por otras especies, presencia de residuos sólidos, entre otros)
- Observaciones



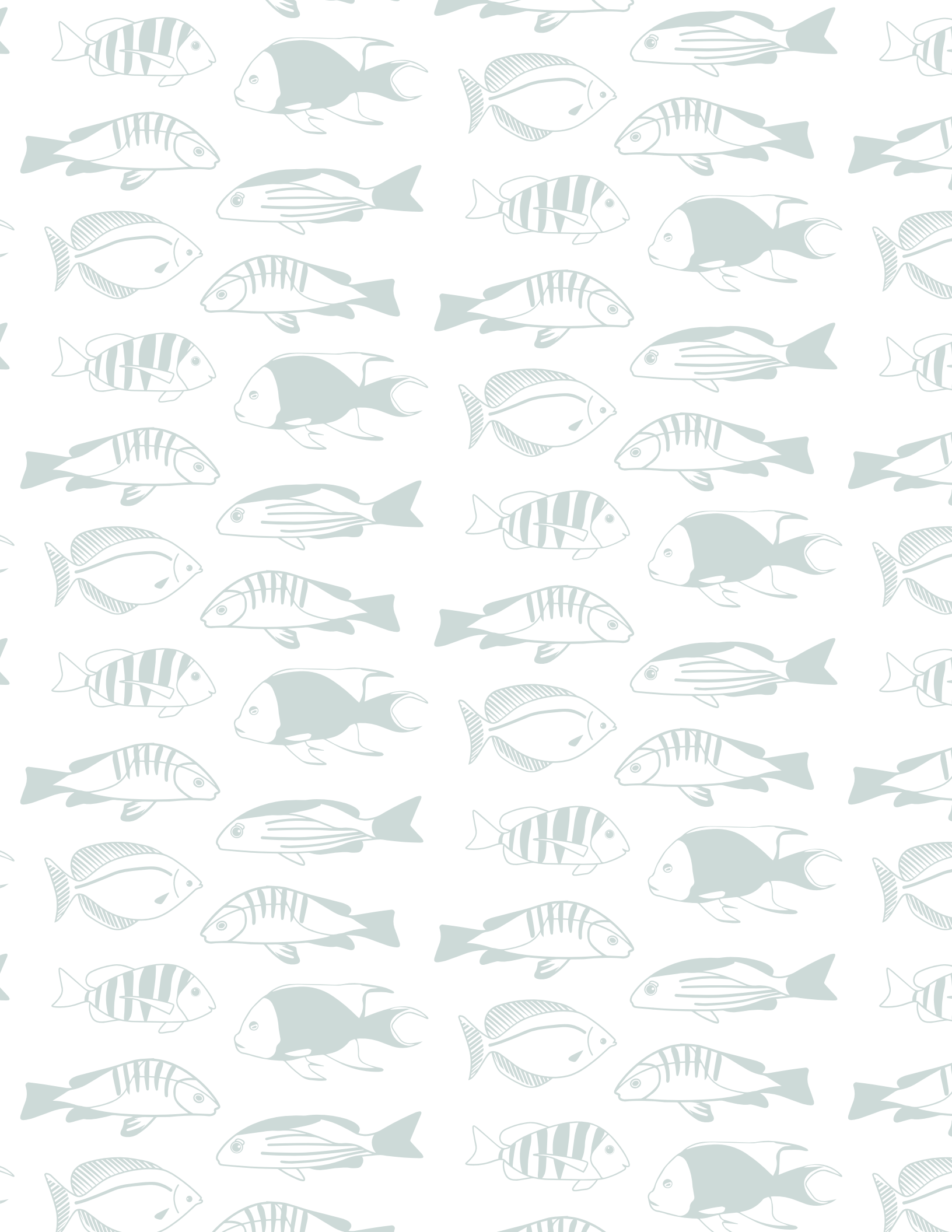
Basado en:

- Cervantes-Maldonado, A., y Quintero, E. (2016). *La importancia de conservar las praderas de pastos marinos*. CONABIO Biodiversitas, 128, 12-16.
- Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. AbreuGrobos y M. Donnelly (Editores.). (2000). (Traducción al español). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación No. 4. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/1999-076-Es.pdf>
- INVEMAR. (2003). *Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2002*. (Eds). Medellín: Servigráficas, 2003. 292 (Serie de publicaciones periódicas; no. 8). http://www.invemar.org.co/web/guest/inicio?p_p_id=3&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_3_struts_action=%2Fsearch%2Fsearch&_3_redirect=%2Fportal%2Fmarco_sibm.htm&_3_keywords=INVEMAR%2C+2003.+Informe+del+estado+de+los+ambientes+marinos+y+costeros+en+Colombia%3A+a%-C3%B1o+2002+%28Eds%29.+Medell%C3%ADn%3A+Servigr%C3%A1ficas%2C+2003.+292+p.+%28Serie+de+publicaciones+peri%C3%B3dicas%3B+no.+8%29.&_3_groupId=0
- Perera-Valderrama, S., S. Cerdeira-Estrada, R. Martell-Dubois, L. O. Rosique-de la Cruz, H. Caballero-Aragón y R. Ressler (coords.). (2020). *Protocolos de monitoreo de la biodiversidad marina en áreas naturales protegidas del Caribe mexicano*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/15240.pdf>
- Van Tussenbroek, B. I. (1995). *Thalassia testudinum leaf dynamics in a Mexican Caribbean coral reef lagoon*. *Marine Biology* 122(1): 33-40.

An underwater photograph showing a school of small fish swimming in the upper half of the frame. The water is clear and greenish. In the foreground, there is a dense field of seagrass with long, thin blades and some brownish, dead-looking stalks. The background shows a rocky seabed covered in algae.

Indicador 11

***Proporción de peces herbívoros, carnívoros, detritívoros y omnívoros**



Para este indicador se recomienda el uso de cámaras de video que permitan grabar a los peces presentes en el sitio de estudio. Este monitoreo puede llevarse a cabo de dos maneras:

Videotransecto

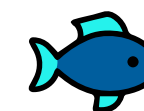
1 Establezca 5 transectos de 30 x 2 m.

- Pequeños: < 20 cm



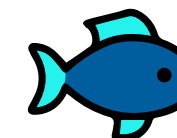
2 Nade a lo largo de él con una cámara de video para registrar a las especies de peces presentes.

- Medianos: 20 - 40 cm

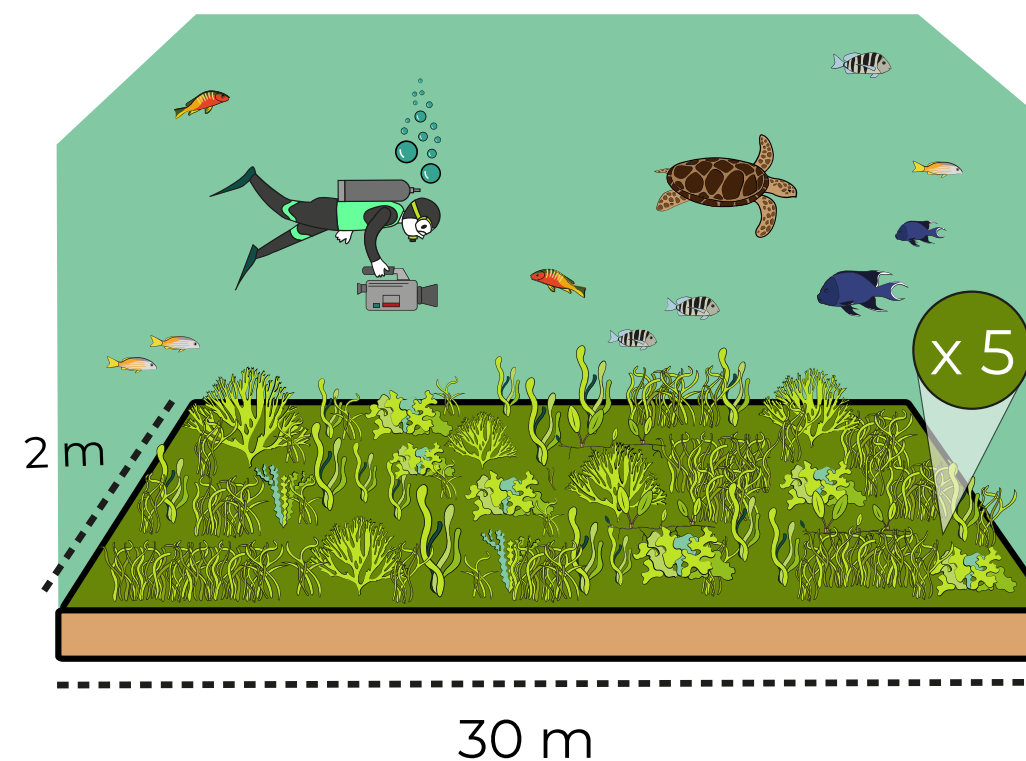


3 Para cada individuo, estime la talla en el intervalo de clase correspondiente:

- Grandes: > 40 cm



4 Registre datos (página 64).

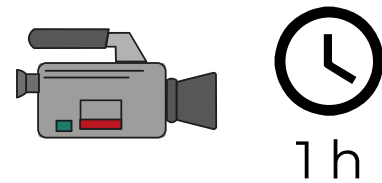


Videocuadrante

1 Debido a que la presencia de humanos genera que los peces de los pastizales se vayan, se recomienda el uso de cámaras dispuestas en los 4 puntos cardinales, o 2 cámaras encontradas, para grabar a los peces herbívoros, carnívoros, detritívoros y omnívoros presentes en el sitio.

2 Posicione las cámaras y déjelas prendidas por un periodo de 1 hora.

3 Adelante de la cámara, ponga una rejilla para poder estimar el tamaño de los peces presentes.

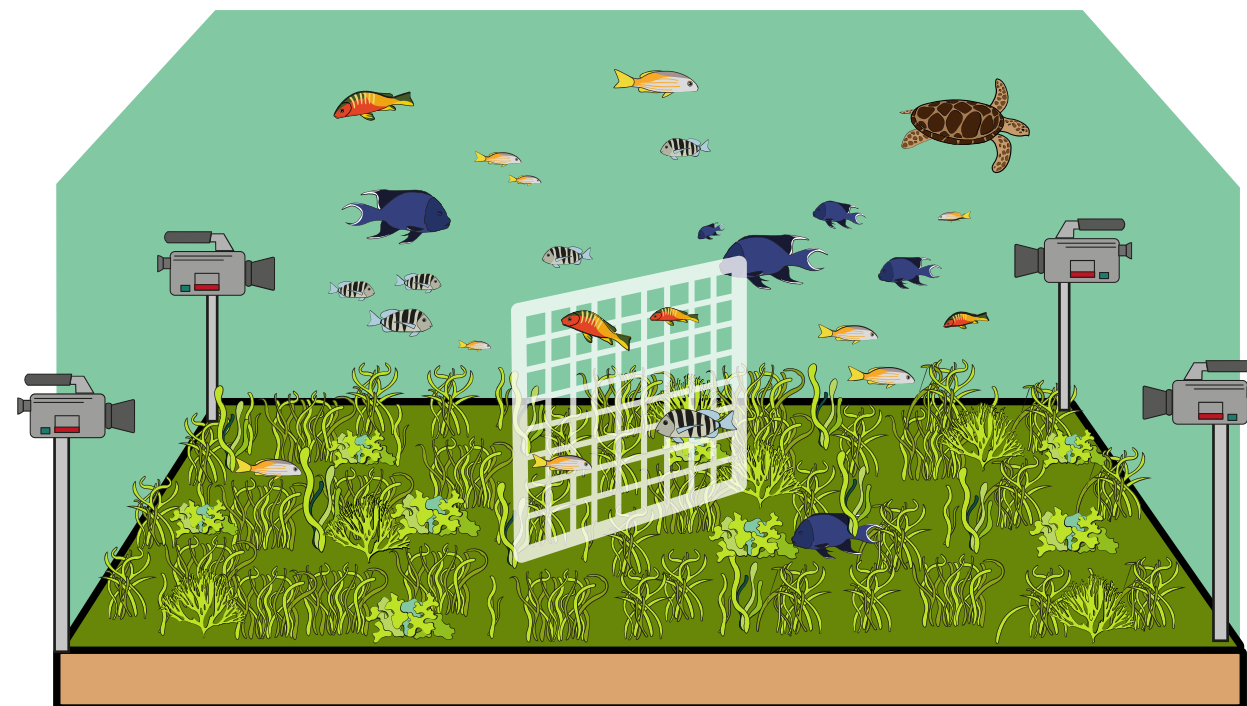


4 Recoja las cámaras y guárdelas para su procesamiento y análisis en la oficina.

5 Registre datos.

Datos a registrar:

- Coordenadas del sitio
- Número de transecto o cuadrante
- Especie o género
- Número de individuos por especie
- Grupo al que pertenece (herbívoro, carnívoro, detritívoro, omnívoro)
- Talla de los individuos
- Indicar si es especie exótica o nativa
- Observaciones



Basado en:

- Ferrell, D. J. y Bell, J. D. (1991). Differences among assemblages of fish associated with *Zostera capricorni* and bare sand over a large spatial scale. *Mar Ecol Prog Ser* 72:15–24.
- Franco, A., Franzoi, P., Malavasi, S., Riccato, F. y Torricelli, P. (2006). Fish assemblages in different shallow water habitats of the Venice Lagoon. *Hydrobiologia* 555:159–174.
- Horinouchi, M. (2007). Distribution patterns of benthic juvenile gobies in and around seagrass habitats: *Effectiveness of seagrass shelter against predators*. *Estuar Coast Shelf Sci* 72:657–664.
- Karr, J. R. (1987). Biological monitoring and environmental assessment: a conceptual framework. *Environmental Management*, 11(2), 249-256.
- Nagelkerken, I. (2009). *Evaluation of nursery function of mangroves and seagrass beds for tropical decapods and reef fishes: patterns and underlying mechanisms*. Ecological Connectivity among Tropical Coastal Ecosystems.
- Nanjo, K., Kohno, H., Nakamura, Y., Horinouchi y M., Sano, M. (2014). Differences in fish assemblage structure between vegetated and unvegetated microhabitats in relation to food abundance patterns in a mangrove creek. *Fish Sci* 80:21–41.
- Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J. W., Heck, K. L. Jr., Hughes, A. R., Kendrick, G. A., Kenworthy, W. J., Short, F. T., Williams, S. L. (2009). *Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems*. *Proc Natl Acad Sci USA* 106:12377–12381.

An underwater photograph showing a healthy seagrass bed in the foreground. The seagrass is green and appears to be partially damaged or cut. In the middle ground, a school of small fish is swimming. The water is clear and blue-green. The background shows more seagrass and some rocks.

Indicador 12

***Número de impactos generados en las ANP por actividades turísticas**

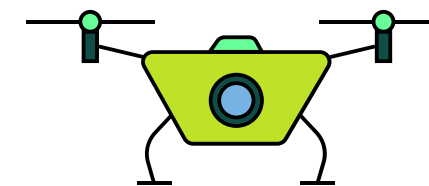
Para medir este indicador se proponen dos métodos: uno mediante recorridos de vigilancia desde la playa y el otro es utilizando los transectos desplegados para los otros monitoreos.

Recorridos de vigilancia

- 1** Se realizarán recorridos de vigilancia para llevar a cabo el registro de los impactos derivados de las actividades turísticas que se observen. Asimismo, se puede tener el apoyo de drones para registrar estas actividades.
- 2** Mediante la organización y coordinación entre autoridades del ANP y los prestadores de servicios turísticos se acordará el llenado de

una bitácora, en la cual se registre el número de turistas que realicen actividades acuáticas recreativas en los pastizales marinos.

- 3** Registre datos (página 70).



Transectos desplegados

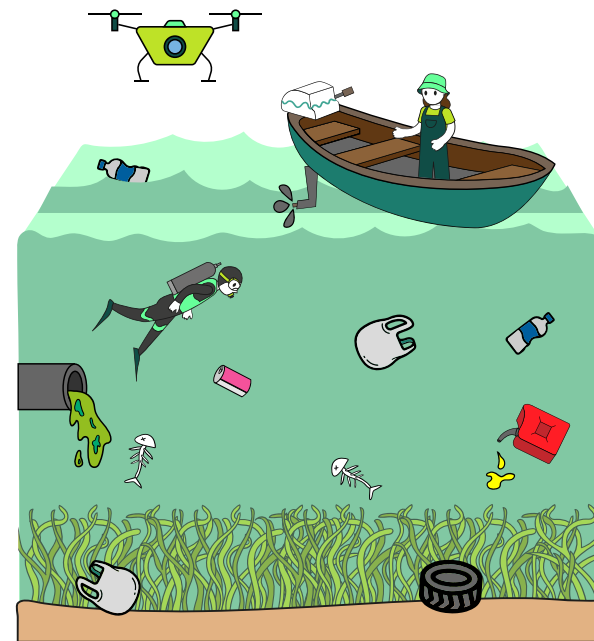
1 En los transectos desplegados para los otros monitoreos se realizarán recorridos de vigilancia para llevar a cabo el registro de los impactos derivados de las actividades turísticas que se observen.

2 Asimismo, se puede tener el apoyo de drones para registrar estos impactos.

3 Registre datos.

Datos a registrar:

- Coordenadas de los puntos donde se observen impactos derivados de las actividades turísticas
- Hora del recorrido de vigilancia
- Número de turistas/días presentes
- Número de impactos/recorrido
- Tipo de impacto: residuos sólidos (basura), residuos líquidos (derrames de alguna sustancia), daño en el pastizal, entre otros
- Caracterización del impacto (Tabla 2)
- De ser posible su extensión o cobertura
- Observaciones



Basado en:

- FMCN, CONAFOR, USAID y USFS (2018), *Manual para muestrear la vegetación en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, BIOCOMUNI-Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad, una guía para núcleos agrarios*. Comisión Nacional Forestal-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza.
- Hawkins, J. y Roberts, C. (1992). Effects of recreational scuba diving on fore-reef slope communities of coral reefs. *Biol. Conser* 62(3), 171-178.
- Ibarra-Núñez, E., Gámez, A. E., y Ortega-Rubio, A. (2018). *Impacto territorial del turismo en zonas prioritarias para la conservación y ecosistemas prioritarios de Baja California Sur, México*. Sociedad y ambiente, (17), 33-58.
- Medina, J. R., Tintoré, J. y Duarte, C. M. (2001). Las praderas de Posidonia y la regeneración de playas. *Revista de Obras Públicas* 3409: 31-43.
- Santander-Botello, L. C., y Frejomil, E. P. (2009). Impacto ambiental del turismo de buceo en arrecifes de coral. *Cuadernos de turismo*, (24), 207-227.
- Tratalos, J. y Austin, T. (2001). Impacts of recreational scuba diving on coral communities of the Caribbean island of Grand Cayman. *Biological Conservation* 102(1), 67-75.

Ámbito de variación permisible	Interpretación
No existen, afectación no perceptible	No se encontraron afectaciones al ecosistema o aun estando presentes el daño no afecta la calidad del ecosistema. La presencia de turistas es mínima
Afectación menor	El número de impactos es mínimo y los efectos negativos causados a los recursos no son permanentes y se pueden recuperar sin intervención del hombre. Existe poca presencia turística
Afectación mediana	Los daños a los recursos no son permanentes, pero sí se requiere de la intervención del hombre para controlar el proceso de degradación. La presencia turística es moderadamente alta
Afectación mayor	Impactos mayores que han afectado los recursos de tal manera que, para su recuperación, son necesarias medidas de restauración durante un tiempo considerable. Existe una alta presencia turística

Tabla 2. Caracterización del impacto.
Fuente: FMCN, CONAFOR, USAID Y USFS. (2018).

An underwater photograph showing a school of small fish swimming in the upper half of the frame. The lower half of the frame shows a dense bed of seagrass, with many individual blades appearing broken, cut, or severely damaged, indicating physical impact from anchors or boat propellers. The water is clear and greenish-blue.

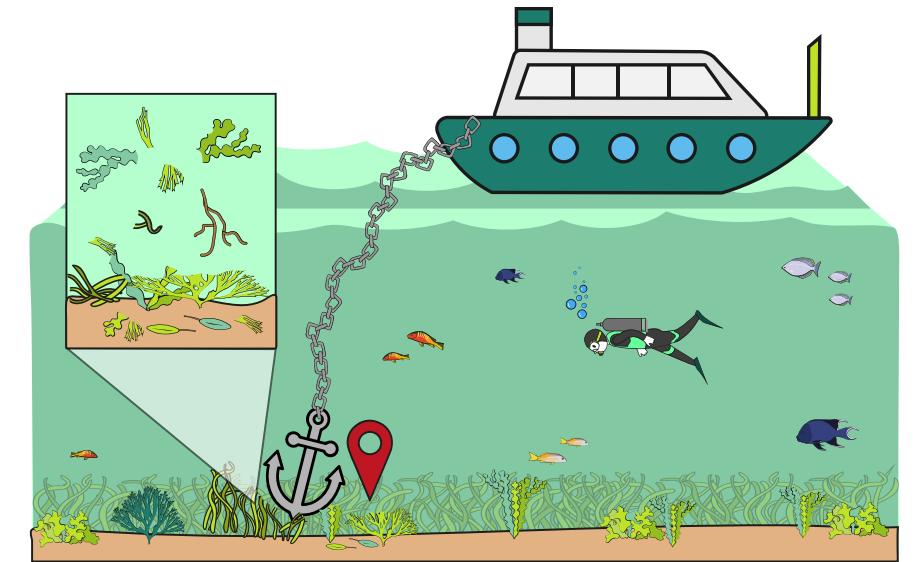
Indicador 13

**Magnitud del daño en
pastizales marinos por
embarcaciones y uso
de anclas**



Cada vez que se presente un reporte de evento de varamiento de embarcaciones o de anclas en los pastizales:

- 1** Acuda al sitio y evalúe la tasa de daño observado (en una escala de 1 (insignificante) a 5 (severo).
- 2** De ser posible marque los puntos con ayuda del GPS para cuantificar la magnitud del daño.
- 3** Describa el grado perceptible de conservación (tabla 3).
- 4** Registre datos.



Ámbito de variación permisible	Interpretación
Nula	Sin siniestros
Media	Un solo tipo de afección, o baja magnitud
Alta	Dos o más tipos de disturbios o uno de alto impacto

Tabla 3. Grado perceptible de conservación.
Fuente: Batista-Morales A. y Gómez D. (2010).

Datos a registrar:

- Coordenada del sitio
- Hora del levantamiento
- Longitud de la eslora del barco
- Tipo de barco o tipo de ancla
- Longitud de la cadena del ancla que descansa sobre el fondo
- Profundidad
- Tipo de fondo (coral, pastos marinos, arena, escombros, barro, entre otros)
- Tasa de daño observado (1-5)
- Tipo de daño (abrasión, socavación, fragmentación, remoción)
- Grado perceptible de conservación
- Área afectada de pastizales marinos (m²)
- Observaciones

Basado en:

- Batista-Morales, A. y D. Gómez(2010). *Indicadores del estado de conservación de los ecosistemas marino-costeros de Colombia*. 173-210. En: Invermar (Ed.). Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2009. Serie Publicaciones Periódicas del Invermar No. 8, Santa Marta.
- Creed, J. C., y Amado Filho, G. M. (1999). Disturbance and recovery of the macroflora of a seagrass (*Halodule wrightii* Ascherson) meadow in the Abrolhos Marine National Park, Brazil: an experimental evaluation of anchor damage. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 235(2), 285-306.
- La Manna, G., Donno, Y., Sarà, G., y Ceccherelli, G. (2015). The detrimental consequences for seagrass of ineffective marine park management related to boat anchoring. *Marine pollution bulletin*, 90 (1-2), 160-166.
- Nordlund, L. M., Koch, E. W., Barbier, E. B. y Creed, J. C. (2017). *Correction: Seagrass Ecosystem Services and Their Variability across Genera and Geographical Regions*. PLOS ONE 12(1): e0169942. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169942>
- Perera-Valderrama, S., S. Cerdeira-Estrada, R. Martell-Dubois, L. O. Rosique-de la Cruz, H. Caballero-Aragón y R. Ressler (coords.). (2020). *Protocolos de monitoreo de la biodiversidad marina en áreas naturales protegidas del Caribe mexicano*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/15240.pdf>

Hojas de registro para el monitoreo de indicadores de los ecosistemas pastos marinos

Indicador 3. *Abundancia relativa (por especie de pastizal marino y grupo morfológico de macroalgas)

Hoja de registro

Observaciones	Nombre de monitor		ANP		Abundancia relativa	Valor de biomasa de algas
	Localidad		Fecha (día/mes/año)			
	Hora (inicio)		Hora (fin)			
UM	Coordenadas	Tipo de sustrato	Taxa o grupo presente			
Observaciones						

Indicador 4. Biomasa de macroalgas
Hoja de registro

Nombre de monitor	ANP		Taxa o grupo presente	SUM (ID)	Coordenadas	Peso de cada muestra	longitud (tres ejemplares)
	Localidad						
	Hora (inicio)	Hora (fin)					
UM	Coordenadas	Taxa o grupo presente	SUM (ID)	Coordenadas	Peso de cada muestra	longitud (tres ejemplares)	
Observaciones							

Indicador 8. **Concentración de carbono, nitrógeno y fósforo
Hoja de registro

Observaciones	Nombre de monitor					UM	Coordenadas	ID	Especie de pastos	Concentración			Observaciones	
	Fecha (día/mes/año)			Carbono	Nitrógeno					Fósforo				

Indicador 9. Cambio en la extensión del área cubierta por pastizales marinos
Hoja de registro

Nombre de monitor	Localidad	Hora (inicio)	Tipo de muestreo	Coordenadas (inicio)	Coordenadas (fin)	ANP	Período del tiempo comparado		Cambio en la extensión m ²
							T1	T2	

Recomendaciones

Para el uso de este protocolo se extienden las siguientes recomendaciones:

- 1** Al realizar actividades de buceo, se deberá seguir las normas de seguridad avaladas por La Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas (C.M.A.S) Zona América y La Federación Mexicana de Actividades Subacuáticas (FMAS); además de las medidas de seguridad para la conservación del arrecife sugeridas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés).
- 2** Se recomienda que las ANP tengan identificados y mantengan una relación cercana con las personas expertas locales en el ecosistema para que los puedan apoyar en procesos de identificación de especies e incluso en la implementación de los monitoreos.
- 3** No colecte o extraiga más allá de lo sugerido en la descripción de los métodos.
- 4** Se debe realizar una sectorización previa del ANP para selección de los sitios de muestreo representativos.
- 5** En caso de no poder identificar, tomar la mayor cantidad de fotos para una identificación posterior.
- 6** Para realizar las colectas/capturas se requiere de permisos de colecta expedidos por SEMARNAT a través de **tramite SEMARNAT-08-049-A Licencia de colecta científica o con propósitos de enseñanza en materia de vida silvestre. Modalidad A: por línea de investigación <http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/formatos/DGVS/FF-SEMARNAT-104%20%20SEMARNAT-08-049-A-B%20y%20C%20editable.pdf>**
- 7** Es importante mantener el esfuerzo de muestreo en los sitios, para ello se deben identificar y localizar de forma precisa, para continuar con su monitoreo entre uno y otro año para la identificación de tendencias.
- 8** Adquirir guías de identificación existentes para el área o la región, o la elaborar guías a partir de los listados de especies e imágenes que puedan obtenerse en campo, internet, entre otras fuentes.
- 9** Por seguridad, es importante que durante el trabajo en campo, el personal técnico porte sus credenciales de identificación como colaboradores del ANP, así como también los vehículos en los cuales son transportados porten los logos del ANP y de la CONANP.

Agradecimientos

Agradecemos la participación de las personas que contribuyeron al enriquecimiento y elaboración del protocolo de aguas subterráneas:

- Alejandra Calvo Fonseca
- Amantina Lavalle
- Elva ivonne Bustamante Moreno
- Ignacio J. March Mifsut
- Irving leonardo chavez estrada
- Lorenzo Alvarez Filip

Se agradece el apoyo de la **Colección de Fotocolectas Biológicas, del Instituto de Biología de la UNAM**, por la revisión del contenido y el desarrollo de las ilustraciones y diseño del material a través del apoyo del servicio social. Así como a las instituciones participantes: **CONANP, CONABIO, UNAM-CMARL, UNAM-ICML, PNUD, FMCN y GIZ.**

