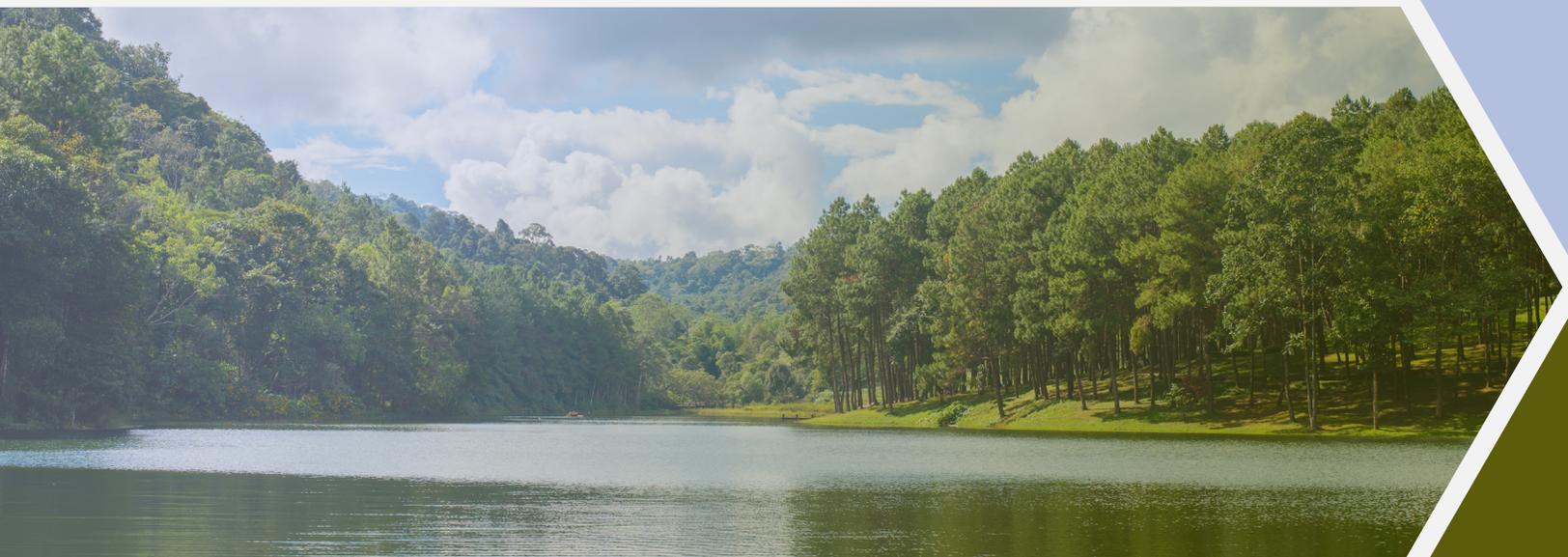


Protocolo para el monitoreo ecosistémico de **cuerpos lénticos** (lagunas, lagos y manantiales) en Áreas Naturales Protegidas

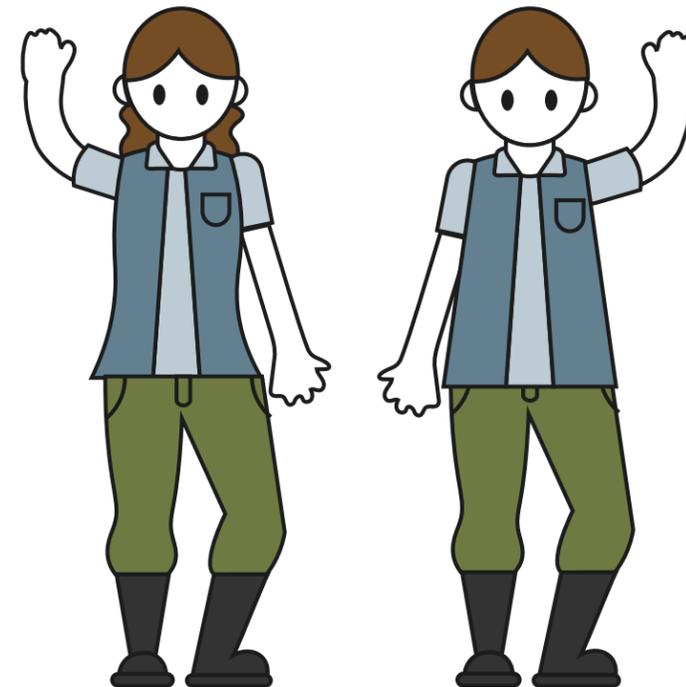


México, 2022

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



Protocolo para el
monitoreo ecosistémico de
cuerpos lénticos
(lagunas, lagos y manantiales)
en Áreas Naturales Protegidas



México, 2022

Primera edición digital: 17 de octubre del 2022.

Fotografías: “Lago con árboles a los lados” [fotografía], por Tirachard, Freepik.com (<https://www.freepik.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 cuerpos lénticos (lagunas, lagos y manantiales) 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
cuerpos lénticos
(lagunas, lagos y manantiales)
en Áreas Naturales Protegidas

México, 2022

Contenido

Introducción	9
Indicadores que requieren trabajo de campo	13
Indicador 1 	
Parámetros fisicoquímicos del agua	17
Medición de la temperatura, oxígeno disuelto, pH y salinidad	19
Medición de sólidos disueltos totales	20
Medición de transparencia del agua	21
Hoja de registro	94
Indicador 2 	
*Estado trófico de los cuerpos de agua	23
Clorofila α	25
Nutrientes	26
Evaluación del Estatus Trófico Estuarino (modelo Assessment of Estuarine Trophic Status)	27
Hoja de registro	95
Indicador 3 	
Abundancia de la comunidad planctónica	29
Muestreo con red por arrastre	31
Muestreo con red a profundidad	33
Muestreo con botella Van Dorn	34
Hoja de registro	96
Indicador 4 	
Composición del perifiton	37
Sustratos duros removibles	39
Sustratos duros no removibles	40
Sustratos blandos	41
Sedimento superficial	41

Preservación y etiquetado de colectas	42
Hoja de registro	97
Indicador 5 	
*Cobertura de las comunidades de macrófitas (plantas acuáticas) 45	
Cuerpo de agua poco profundo	47
I. Especies de pecton	48
II. Especies de plocon y especies flotantes	48
Cuerpo de agua profundo	49
Cuerpo de agua de difícil acceso	50
Cuerpos con aguas turbias, profundas y no aptas para el buceo	50
Hoja de registro	98
Indicador 6 	
*Diversidad de macroinvertebrados acuáticos 53	
Hoja de registro	99
Indicador 7 	
*Composición de la comunidad íctica (peces) 59	
Uso de redes	61
Uso de trampas	62
Hoja de registro	100
Indicador 8 	
Diversidad de anfibios y reptiles 65	
Trampas nasa	68
Captura directa	69
Parcelas	69
Transectos de banda fija	70
Hoja de registro	101

Indicador 9 	
Presencia de aves acuáticas 73	
Censo por área	75
Puntos de conteo de dos bandas	75
Hoja de registro	102
Indicador 10 	
Proporción de especies exóticas-invasoras de alto impacto 79	
Hoja de registro	103
Indicador 11 	
*Composición de la vegetación riparia 83	
Hoja de registro	104
Indicador 12 	
*Número y tipo de impactos generados por el humano 87	
Hoja de registro	105
Presión de turismo	106
Recomendaciones	107
Agradecimientos	109

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 retomen 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 la evaluación de la integridad ecosistémica de los cuerpos **lénticos (lagunas, lagos y manantiales)**, se presentan 12 indicadores a medir: nueve indicadores para composición, un indicador para estructura, un indicador para función y un indicador de perturbaciones y amenazas. De estos 12 indicadores, siete de ellos (identificados con un [*]) se consideran prioritarios.

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 cuente.

En la metodología de cada indicador se incluyen los datos que se deberán registrar, para ello al final de la descripción de los indicadores (Anexo 1) 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 donde se realizará el monitoreo.

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. Tegucigalpa, Honduras. 39 pp.
- 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. México, D. F.
- 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	Monitoreo y observacional	GPS, formatos de registro impresos, sonda multiparamétrica, si no se tiene entonces sensor permanente de temperatura, sensor permanente de pH, sensor permanente de salinidad, sensor permanente de concentración de oxígeno disuelto, disco de Secchi, botella Niskin, fibra de vidrio y medidor de TDS	Mensualmente, o de ser posible de manera semanal
	2. *Estado trófico de los cuerpos de agua	Medición y análisis	GPS, formatos de registro impresos, botella Van Dorn, botella Niskin, solución de MgCO ₃ , filtros de membrana de 0.45 micras de apertura de poro, gel de sílice, tubos de polipropileno de 15 ml, espectrofotómetro, acetona al 90 % y filtros Whatman de grado 41:20 µm	Cuatro veces al año (época de secas, lluvias y las épocas de transición)
Composición	3. Abundancia de la comunidad planctónica	Transecto en banda	GPS, formatos de registro impresos, botella Van Dorn, recipientes de plástico de 50 ml, formaldehído al 4 % y 10 %, bórax al 40 %, red de plancton estándar con cerco metálico de 30 cm y un orificio de malla de 300 µm, cronómetro y bolsa plástica de cierre hermético	Dos veces al año, en la época de lluvias y secas
	4. Composición del perifiton	Colecta de sustrato	<p>GPS, formatos de registro impresos</p> <p>Fase de campo (colecta de muestras): espátula, cuchillas de diferentes tamaños, cepillo, tubo de PVC de dos pulgadas de diámetro por 10-15 cm de largo, pincel de pelos de marta N° 0, tijera de podar de jardinero (para plantas acuáticas), una bandeja, pipetas de plástico, frascos de plástico de diferente capacidad con doble tapa (50, 100 y 250 ml), etiquetas, cinta de embalaje, formol 4-5 %, lugol 1 % y agua destilada (al menos medio litro por sitio de muestreo)</p> <p>Fase de laboratorio: microscopio compuesto equipado con oculares de 10 o 12.5, y objetivos de 10x, 40x y 100x, cámara digital acoplada al microscopio, láminas y laminillas de 22 x 40 o 22 x 22, goteros, pipetas, estiletes y pinzas, cajas Petri de diferentes tamaños, colorantes (lugol, azul de metileno, rojo de bengala, entre otros) y guías de identificación de microalgas</p>	Dos veces al año, en la época de lluvias y secas

Elemento de integridad ecosistémica	Indicador	Tipo de muestreo	Equipo necesario	Frecuencia de monitoreo
Composición	5. *Cobertura de las comunidades de macrófitas (plantas acuáticas)	Transectos	GPS, formatos de registro impresos, flexómetro, fotográfica y espátula/rastrillo/draga	Cuatro veces al año, tomando en cuenta la época seca, lluviosa y las épocas de transición
	6. *Diversidad de macroinvertebrados acuáticos	Uso de redes	GPS, formatos de registro impresos, red tipo "D" de 300 mm de diámetro y una luz de malla de 300 µm, recipiente de vidrio o plástico, bandeja de loza blanca, pinzas, frascos con alcohol y guía de campo	Dos veces al año, tomando en cuenta la época seca y la lluviosa. En caso de que se presente algún tipo de perturbación deberán hacerse recorridos y monitoreos del indicador
	7. *Composición de la comunidad íctica	Uso de redes y/o trampas	GPS, formatos de registro impresos, red de luz de malla de 0.5 cm, baldes y trampas para peces	Dos veces al año durante la temporada seca y lluviosa
	8. Diversidad de anfibios y reptiles	Trampas nasa, captura directa, parcelas cuadrangulares y/o transectos de banda	GPS, formatos de registro impresos, trampas nasa, redes con cabo de madera o metal, flexómetro, guantes para manejo de serpientes, ganchos herpetológicos, polainas de tela o de plástico, redes, mangas, bandejas de plástico y desinfectante (lejía al 4 %, formol al 40 %, etanol al 70 % u otros desinfectantes)	Cuatro veces al año, tomando en cuenta la época seca, lluviosa y las épocas de transición
	9. Presencia de aves acuáticas	Censo por área y/o puntos de conteo	GPS, formatos de registro impresos, binoculares, cronómetro, guía de campo, cinta métrica, cinta de plástico o listones y plumón	Cuatro veces al año, tomando en cuenta la época seca, la lluviosa y las épocas de transición
	10. Proporción de especies exóticas-invasoras de alto impacto	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, binoculares, cronómetro, guía de campo, cinta métrica, cinta de plástico o listones y plumón, cinta diamétrica de preferencia y flexómetro, red de luz de malla de 0.5 cm, baldes, trampas para peces y trampas nasa	Dos veces al año

Elemento de integridad ecosistémica	Indicador	Tipo de muestreo	Equipo necesario	Frecuencia de monitoreo
Composición	11. *Composición de la vegetación riparia	Parcelas	GPS, formatos de registro impreso	Dos veces al año durante la temporada seca y lluviosa
Perturbaciones y amenazas	12. *Número de impactos generados por el humano	Recorridos y/o sobrevuelos con drones y llenado de bitácoras	GPS, formatos de registro impresos, libreta de campo y drones	Mensual

Tabla 1. Indicadores que requieren trabajo de campo.

Nota: 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. También, es importante mencionar que, el indicador de Proporción de especies exóticas-invasoras de alto impacto se monitoreará simultáneamente, es decir, al estar efectuando el monitoreo de otros indicadores podrá detectar al mismo tiempo especies exóticas-invasoras.

A scenic landscape featuring a calm lake in the foreground, surrounded by dense green forests on both sides. The sky is bright blue with scattered white clouds. The text is overlaid on the right side of the image.

Indicador 1

Parámetros fisicoquímicos del agua

Los parámetros fisicoquímicos que se miden son: la temperatura, oxígeno disuelto, pH, salinidad, sólidos disueltos totales 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.

Nota: en caso de que no se cuente con bote para la toma de muestras es posible tomarlas en puntos cercanos a la orilla.

Nota: es importante mencionar que antes de realizar las lecturas de los parámetros, la sonda o los sensores utilizados deberán ser 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

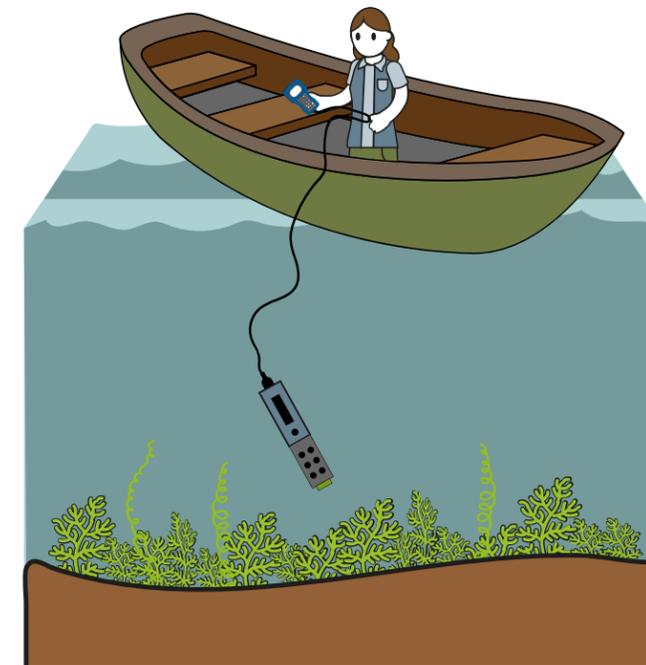
1 Sumerja una sonda multiparamétrica o sondas específicas para cada parámetro hasta una profundidad cercana al fondo en al menos tres puntos al azar del sitio de muestreo y obtenga:

- Temperatura
- Oxígeno disuelto
- pH
- Salinidad

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 generales relacionadas con los cuerpos de agua (presencia de basura, residuos líquidos, infraestructura hidráulica, actividades humanas, presencia de especies exóticas-invasoras, entre otros)

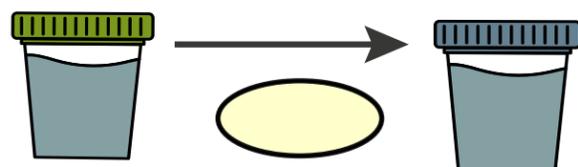


Medición de sólidos disueltos totales

- 1 Tome una muestra de agua en al menos tres puntos al azar del cuerpo de agua y almacénela en un recipiente limpio, seco y rotulado.



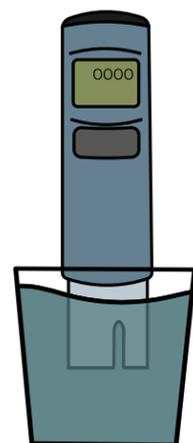
- 2 Posteriormente filtre el agua de muestra hacia otro recipiente.



- 3 Sumerja el electrodo en la muestra filtrada, hasta el nivel indicado.



2 min.



- 4 Asegúrese que el equipo permanezca recto, sin tocar el fondo o las paredes del vaso.

- 5 Espere 2 minutos y registre el valor en "PPM".

- 6 Registre datos.

Datos a registrar:

- Coordenadas geográficas de los puntos donde se tomen las muestras de agua.
- Valores de la medición (PPM)
- Observaciones generales relacionadas con los cuerpos de agua (presencia de basura, residuos líquidos, infraestructura hidráulica, actividades humanas, presencia de especies exóticas-invasoras, entre otros)

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.

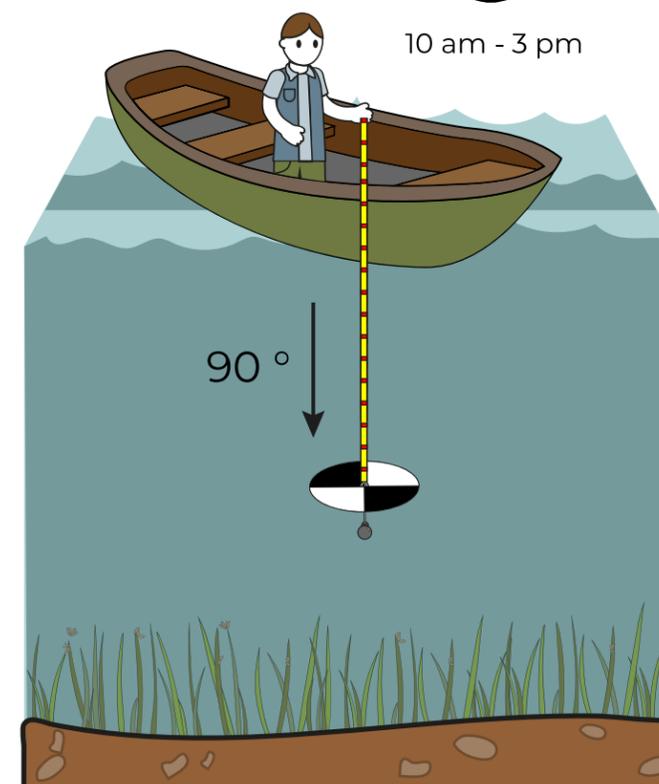
- 1 Utilice un disco de Secchi que estará unido a una cuerda metrada.

- 2 Desde la embarcación, 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 este ya no sea perceptible.

- 3 Registre datos.

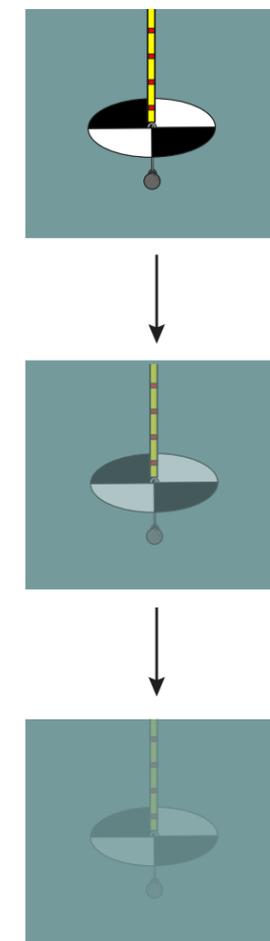


10 am - 3 pm



Datos a registrar:

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

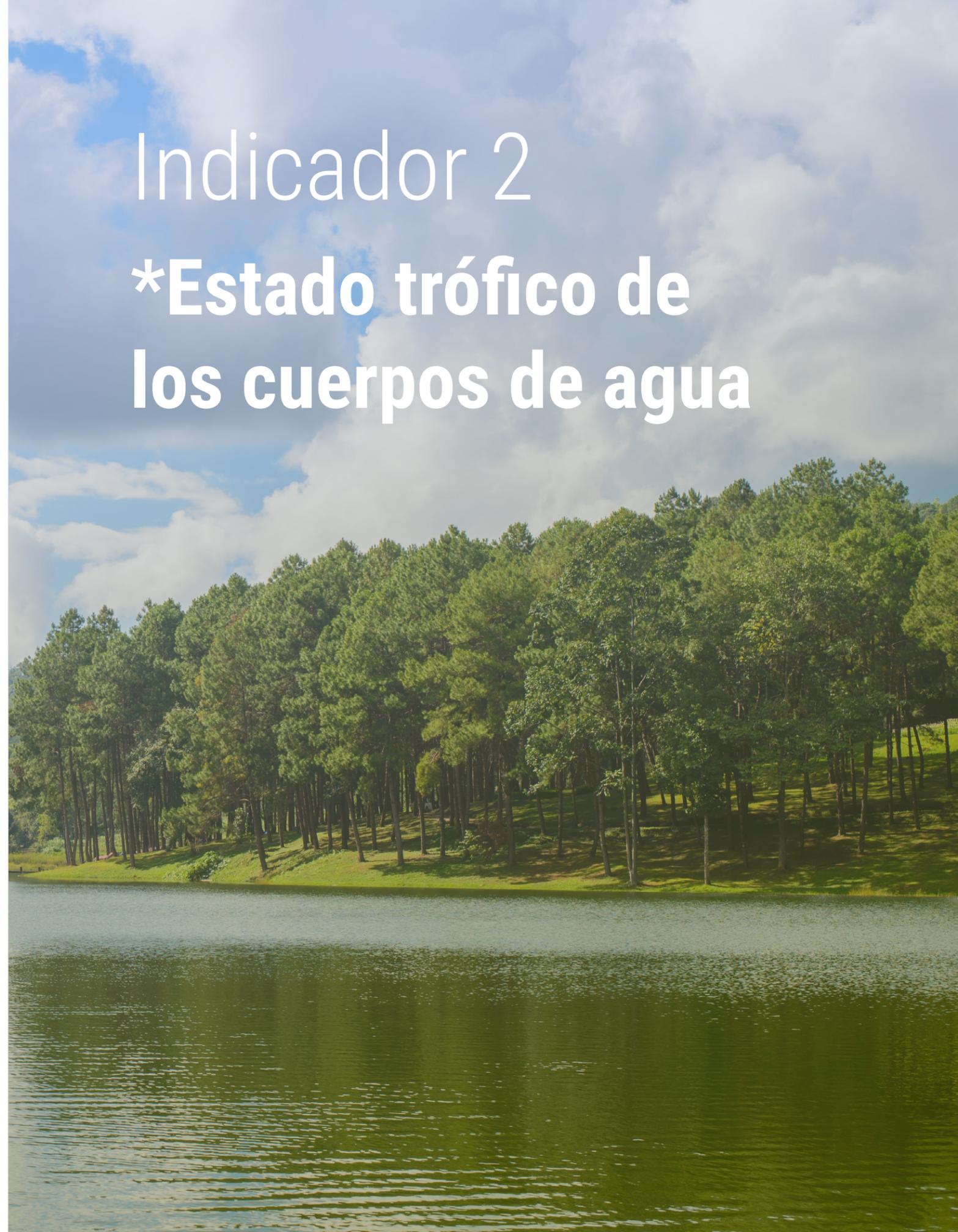


Basado en:

- Bartram, J. y Ballance. (1996). Water quality monitoring. A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. First Edition. unep/who. Printed by Chapman & Hall. Gran Bretaña. 383 p.
- 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.
- Beitinger, T. L., Bennett, W. A., y McCauley, R. W. (2000). Temperature tolerances of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature. Environmental biology of fishes, 58(3), 237-275.
- Congdon, V. M., Dunton, K. H., Brenner, J., Goodin, K. L. and Ames, K. W. (2018) Ecological Resilience Indicators for Seagrass Ecosystems. In: Ecological Resilience Indicators for Five Northern Gulf of Mexico Ecosystems. https://www.nature-serve.org/sites/default/files/projects/files/ecological_resilience_indicators_for_five_northern_gulf_of_mexico_ecosystems.pdf
- Díaz, R. J.; Rosenberg, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. science, 321, no 5891, p. 926-929.
- Guerrero-Meseguer, L., Cox, T. E., Sanz-Lázaro, C., Schmid, S., Enzor, L. A., Major, K., ... y Cebrían, 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.
- Lessard, J. L. (2006). Habitat Assessment and Physicochemical Parameters. En J. E. Flotemersch, J. B. Stribling y M. Paul (eds.) Concepts and Approaches for the Bioassessment of Nonwadeable Streams and Rivers. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, USA.
- 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>
- 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.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación) (2013). Propuesta de Indicadores para el Programa de Monitoreo Ecológico en el Ámbito de Ecosistemas de Aguas Continentales. San José-Costa Rica. 209 p. <https://canjeporbosques.org/wp-content/uploads/2017/07/Informe-Final-1.pdf>

Indicador 2

*Estado trófico de los cuerpos de agua



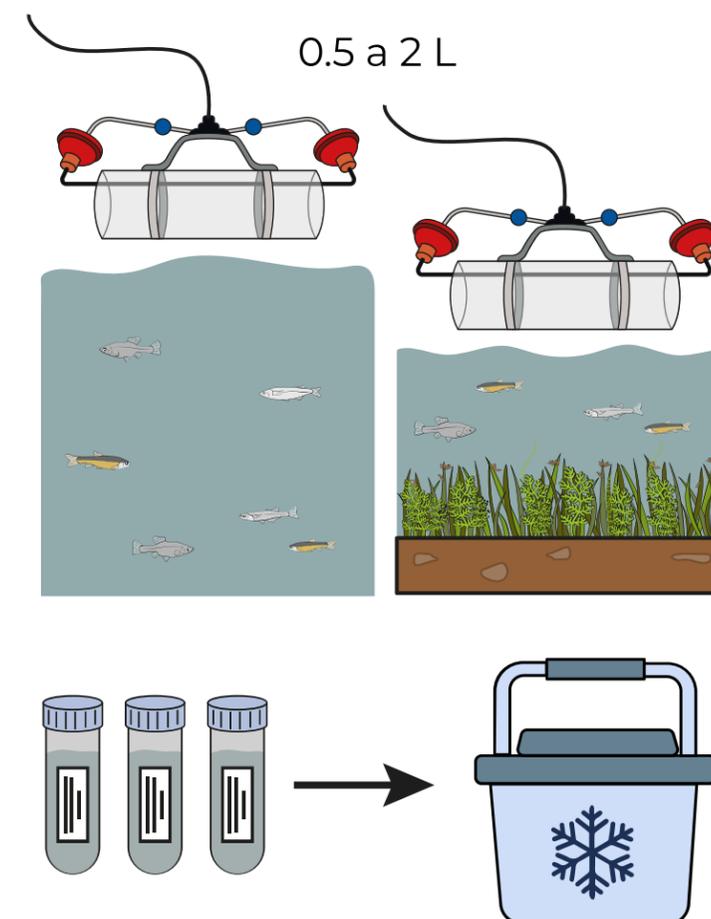
Para el monitoreo de este indicador se proponen dos métodos que pueden ser complementarios: concentración de Clorofila α y de Nutrientes (ortofosfatos, fósforo total, nitrato, amonio, nitrito y nitrógeno total); y el modelo *Assessment of Estuarine Trophic Status* (ASSETS por sus siglas en inglés).

Es importante mencionar que para llevar a cabo el análisis del estado trófico de los cuerpos de agua será establecer un convenio de colaboración entre el ANP y un laboratorio que cuente con el equipo y la experiencia requerida, por lo que se recomienda la identificación previa del laboratorio local o foráneo en el que se realizará el procesamiento de las muestras.

Nota: para llevar a cabo esta evaluación es necesario que cuente con los valores de oxígeno disuelto. Además de estos parámetros, deberá medir la concentración de clorofila α y de los siguientes nutrientes: ortofosfatos, fósforo total, nitrato, amonio, nitrito y nitrógeno total (Ortega, 2013).

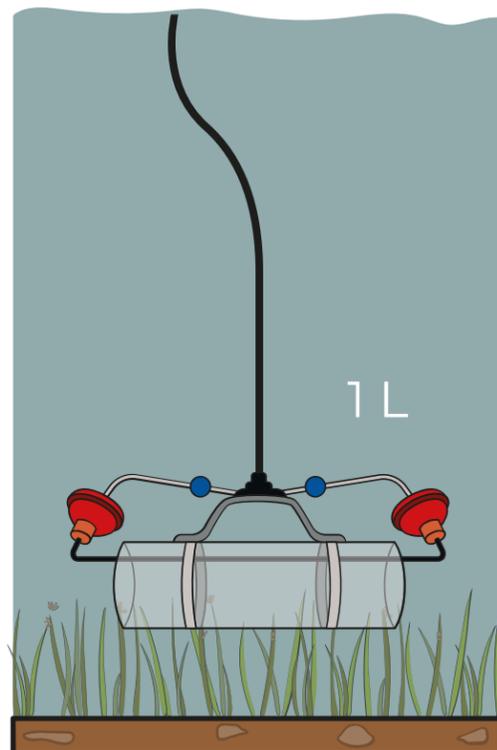
Clorofila α

- 1 Con ayuda de una botella Van Dorn tome muestras representativas de agua de 0.5 a 2 L en distintos puntos de la superficie, niveles de profundidad y etiquete (nombre del colector, sitio, fecha, hora de colecta, profundidad y número de muestra).
- 2 Mantenga las muestras de agua en frío hasta que se lleven al laboratorio.
- 3 En el laboratorio realice el filtrado (Ortega, 2013).
- 4 Registre datos (página 27).

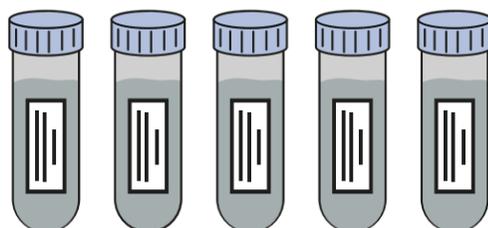


Nutrientes (ortofosfatos, fósforo total, nitrato, amonio, nitrito y nitrógeno total)

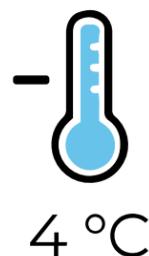
1 Colecte con una botella Van Dorn muestras de agua de un litro del fondo.



2 Etiquete las muestra correctamente con el nombre de quien colectó, la fecha de colecta y sitio.



3 Conserve las muestras en refrigeración a una temperatura de 4 °C hasta que puedan ser transportadas al laboratorio y se realice el análisis correspondiente para conocer los nutrientes del agua.



4 Registre datos.

Evaluación del Estatus Trófico Estuarino (modelo *Assessment of Estuarine Trophic Status*)

El modelo *Assessment of Estuarine Trophic Status* (ASSETS por sus siglas en inglés) es un método basado en el modelo de Presión-Estado-Respuesta (PER), el cual permite obtener una línea base para la priorización de acciones de manejo de los cuerpos de agua.

Este modelo se compone de tres elementos principales:

- **Presión:** hace referencia a los factores de influencia que son una combinación de la susceptibilidad natural y la descarga de nutrientes relacionada con el hombre.
- **Estado:** la condición eutrófica global basada en la combinación del estatus de cinco indicadores (clorofila-a, macroalgas, oxígeno disuelto, distribución de la vegetación acuática y florecimientos algales tóxicos y/o nocivos).
- **Respuesta:** las expectativas que examinan cómo las condiciones cambiarán en él.

Datos a registrar:

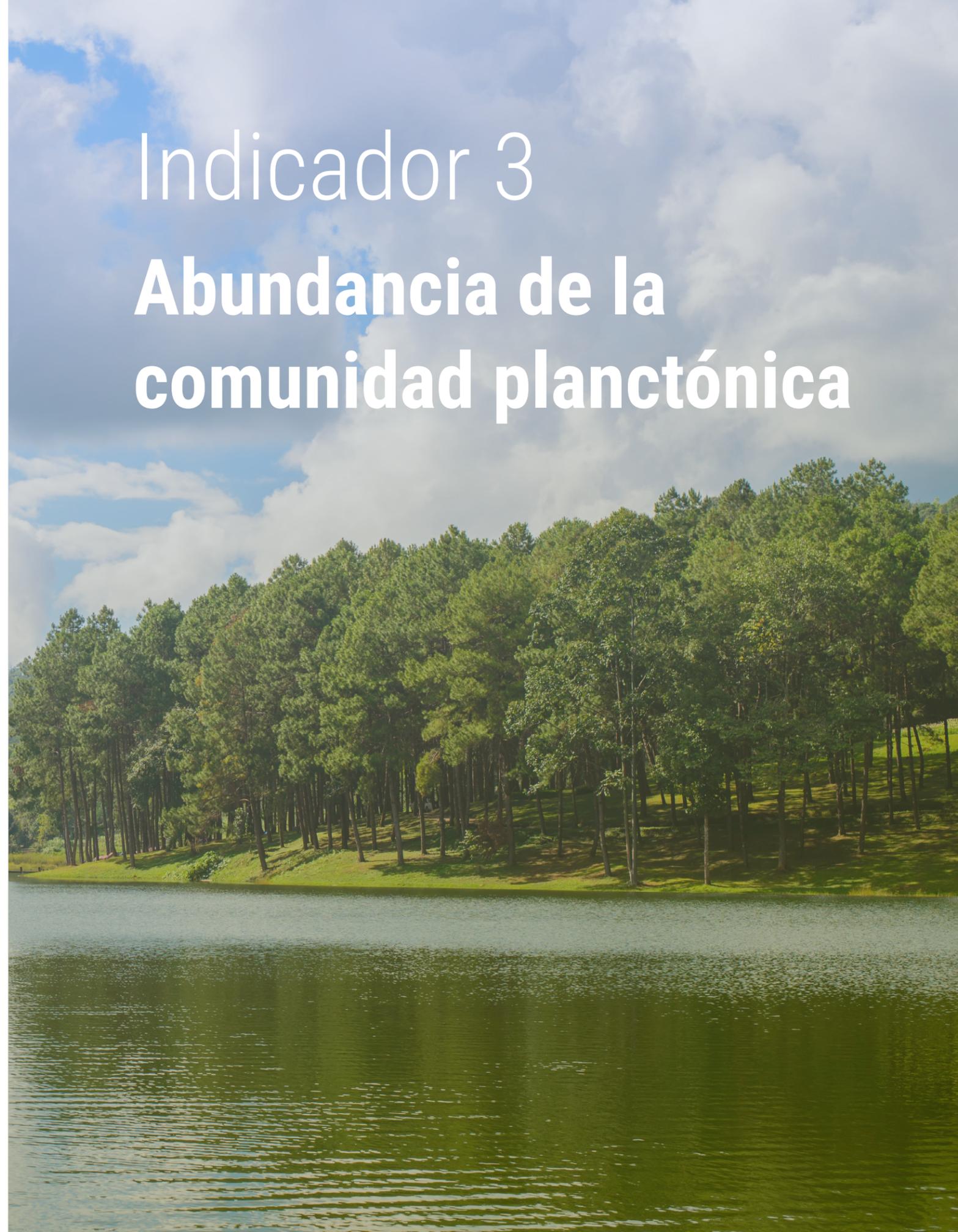
- Nombre del cuerpo de agua
- Coordenadas geográficas del sitio de muestreo
- Identificador (ID)
- Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)
- Nutrientes (ortofosfatos, fósforo total, nitrato, amonio, nitrito y nitrógeno total) (mg/l)
- Oxígeno disuelto (mg/l)
- Descripción de los componentes del análisis PER (Presión, Estado y Respuesta)
- Observaciones

Basado en:

- Contreras-Espinosa, F., O. Castañeda-López y A. García-Nagaya. (1994). La clorofila a como base para un índice trófico en lagunas costeras mexicanas. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 21 (1-2): 55-66.
- Herrera-Silveira, J. A., S. M. Morales-Ojeda y T. O. Cortes-Balan. (2011). Eutrofización en los ecosistemas costeros del Golfo de México. SEMARNAT-NOAA-GEF-UNIDO. 88 p.
- Morales-Ojeda SM, Herrera-Silveira J. A., Montero J. Terrestrial and oceanic influence on spatial hydrochemistry and trophic status in subtropical marine near-shore waters. *Water Res.* (2010) Dec;44(20):5949-64. doi: 10.1016/j.watres.2010.07.046. Epub 2010 Jul 23. PMID: 20719354.
- Ortega, R. G. (2013). Ecología del Sistema Lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, basada en la aplicación e interpretación de algunos índices tróficos, parámetros físico-químicos y biológicos (Doctoral dissertation, El Colegio de la Frontera Sur).
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación) (2013). Propuesta de Indicadores para el Programa de Monitoreo Ecológico en el Ámbito de Ecosistemas de Aguas Continentales. San José-Costa Rica. 209 p. <https://canjeporbosques.org/wp-content/uploads/2017/07/Informe-Final-1.pdf>

Indicador 3

Abundancia de la comunidad planctónica



Para llevar a cabo el monitoreo de la abundancia de la comunidad planctónica de un cuerpo de agua se proponen tres métodos. La selección del método se realizará con base en las capacidades de cada ANP en cuanto a recursos humanos y económicos se refiera. Además, debido a lo difícil que resulta la determinación taxonómica de la comunidad planctónica, se recomienda establecer un convenio de colaboración entre el ANP y laboratorios especializados de universidades locales, centros de investigación o Asociaciones de la Sociedad Civil. Adicionalmente, también se sugiere que, si la determinación taxonómica hasta nivel de especie no es posible, entonces se mencione

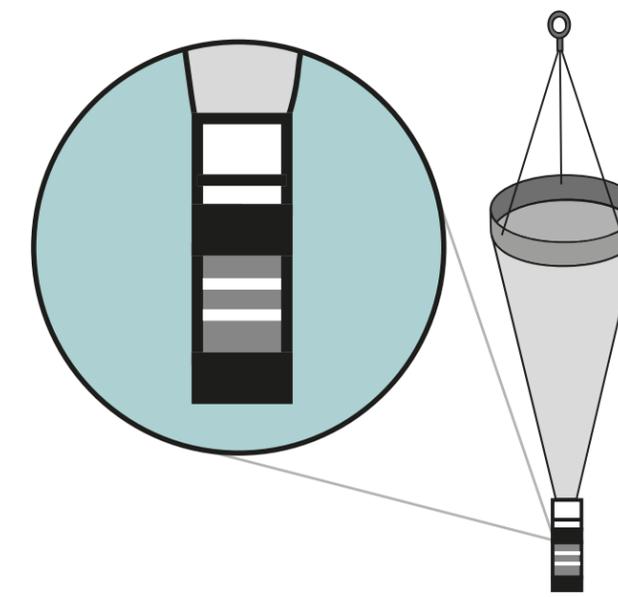
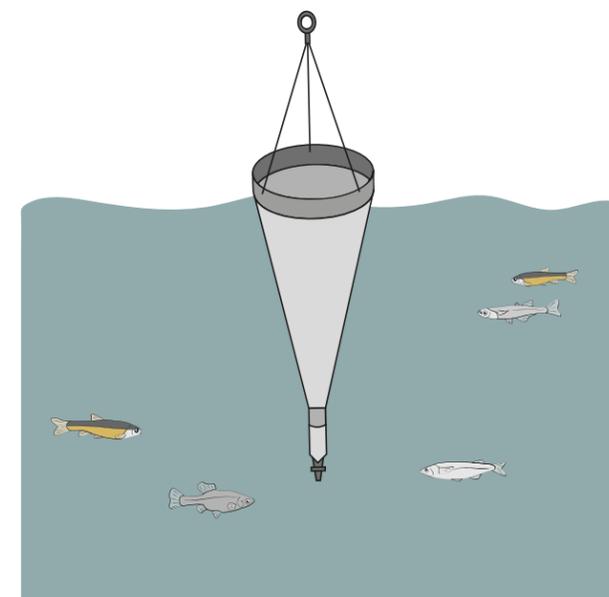
el grupo o la familia a la que pertenecen los individuos observados.

Finalmente, para la medición del indicador se deberán seleccionar varios puntos dentro de los sitios de muestreo con la finalidad de lograr una mayor representatividad de la comunidad planctónica del cuerpo de agua. Asimismo, será importante que se indiquen las condiciones bajo las cuales se está realizando el monitoreo. Por ejemplo, si se presentan lluvias, si hay vientos fuertes, incremento de temperatura, presencia de corrientes fuertes o con distinta temperatura, entre otras condiciones.

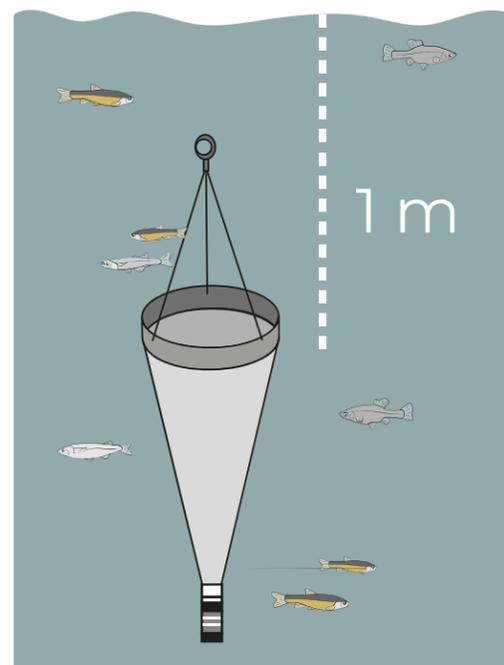
Muestreo con red por arrastre

1 En el sitio donde se llevará el muestreo, enjuague la red con agua del lugar.

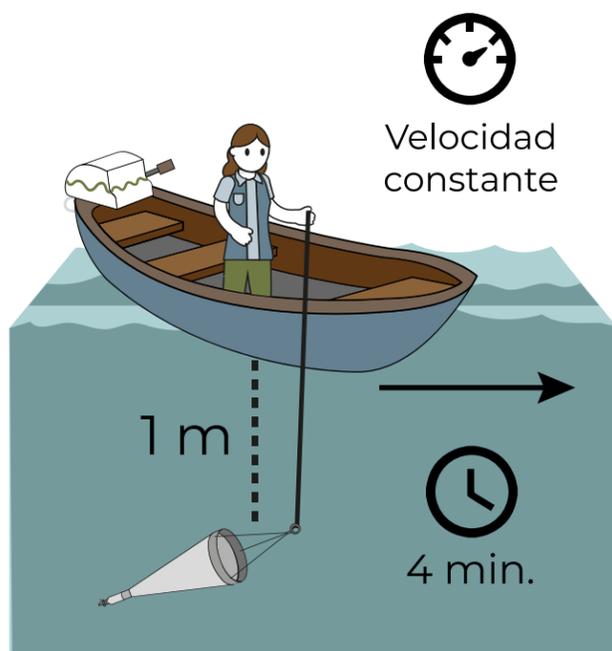
2 En el extremo de la red se instala un colector en el que quedará el plancton después de que el agua haya pasado por los poros de la red.



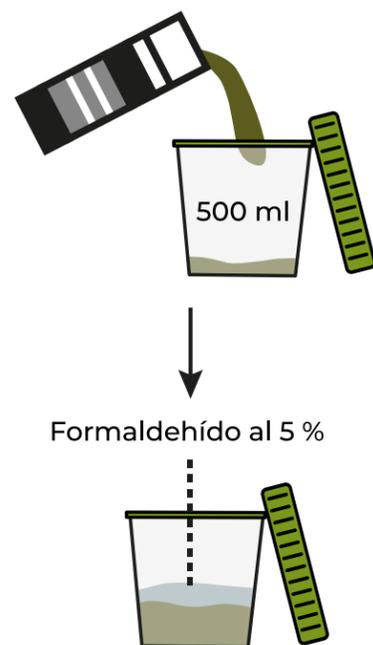
3 Amarre la red y sumérgjala a 1 m.



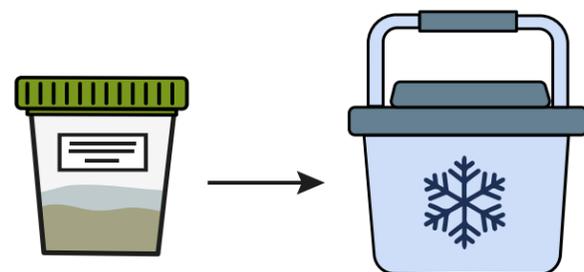
4 Comience a avanzar a velocidad constante y pasados cuatro minutos saque la red del agua.



5 El contenido del colector se pasa a un recipiente de plástico de 500 ml y se fija con formaldehído al 5 %.



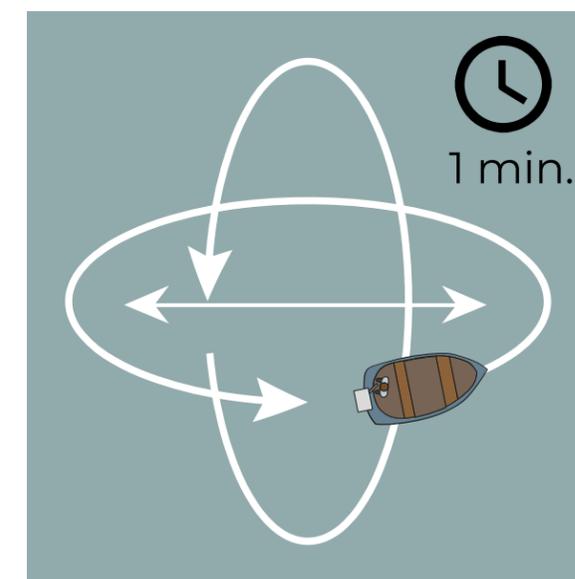
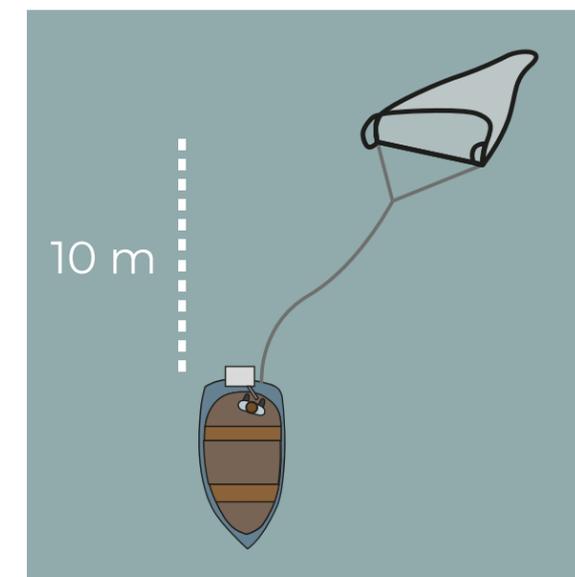
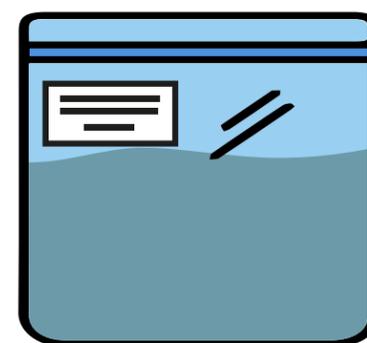
6 Etiquete correctamente con el nombre de quien colectó la muestra, la fecha de colecta y sitio. Guarde la muestra en una hielera para su posterior análisis en el laboratorio.



7 Registre datos (página 35).

Muestreo con red a profundidad

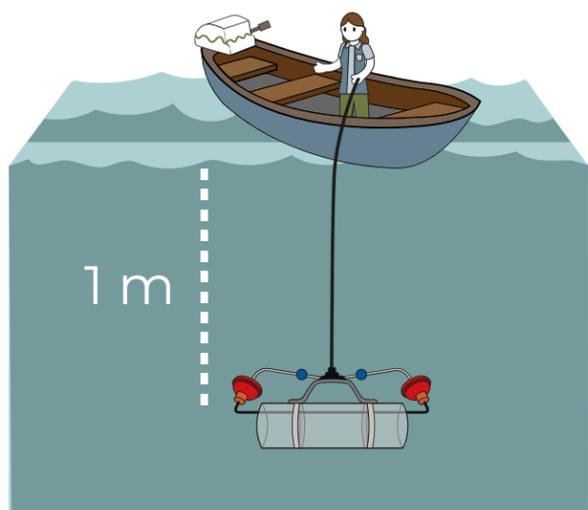
- 1** Introduzca la red a una distancia aproximada de 10 m. Para esto se le ajusta un peso en el extremo.
- 2** Manteniéndose en un solo lugar, realice suaves movimientos giratorios horizontales, verticales o de derecha a izquierda durante 1 minuto.
- 3** Extraiga la red y vierta el sobrenadante en una bolsa plástica de cierre hermético para su posterior análisis en laboratorio.
- 4** Registre datos (página 35).



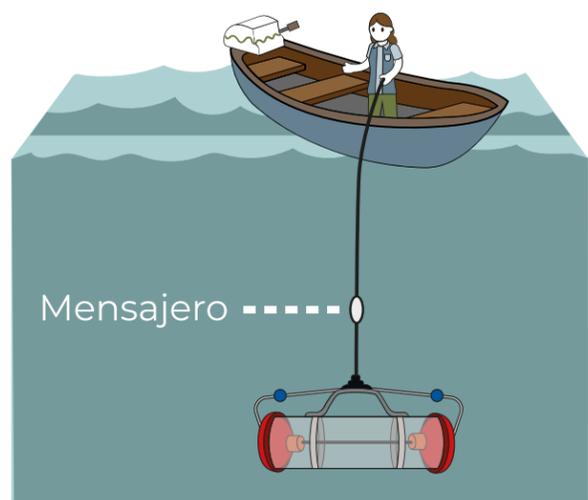
Muestreo con botella Van Dorn

1 Abra y fije los viajes en la botella de Van Dorn y cierre las válvulas.

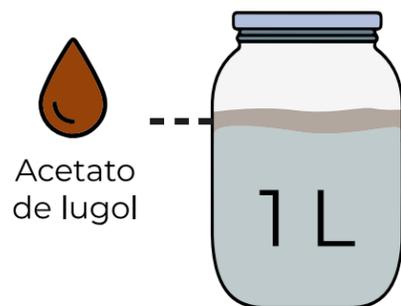
2 Sumérgjala a un lado de la lancha a 1 m debajo de la superficie.



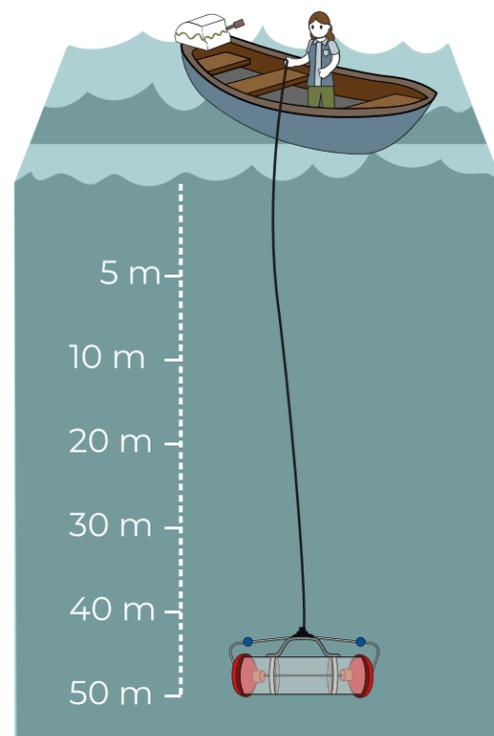
3 Coloque el mensajero en la línea y déjelo caer para que se disparen las cápsulas.



4 Saque la botella, ábrala, vierta el agua en un frasco de 1 litro y agregue el acetato de lugol (1 ml de acetato de lugol por cada 100 ml).



5 Etiquete el frasco con la profundidad y repita el proceso a diferentes profundidades (5, 10 y 20 m o hasta la profundidad máxima).



6 Mantenga las muestras en una hielera y guárdelas para el análisis posterior que se llevará a cabo en el laboratorio.

7 Registre datos.



Nota importante: para realizar el procesamiento de las muestras colectadas a través del método de su elección, en el laboratorio realice el conteo del plancton de acuerdo con los métodos establecidos para ellos. En el caso del zooplancton se recomienda el uso de cámaras de sedimentación (cámaras de *Utermöhl*). Realice el recuento por barrido completo de toda la superficie de sedimentación, con aumentos entre 40x y 200x dependiendo de los taxones presentes y de la experiencia de la persona que realiza el conteo. Para el fitoplancton se recomienda el uso de la cuadrícula de *Whipple* y realizar barridos de la muestra a un aumento 100X.

Datos a registrar:

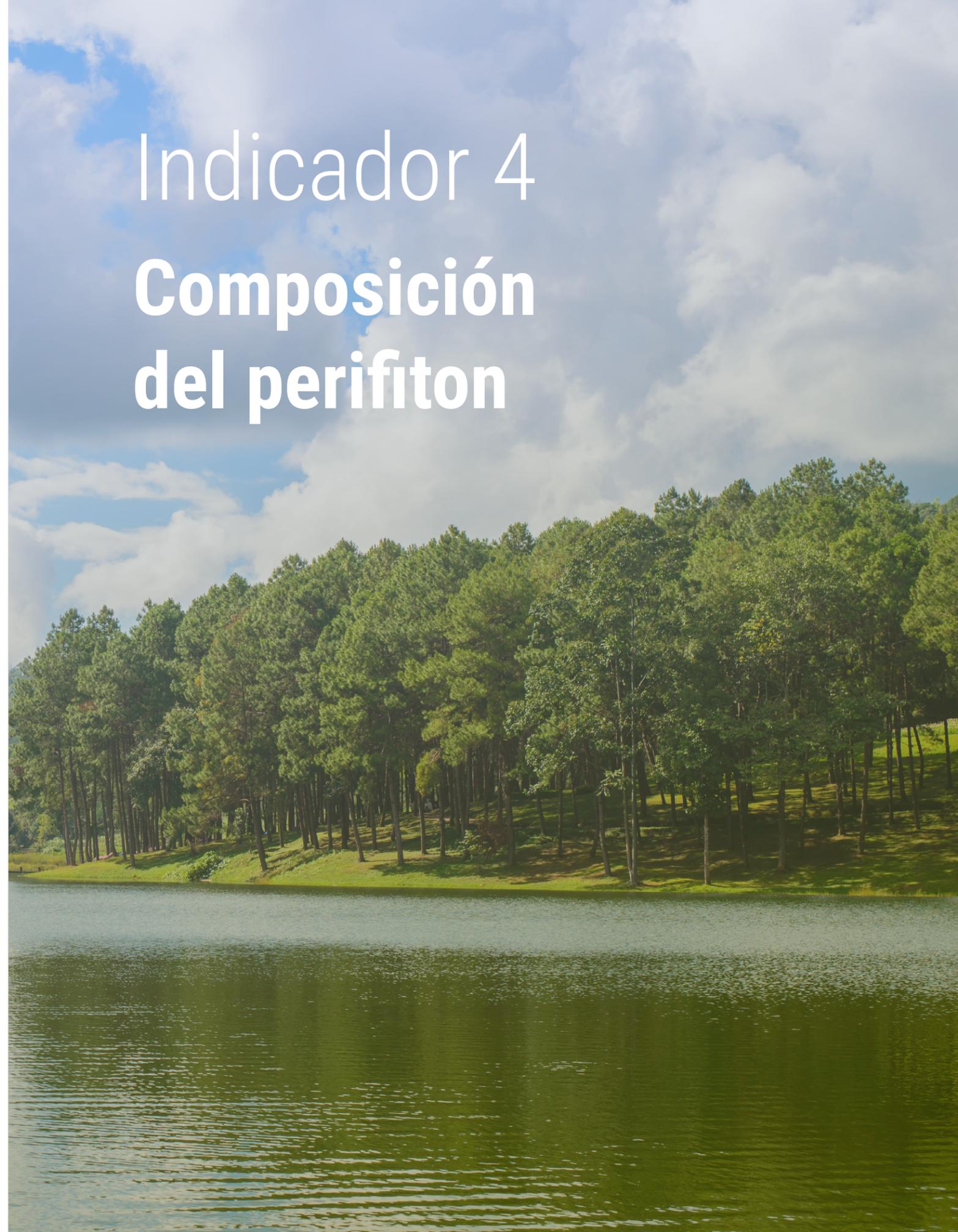
- Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo
- Profundidad
- Número de especies/géneros/familias o grupos identificados del plancton
- Presencia de especies indicadoras de calidad del agua
- Observaciones relacionadas con el cuerpo de agua durante el monitoreo

Basado en:

- Samanez, I., Hidalgo Del Águila, M., Palma, C., Ortega, H., Correa, V., Arana, J., y Rimarachín, V. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú.

Indicador 4

Composición del perifiton



Perifiton (del griego “**peri**” (alrededor) y “**fito**” (vegetal)) es el complejo conjunto de organismos de bacterias, hongos, algas y protozoos embebidos en una matriz polisacárida.

Para poder realizar el análisis del material colectado se recomienda establecer un convenio de colaboración entre el ANP y un laboratorio que cuente con el equipo y la experiencia requerida, por lo que se sugiere la identificación previa del laboratorio local o foráneo.

Los criterios para la selección de los sitios de muestreo son que sean zonas accesibles, estables y que no exista riesgo de daño del personal. Realice la colecta de la muestra con base en el tipo de sustrato que se presente:

Sustratos duros removibles (rocas o cantos rodados)

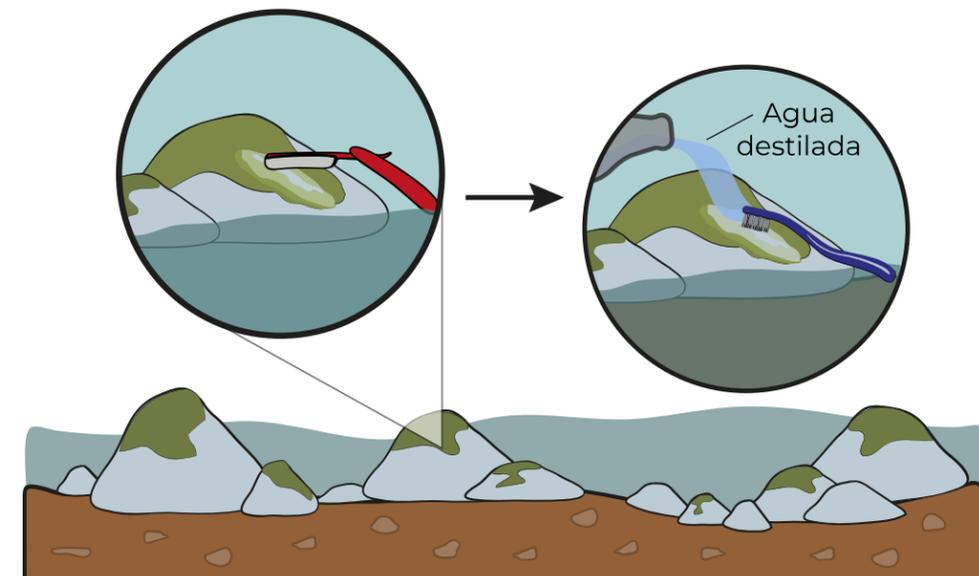
Se recomienda sobre todo en sustratos con superficie rugosa.

1 Realice un raspado de la superficie de las rocas.

microalgas pueden quedarse en las hendiduras.

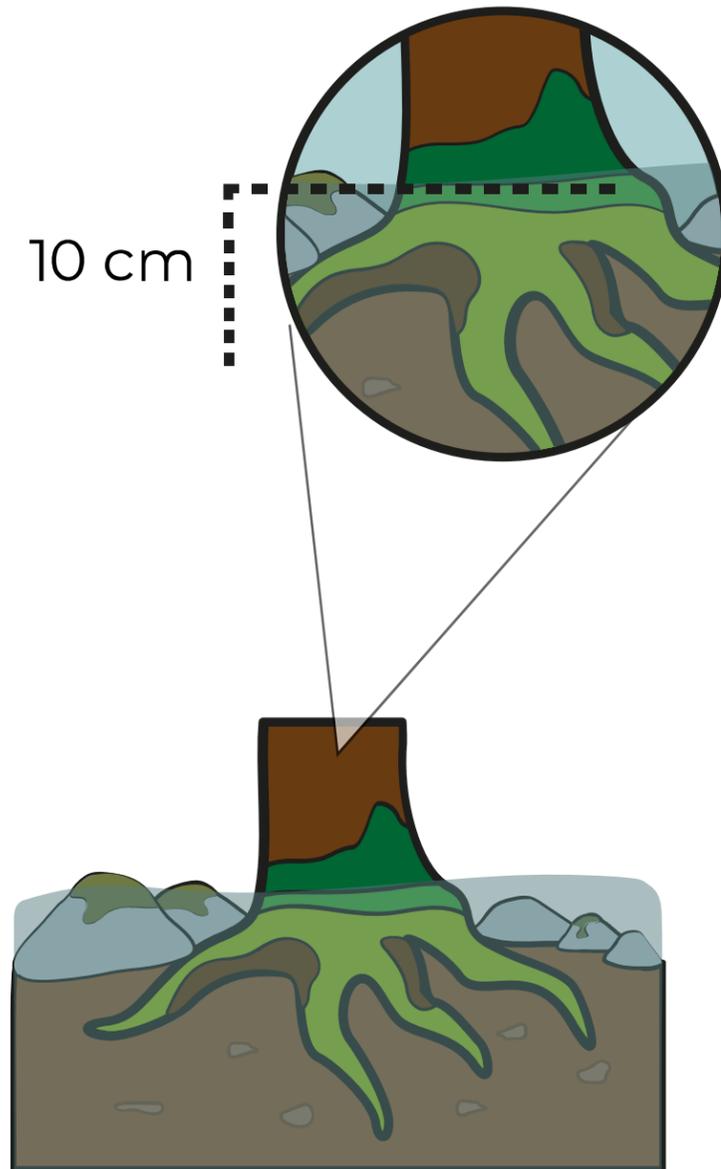
2 Proceda a realizar un cepillado suave de la zona muestreada y enjuague con agua destilada, ya que algunas

3 Obtenga y analice la muestra.



Sustratos duros no removibles (rocas mayores a 256 mm, árboles, arbustos, raíces)

- 1 Raspe o succione una porción de la roca.
- 2 En casos de tallos gruesos o raíces largas, retire la parte superficial del tejido asegurándose de que esta haya estado sometida a la humedad.
- 3 En zonas tropicales, la recomendación es ver la huella de humedad y tomar 10 cm por debajo.
- 4 Si la inundación ha sido reciente, no se observará la huella de humedad en el árbol o arbusto y se corre el riesgo de que se colecta una comunidad que recién se está estableciendo.
- 5 Registre datos (página 43).



Sustratos blandos (musgos, macroalgas, plantas vasculares acuáticas, raíces)

- 1 Corte una porción de la planta que se encuentre sumergida dependiendo del tipo de planta y nivel de corriente. Se puede ayudar con un frasco colector o una bolsa para aislar el área colectada.
- 2 Posteriormente, en la medida de lo posible retire en el mismo lugar de muestreo la comunidad con la ayuda de un pincel, navaja o cuchilla, según sea el caso; de no ser posible fije con lugol y realice este trabajo en la zona de procesamiento en campo.
- 3 Registre datos (página 43).

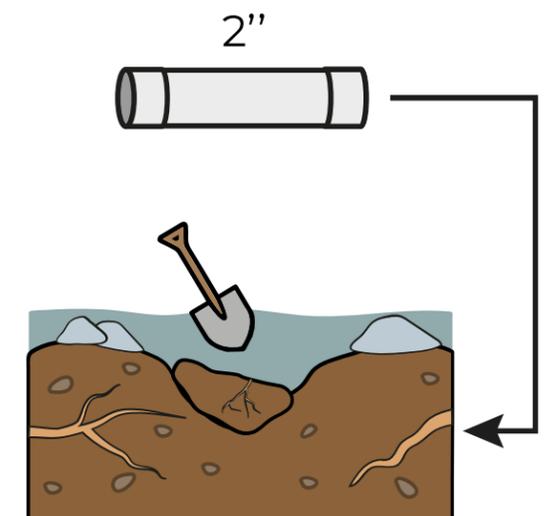


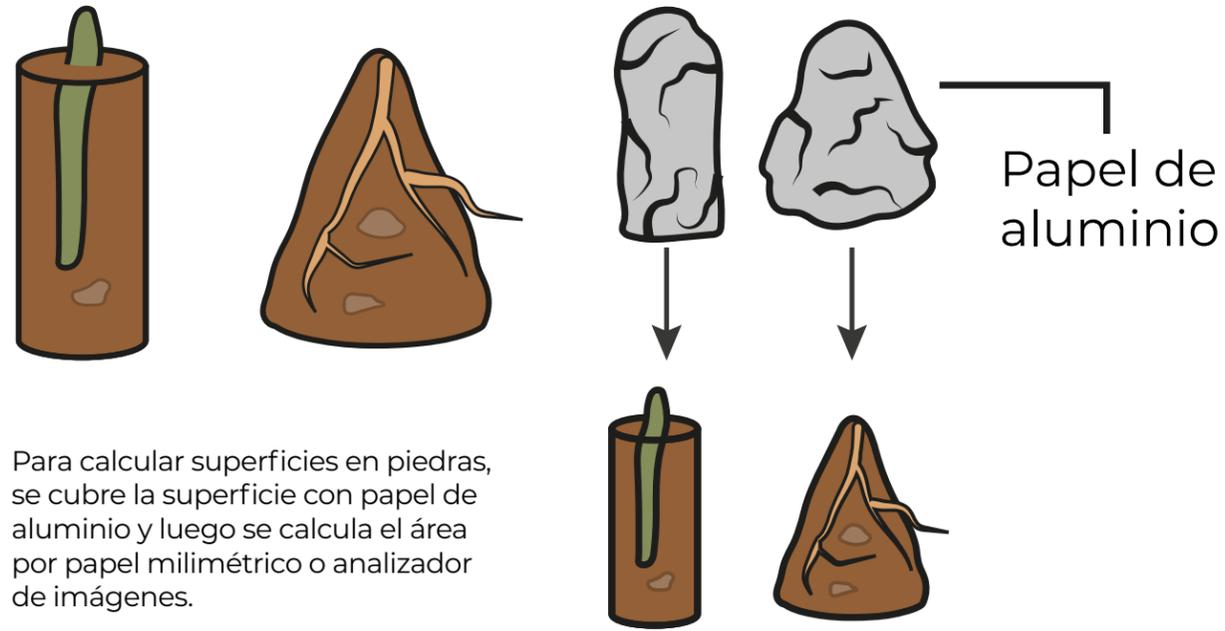
Sedimento superficial (arena, limo, materia particulada orgánica)

Con ayuda de una espátula tome la muestra con un tubo de PVC de dos pulgadas del sedimento superficial.

Posterior a la colecta de sustrato estime el área colectada de todos los sustratos:

- 1 Lleve la superficie en la que colectó la muestra a la forma de un cuerpo geométrico (por ejemplo: cilindro para tallo, cilindros y conos para raíces ramificadas, entre otros).





2 Para calcular superficies en piedras, se cubre la superficie con papel de aluminio y luego se calcula el área por papel milimétrico o analizador de imágenes.

3 Registre datos.

4 Una vez fijadas las colectas de sustrato, etiquete cada uno de los frascos con la siguiente información para que sean procesadas en laboratorio:

- Estación de muestreo
- Nombre del cuerpo de agua
- Tipo de sustrato o sustratos
- Fecha de la recolección
- Fijador utilizado
- Área del sustrato, en el caso de que esta se encuentre determinada



5 Registre datos.

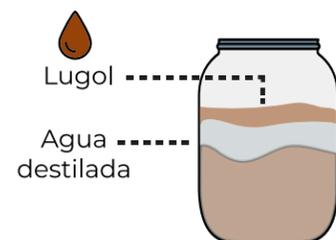
Datos a registrar:

- Coordenadas de los sitios de muestreo
- Registro fotográfico de cada sustrato colectado
- Grupos identificados por sitio
- Composición cualitativa de la comunidad (diatomeas, microalgas, dinoflagelados, protozoarios, entre otros)
- Especies o morfoespecies identificadas por sitio
- Cualquier observación relacionada con el monitoreo de la comunidad de perifiton
- Observaciones

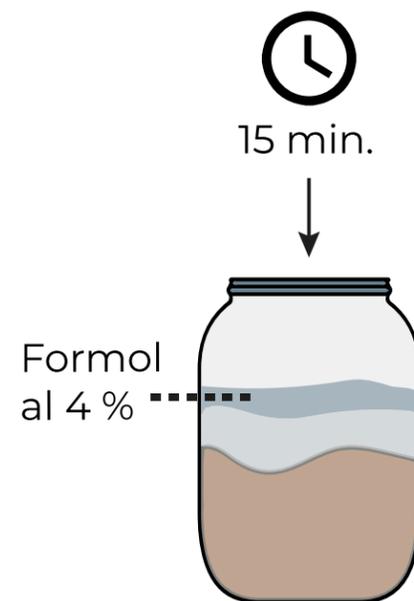
Preservación y etiquetado de colectas

1 Deposite cada una de las muestras de sustrato en diferentes frascos y agregue agua destilada. La cantidad de agua destilada utilizada debe ser conocida para poder realizar los cálculos de individuos por área.

2 Fije las muestras con solución de Lugol (0.5-1 ml dependiendo de la cantidad de material), agite suavemente y de manera homogénea.

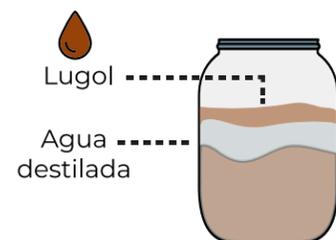


3 Pasados 15 minutos, agregue el formol al 4 %.

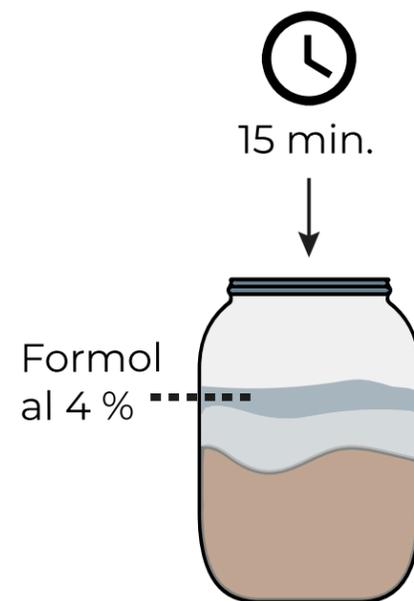


1 Deposite cada una de las muestras de sustrato en diferentes frascos y agregue agua destilada. La cantidad de agua destilada utilizada debe ser conocida para poder realizar los cálculos de individuos por área.

2 Fije las muestras con solución de Lugol (0.5-1 ml dependiendo de la cantidad de material), agite suavemente y de manera homogénea.

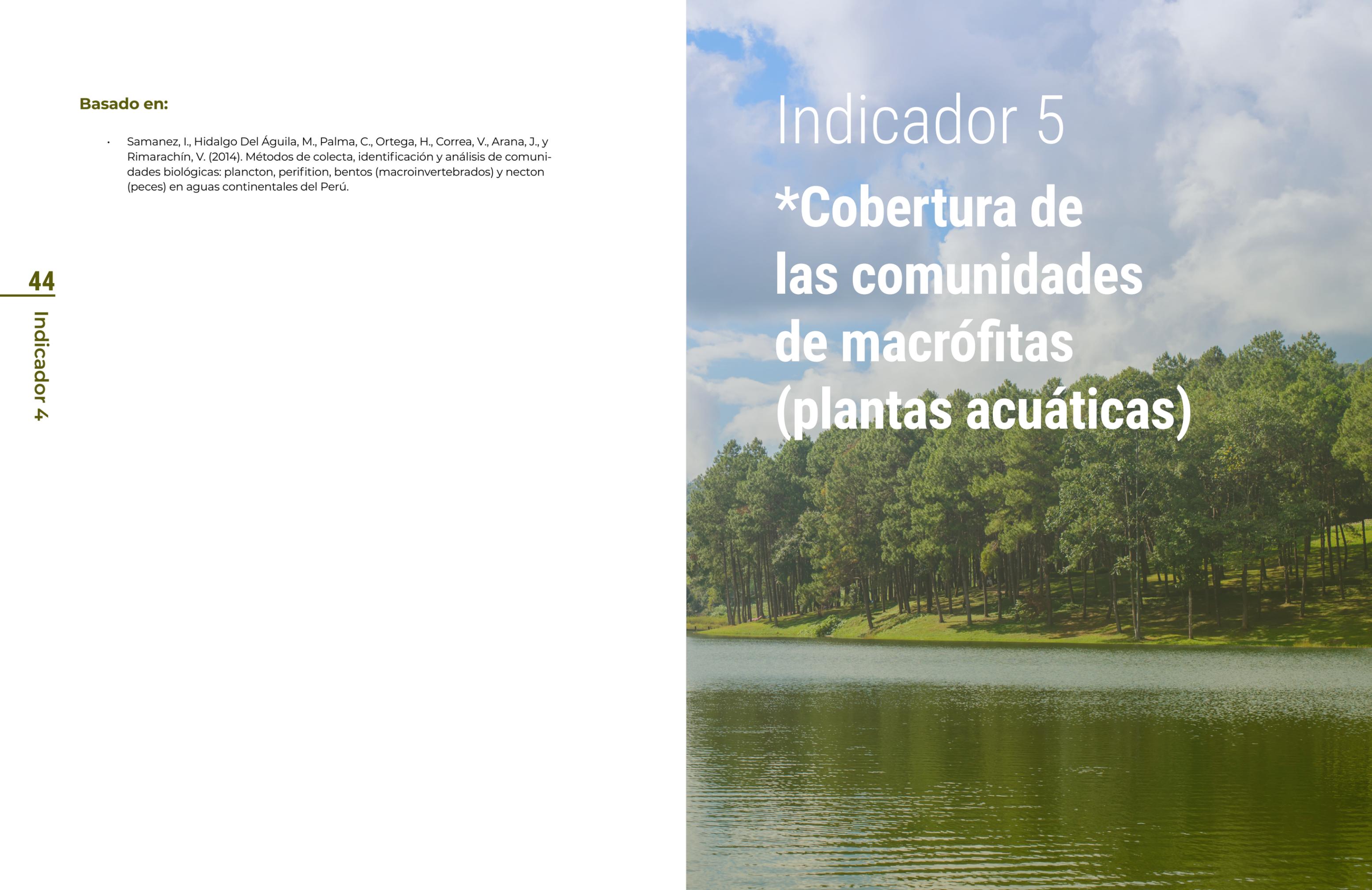


3 Pasados 15 minutos, agregue el formol al 4 %.



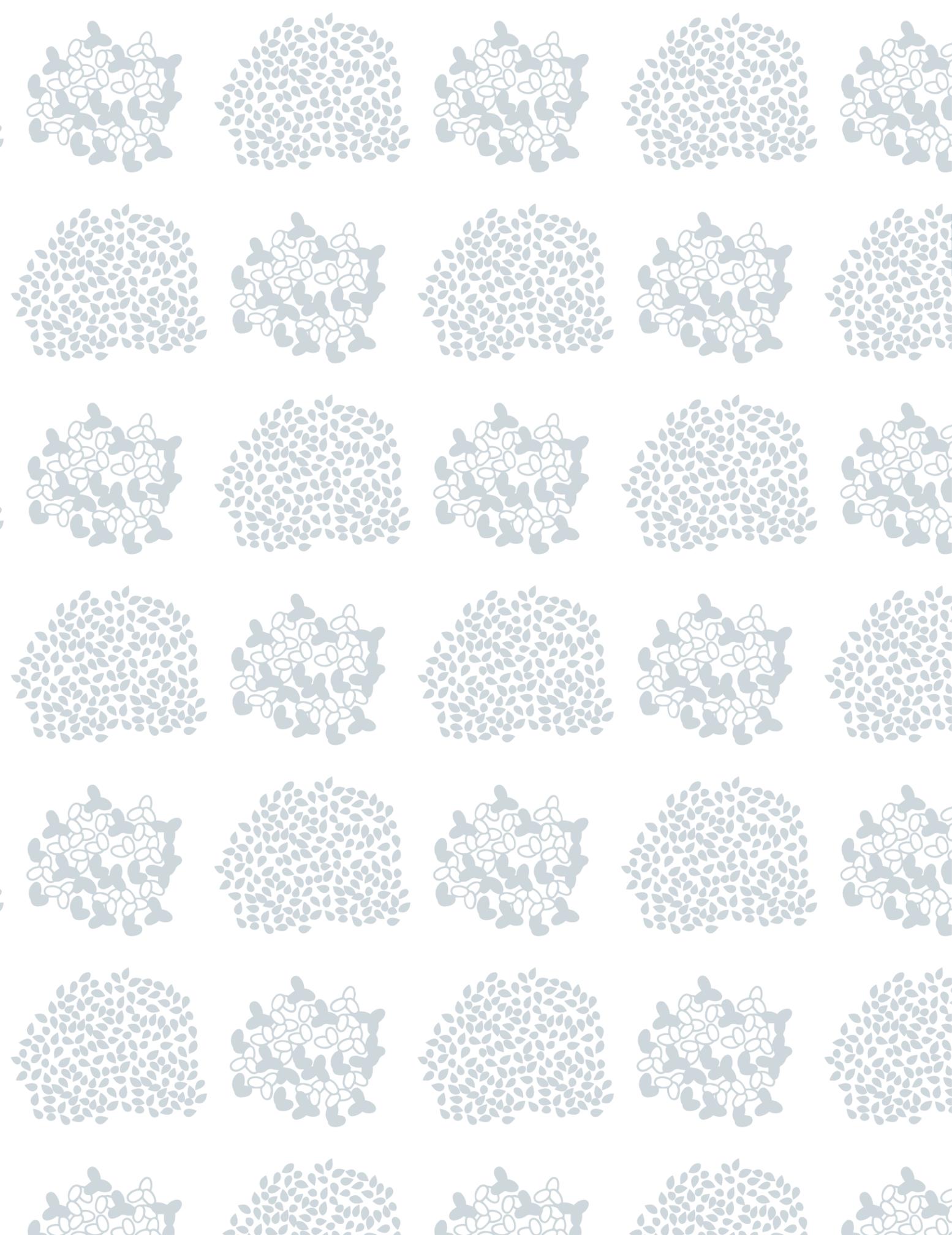
Basado en:

- Samanez, I., Hidalgo Del Águila, M., Palma, C., Ortega, H., Correa, V., Arana, J., y Rimarachín, V. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú.



Indicador 5

*Cobertura de las comunidades de macrófitas (plantas acuáticas)



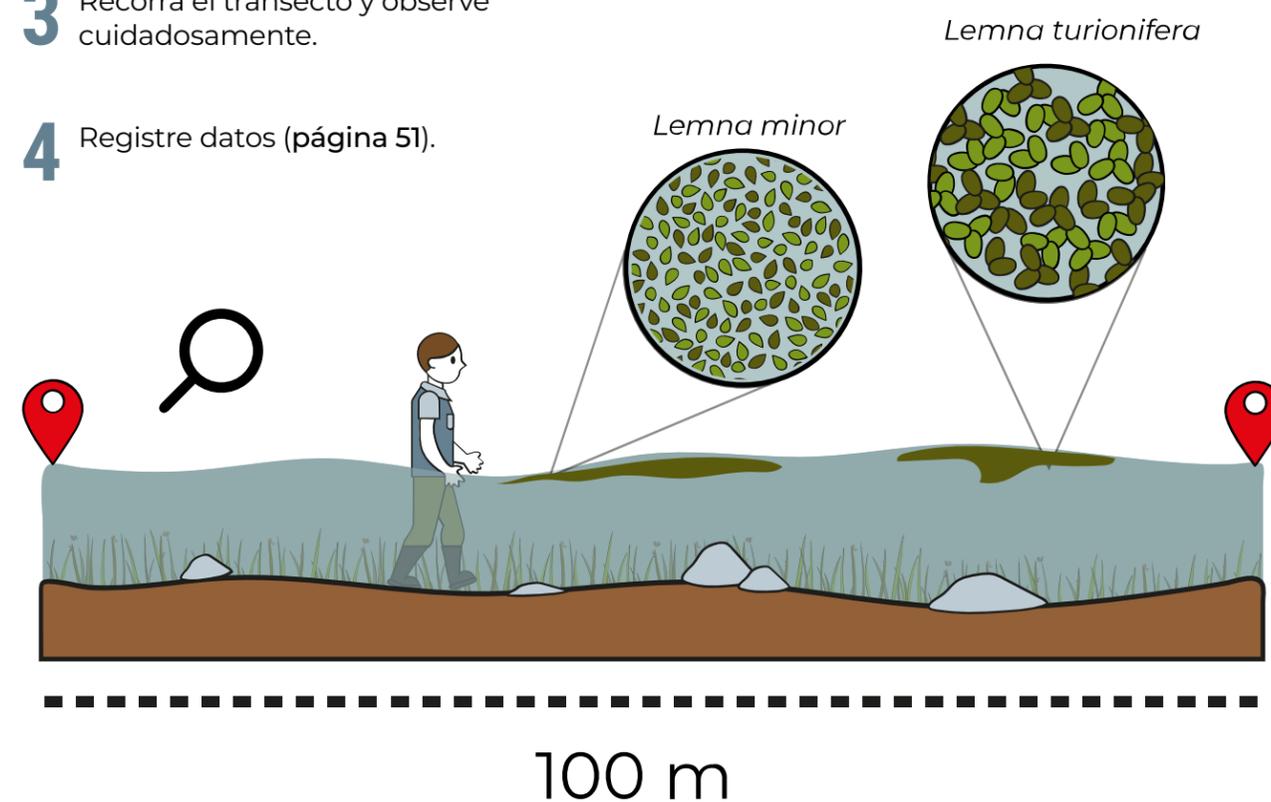
Para la medición de este indicador se recomienda que el punto de muestreo sea representativo de las características físicas y estructurales del cuerpo de agua. Se proporcionan tres opciones dependiendo de la accesibilidad al cuerpo de agua.

Cuerpo de agua poco profundo

En caso de que el cuerpo de agua no sea tan profundo y pueda ingresar a él por su propio pie:

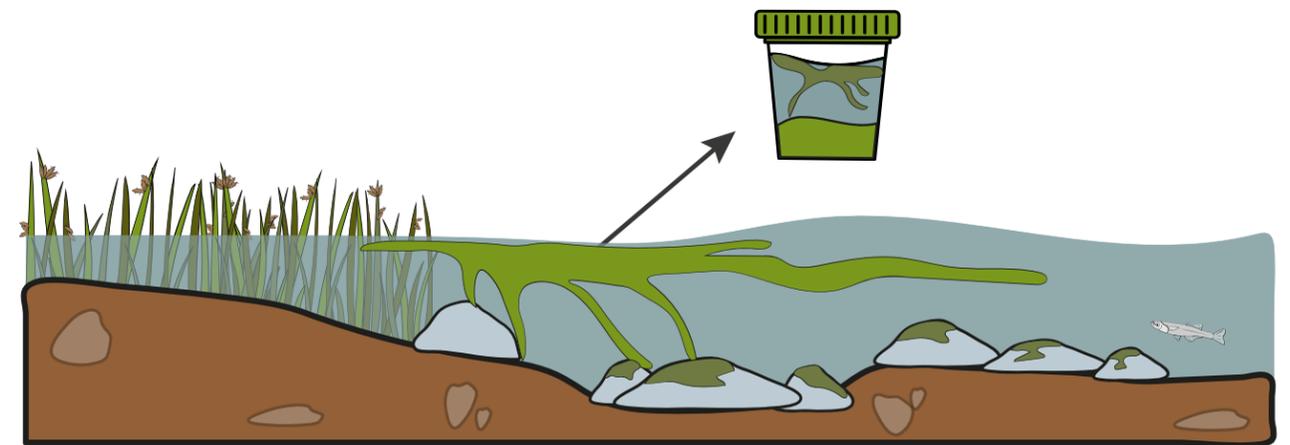
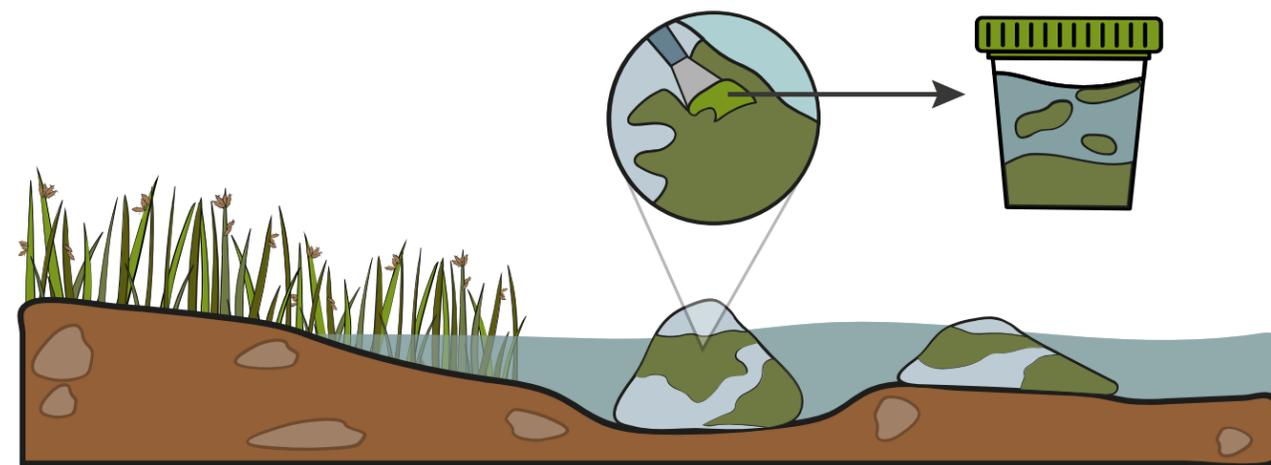
- 1 Establezca un transecto de 100 m de longitud.
- 2 Tome las coordenadas del inicio y final del transecto.
- 3 Recorra el transecto y observe cuidadosamente.
- 4 Registre datos (página 51).

En caso de que no haya sido posible la identificación los taxones y contando con los permisos correspondientes, deberá emplear técnicas de recolección para su posterior determinación.



I. Especies de pecton (se denomina pecton a los talos aplanados, laminares o esféricos sujetos a un sustrato)

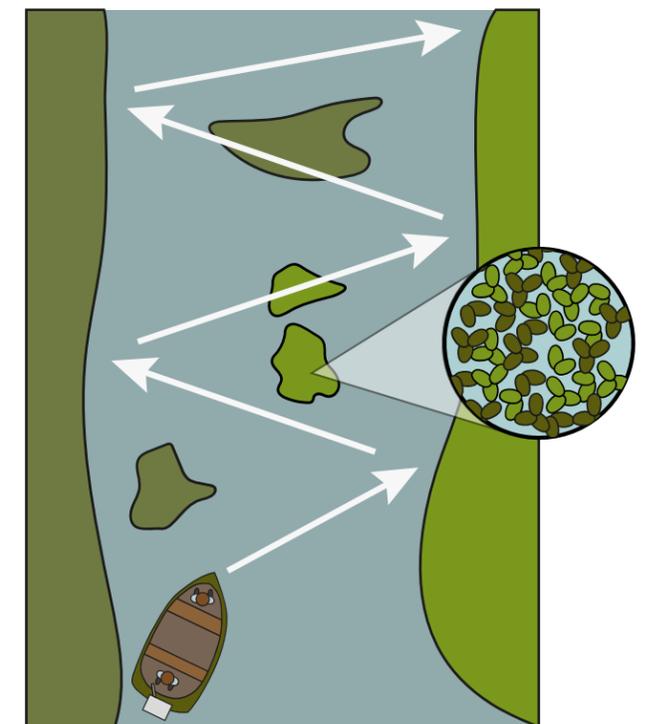
- 1 Con la ayuda de una pequeña espátula se separará la muestra del sustrato.
- 2 Posteriormente se introducirá la muestra en un recipiente de plástico y se conservará mediante la adición de formaldehído al 4 %.
- 3 Etiquete la muestra (fecha, localidad y nombre del colector) correctamente para su posterior determinación en laboratorio con un experto que colabore con el ANP.
- 4 Registre datos (página 51).



Cuerpo de agua profundo

Si el muestreo se hace desde una embarcación:

- 1 Recorra el transecto de muestreo en zig-zag (de una orilla a otra) remontando siempre la corriente de aguas abajo a aguas arriba.
- 2 En casos específicos de cuerpos de agua anchos (> 10 m) de igual modo será necesario recorrer ambas orillas.
- 3 En el curso del recorrido y con apoyo en guías de campo se identifican "in situ" los diferentes taxones y se estima su rango de cobertura en el tramo.
- 4 En el caso de que no pueda identificar con certeza algún taxón, recoja ejemplares lo más completos posible para su identificación en laboratorio.
- 5 Registre datos (página 51).



II. Especies de plocon y especies flotantes

(se denomina plocon a las algas filamentosas, fijadas al sustrato por la base, pero cuya biomasa se extiende a cierta distancia del fondo)

- 1 Se recogerán a mano o con la ayuda de un rastrillo o potera.
- 2 Se guardarán en bolsas de plástico herméticas, recipientes de plástico o cristal o pliegos de herbario.
- 3 Etiquete la muestra (fecha, localidad y nombre del colector) correctamente para su posterior determinación en laboratorio con un experto que colabore con el ANP.
- 4 Registre datos (página 51).

Cuerpo de agua de difícil acceso

En cuerpos de agua donde sea imposible el acceso:

1 En cuerpos de agua donde sea imposible el acceso, el muestreo se realizará desde la orilla en puntos separados entre sí por 5 m, utilizando la draga o potera para

extraer la vegetación con una cuerda de aproximadamente 2 m.

2 Registre datos.



Cuerpos con aguas turbias, profundas y no aptas para el buceo

En cuerpos con aguas turbias, profundas y no aptas para el buceo, y que además no se puedan cuantificar las coberturas de las especies de forma precisa:

1 Deberá estimarse de forma indirecta a partir de las muestras obtenidas con draga, potera o rastrillo a lo largo de los transectos (tabla 2 y 3).

2 Registre datos.



Clases de cobertura (%)
<0.1 % - presencia
0.1 < 1 % - raro
1 - < 5 %
5 - <10 %
10 - <20 %
20 - <30 %
30 - <40 %
40 - <50 %
50 - <60 %
60 - <70 %
70 - <80 %
80 - <90 %
90 - 100 %

Tabla 2. Clases de porcentaje de cobertura de macrófitos.
Fuente: tomado de MAGRAMA. (2015).

Escala	Descriptor (presencia de vegetación en la potera o rastrillo)
1	Algunos fragmentos
2	Cantidades pequeñas
3	Cantidades medias
4	Abundante
5	Muy Abundante

Tabla 3. Porcentaje de cobertura de especies.
Fuente: tomado de MAGRAMA. (2015).

Datos a registrar:

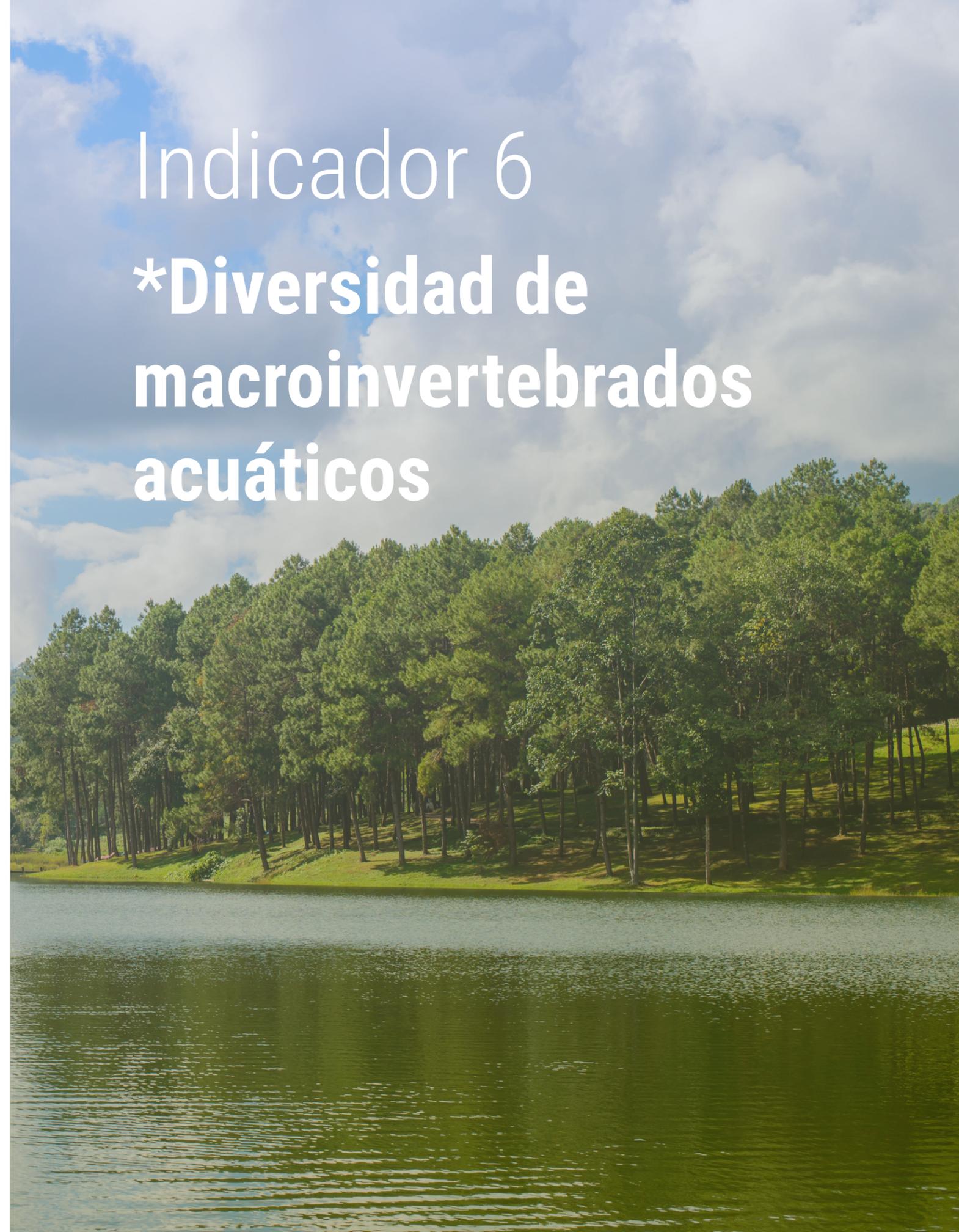
- Coordenadas geográficas
- Nombre común de los individuos observados
- Género, especie (en caso de conocerlo) o ID (muestras)
- Rango de cobertura (en porcentaje) de cada taxón en el tramo
- Rango de cobertura total (en porcentaje) de macrófitos en el tramo, que no podrá superar el 100 % (tabla 2 y 3)
- Observaciones

Basado en:

- MAGRAMA. (2015) Protocolo de muestreo y laboratorio de macrófitos en ríos. ML-R-M-2015. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Madrid, 2015. Available online: https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/ml_r_m_2015_protocolodemuestreoylaboratoriodemacrofitosenrios_def_tcm30-175290.pdf
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación) (2013). Propuesta de Indicadores para el Programa de Monitoreo Ecológico en el Ámbito de Ecosistemas de Aguas Continentales. <https://canjedorbosques.org/wp-content/uploads/2017/07/Informe-Final-1.pdf>

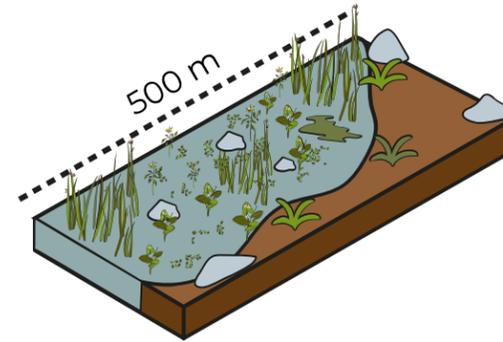
Indicador 6

*Diversidad de macroinvertebrados acuáticos

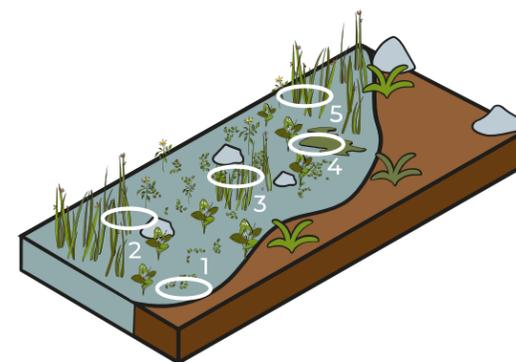




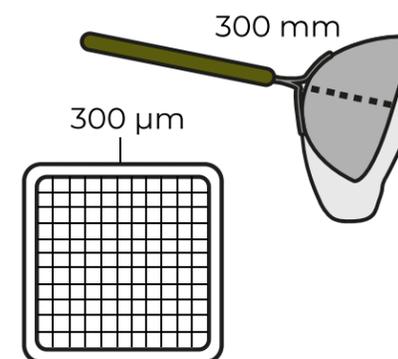
1 Realice un recorrido de reconocimiento de la cuenca y seleccione un área que cubra por lo menos 500 m del cuerpo de agua.



2 Ubique en esta área cinco puntos dentro del cuerpo de agua abarcando todos los microhábitats presentes (raíces sumergidas, cantos rodados, oquedades, restos leñosos, hojarasca y vegetación acuática).

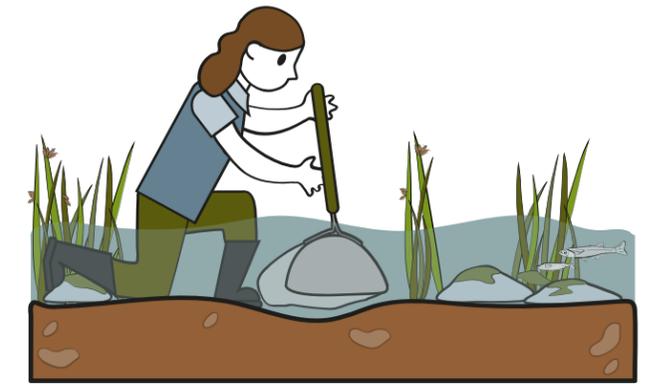


3 Para realizar la colecta de los macroinvertebrados, utilice una red tipo "D" de 300 mm de diámetro y una luz de malla de 300 μ m.

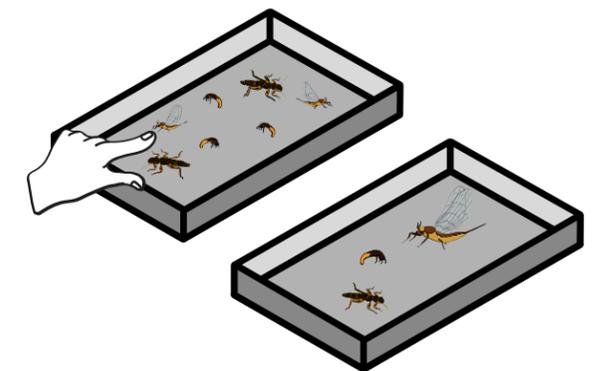


4 Sostenga la red en la parte central de la corriente o donde el agua sea más correntosa.

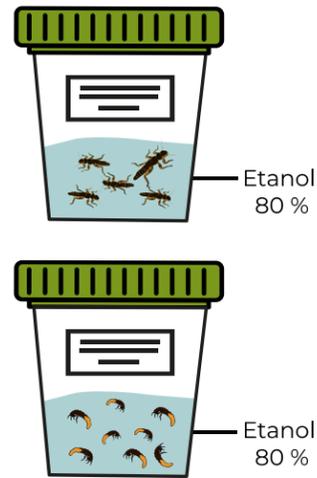
5 Ubique la boca de la malla frente a la corriente y asiente la base en el fondo del cuerpo.



6 Una vez que cuenta con el sedimento, póngalo en charolas de plástico blancas en las que irá separando manualmente a los macroinvertebrados acuáticos colectados.



7 En caso de tener el permiso de colecta, deposite los macroinvertebrados en viales con solución de etanol al 80 % para su preservación y traslado a laboratorio. Por el contrario si no se cuenta con el permiso de colecta sólo realice el conteo y tome fotografías de los grupos.



Los macroinvertebrados que no pertenecen a estos tres grupos (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*) se registrarán como **INDIVIDUOS NO DETERMINADOS**.

Datos a registrar:

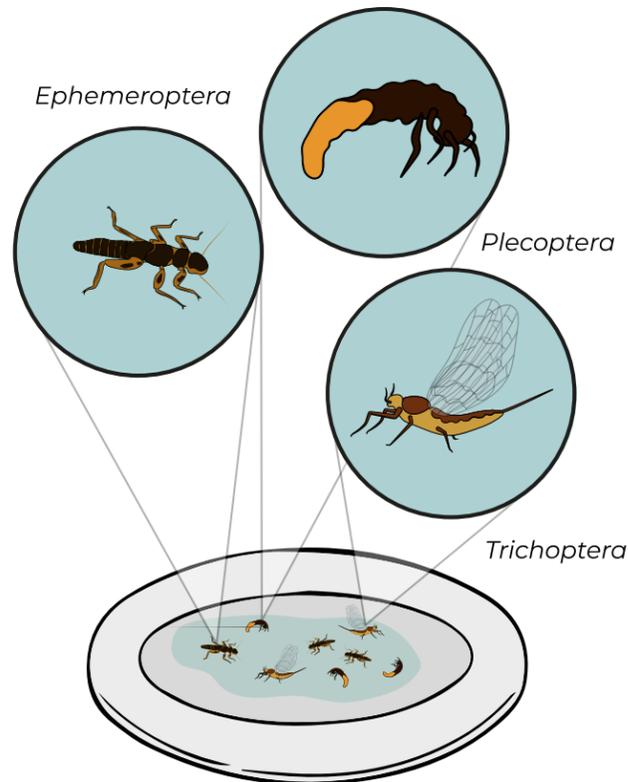
- Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo
- Grupos de macroinvertebrados identificados pertenecientes a *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*
- Número de individuos pertenecientes a *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*
- Número de individuos no determinados
- Fotografías de las especies observadas durante el monitoreo
- Observaciones

Basado en:

- Carrera, C. y Fierro, K. (2001). Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. EcoCiencia. Quito. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>
- Mauricio Torres, C. R. (2018). Insectos acuáticos como indicadores de la calidad de agua del río Huayobamba, San Marcos-Cajamarca.
- Merritt, R. W. Cummins, K. W. y Berg, M. B. (2008). An introduction to the aquatic insects of North America. EEUU: Kendall/Hunt Publishing Company.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación) (2013). Propuesta de Indicadores para el Programa de Monitoreo Ecológico en el Ámbito de Ecosistemas de Aguas Continentales. San José-Costa Rica. 209 p. <https://canjedorbosques.org/wp-content/uploads/2017/07/Informe-Final-1.pdf>
- Thorp, J. H. y Covich, A. P. (Eds.) (2009). Ecología y clasificación de los invertebrados de agua dulce de América del Norte. Prensa académica.

8 Para identificar a los individuos colectados en cada sitio:

- Extraiga los macroinvertebrados de cada uno de los frascos, sin mezclarlos, y colóquelos en un recipiente plano y limpio (un plato pequeño o una tapa blanca), con un poco de alcohol o agua, para que los pueda distinguir mejor
- Agrupe los individuos que se parecen entre sí, identifique los grupos *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera* (guíese con la ilustración) y cuente cuántos individuos se encontraron de cada grupo. Si requiere mayor apoyo en la identificación de estos grupos se sugiere apoyarse con claves especializadas (p. ej. Merritt et al., (2008); Thorp y Covic. (1991)).



9 Registre datos.



Indicador 7
***Composición
de la comunidad
íctica (peces)**



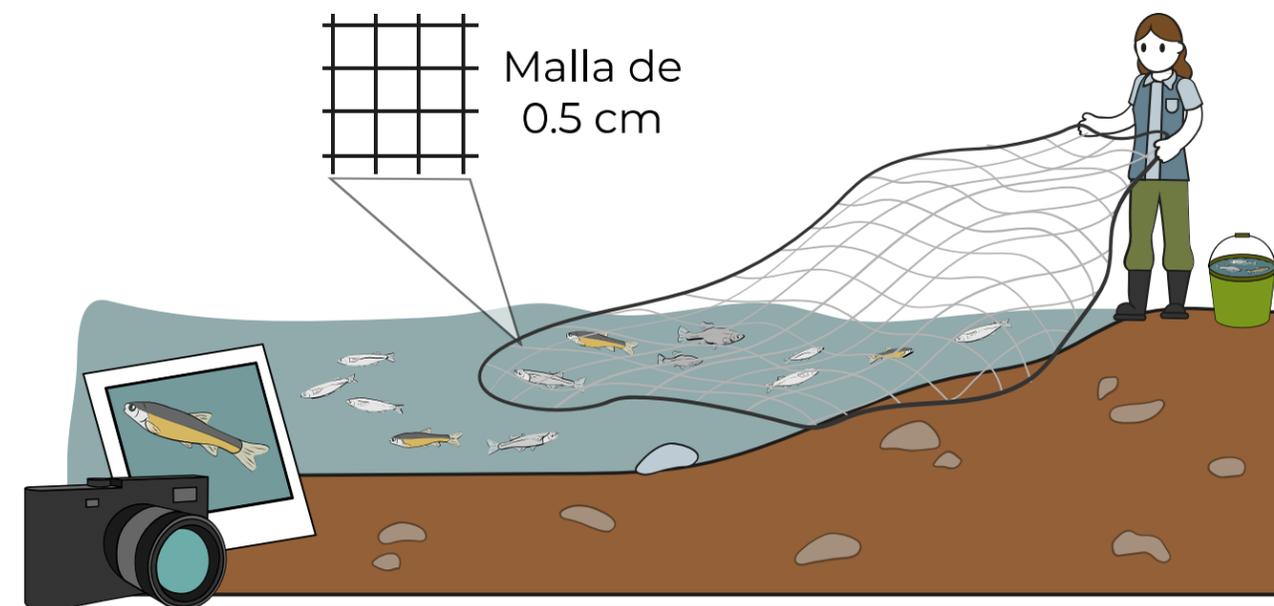
Para llevar a cabo el monitoreo de este indicador se proponen dos métodos de monitoreo; sin embargo, es recomendable que se retomen las artes de pesca locales para poder asegurar el éxito de la captura de los peces presentes y aprovechar las capacidades de los monitores locales.

De manera complementaria a estos métodos se recomienda que se realicen acercamientos con cooperativas pesqueras o grupos de pescadores para obtener información acerca de la composición de la comunidad íctica, identificar si han notado la disminución de peces o de sus tallas, si han observado enfermedades en los peces o incluso la presencia de especies exóticas, entre otras observaciones puntuales que puedan aportar los pescadores locales.

Ubique al menos tres puntos de muestreo dentro del sitio:

Uso de redes

- 1 Con ayuda de una red de luz de malla de 0.5 cm, capture los peces desde la orilla del cuerpo de agua y almacénelos en baldes para su posterior registro.
- 2 En caso de ser posible, tome una fotografía de los individuos capturados.
- 3 Registre datos (página 62).



Uso de trampas

- 1 Instale 10 trampas para peces en los distintos puntos del cuerpo de agua.
- 2 Para ello, sumerja las trampas a una profundidad menor de 1.5 m durante 50 minutos.
- 3 Una vez transcurrido este tiempo, extraiga las trampas, almacene los peces en botes de agua y realice el conteo de individuos.
- 4 Registre datos.

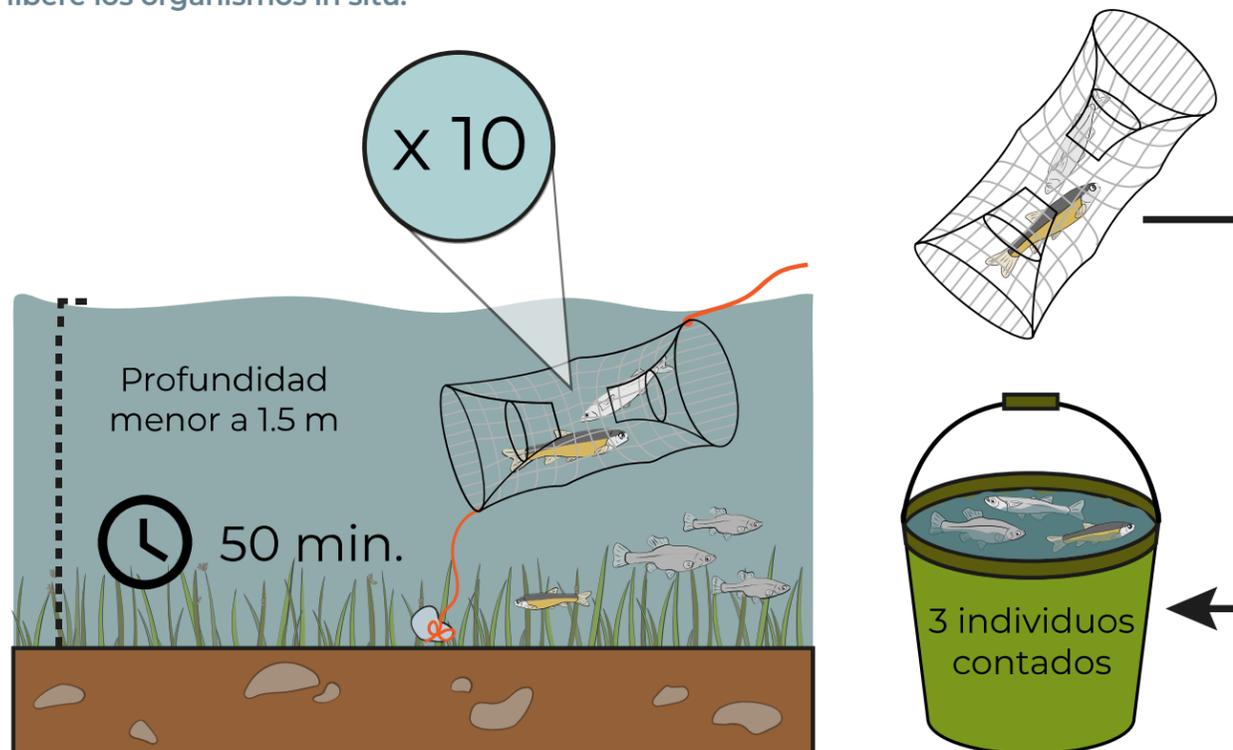
Datos a registrar:

- Coordenadas de muestreo
- Nombre común
- Nombre científico (en caso de conocerlo)
- Indique si corresponde a una especie nativa, exótica-invasora
- Anote si observa algún tipo de enfermedad, malformaciones o lesión en el ejemplar
- Fotografías de las especies observadas durante el monitoreo
- Observaciones

Basado en:

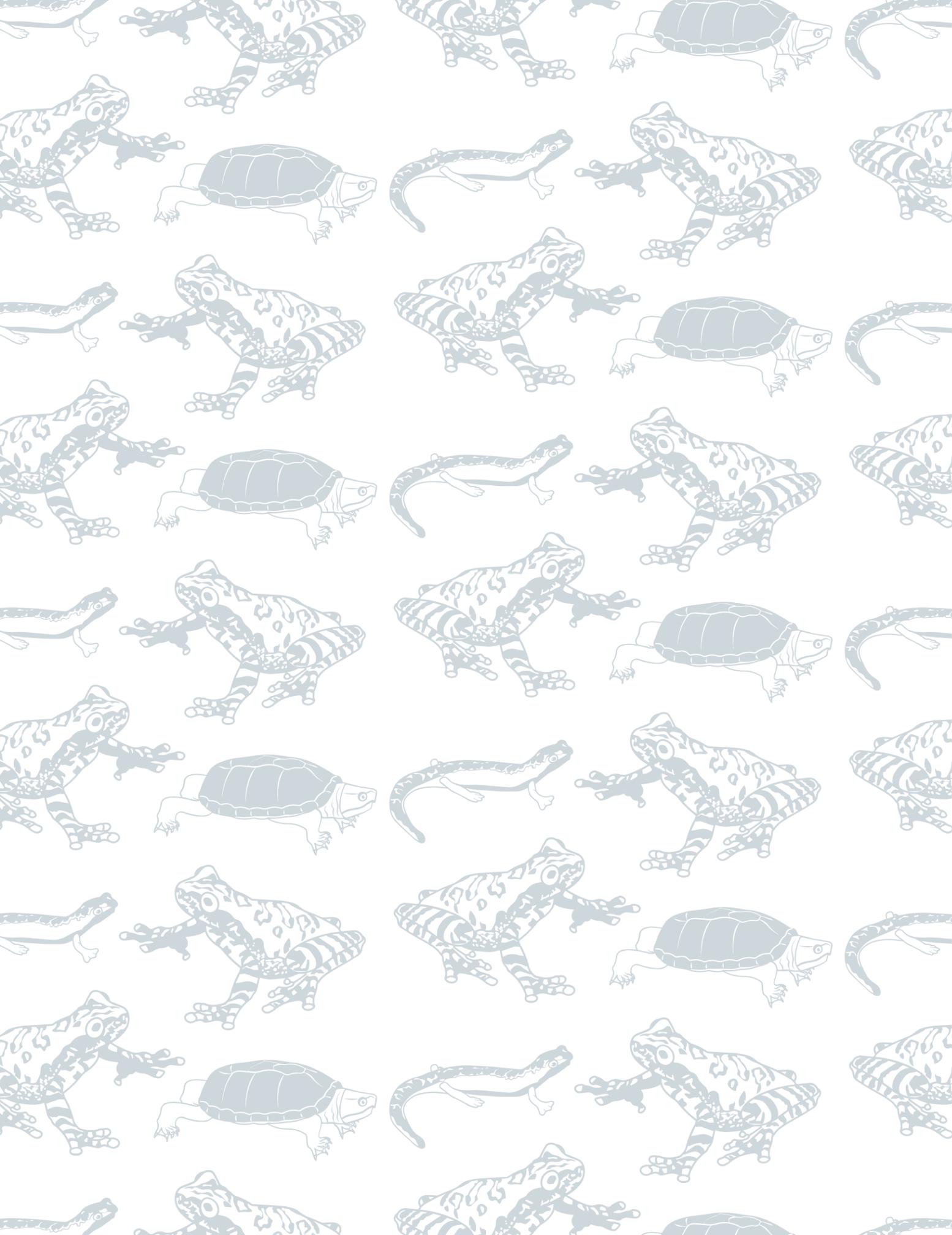
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). (2013). Propuesta de Indicadores para el Programa de Monitoreo Ecológico en el Ámbito de Ecosistemas de Aguas Continentales. San José-Costa Rica. 209 p. <https://canjeporbos-ques.org/wp-content/uploads/2017/07/Informe-Final-1.pdf>
- Vázquez, G., Castro, G., González, I., Pérez, R., y Castro, T. (2006). Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. ContactoS, 60(4), 41-48. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Bioindicadores-como-herramientas-para-determinar-la-calidad-del-agua.pdf>

Una vez finalizado el registro y en caso de que no sean especies exóticas-invasoras libere los organismos in situ.



A scenic landscape featuring a calm lake in the foreground, surrounded by dense green forests. The sky is bright blue with scattered white clouds. The text is overlaid on the right side of the image.

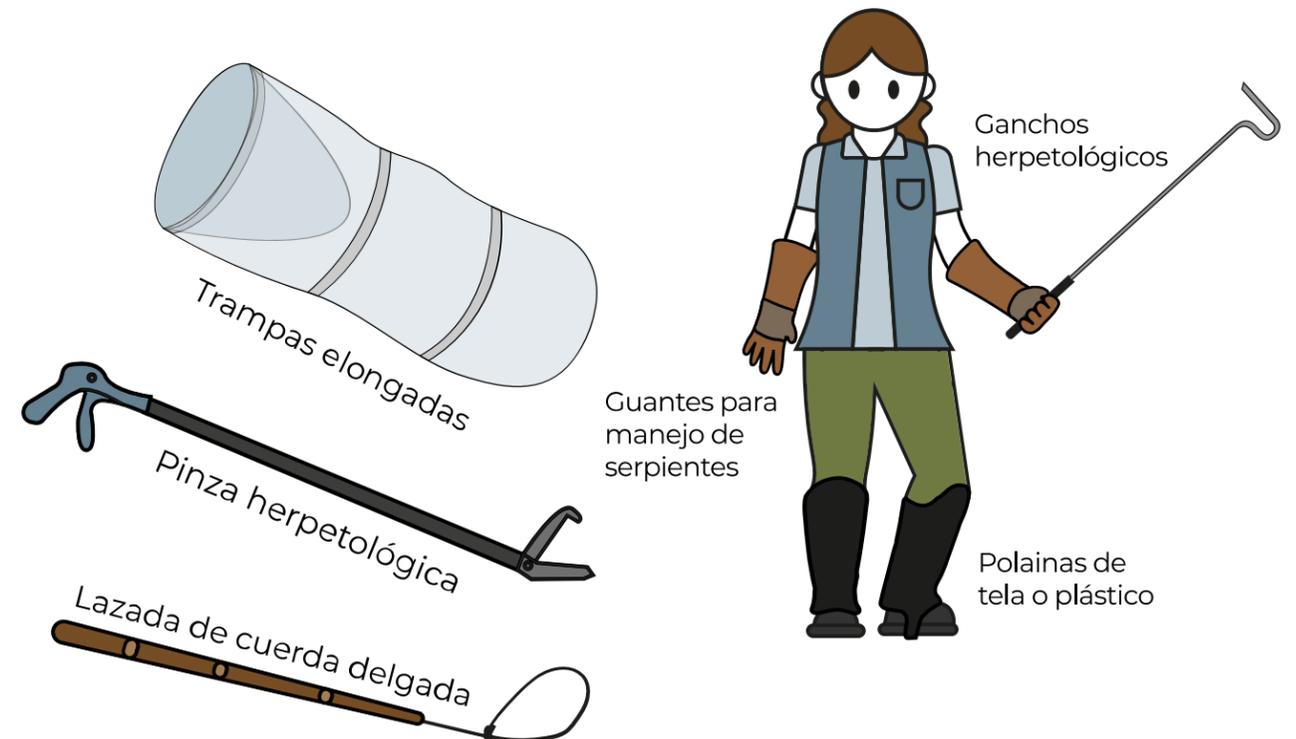
Indicador 8
**Diversidad de
anfibios y reptiles**



Antes de iniciar el monitoreo es muy importante que se cuente con el equipo de protección para reptiles (guantes para manejo de serpientes, ganchos herpetológicos y polainas de tela o de plástico) con el fin de evitar cualquier accidente que ponga en peligro la integridad del personal que realiza monitoreo. Para el caso específico de los anfibios, siempre se deberán utilizar guantes desechables para su manipulación. Si se aíslan los individuos deberá hacerse en bolsas de plástico no reutilizables y posteriormente se desinfectarán las manos. Asimismo, es de vital importancia que, para evitar el contagio de enfermedades de anfibios, el equipo de monitoreo (como redes, mangas, trampas, botas, bandejas) sea desinfectado con lejía (4 %), formol al 40 %, etanol al 70 % u otros desinfectantes comerciales antes, durante y después de las capturas de los individuos.

La desinfección debe hacerse en el campo para evitar la dispersión del patógeno, pero nunca cerca del medio acuático para evitar su contaminación.

Otra recomendación importante para el monitoreo es que, si la determinación taxonómica de los individuos observados no se puede llevar a cabo en campo, se utilice una cámara fotográfica que permita capturar las características particulares de cada individuo y posteriormente, se pueda hacer la determinación con apoyo de un experto o utilizando guías de identificación con las que no se contaban en campo. Si se requiere la captura de los individuos para su determinación o para complementar una colección biológica es necesario que cuente con el permiso de colecta otorgado por la SEMARNAT.



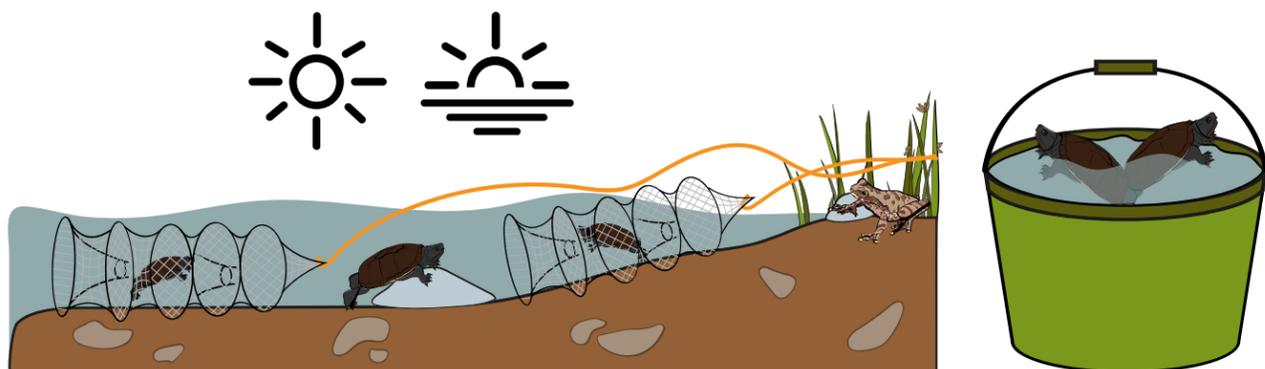
Para realizar el monitoreo de la comunidad de anfibios y reptiles se presentan cuatro métodos: Trampas nasa, Captura directa, Parcelas y Transectos en banda fija. Se recomienda que los recorridos los realicen siempre las mismas personas y que los inicien de manera aleatoria, esto para tratar de disminuir sesgos por la experiencia en campo, imagen de búsqueda y pico de actividad de las especies.



Trampas nasa

Nota: coloque las trampas nasa cerca de la superficie, esto reducirá la posibilidad de mortandad de los reptiles capturados.

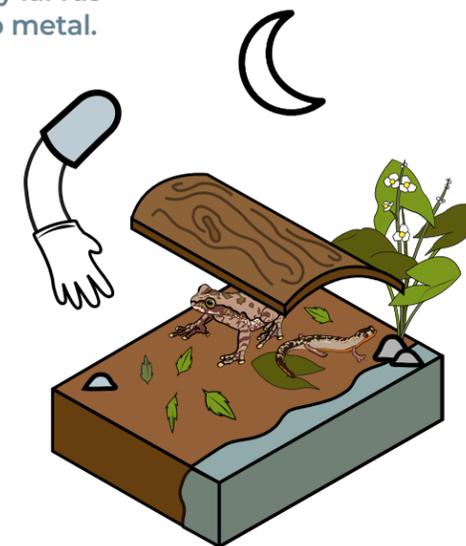
- 1 Para la captura de anfibios y reptiles acuáticos, utilice trampas de tipo nasa con uno o varios embudos en su interior (formando compartimentos en donde quedan atrapados los individuos) acopladas a una red de desvío.
- 2 Dependiendo del área que desee cubrir, coloque las trampas en el sitio de manera individual o en conjunto.
- 3 Deje instaladas las trampas por varios días y revíselas por la mañana y por la tarde.
- 4 En el caso de que no haya habido capturas en un periodo de 15 días desde el día de su colocación, se desplazarán unos metros dentro del mismo cuerpo de agua.
- 5 Registre datos (página 71).



Captura directa

Este método se recomienda realizar durante la noche en la temporada lluviosa que corresponde con la época de reproducción de anfibios. Para la captura de adultos y larvas de anfibios resulta útil una red con cabo de madera o metal.

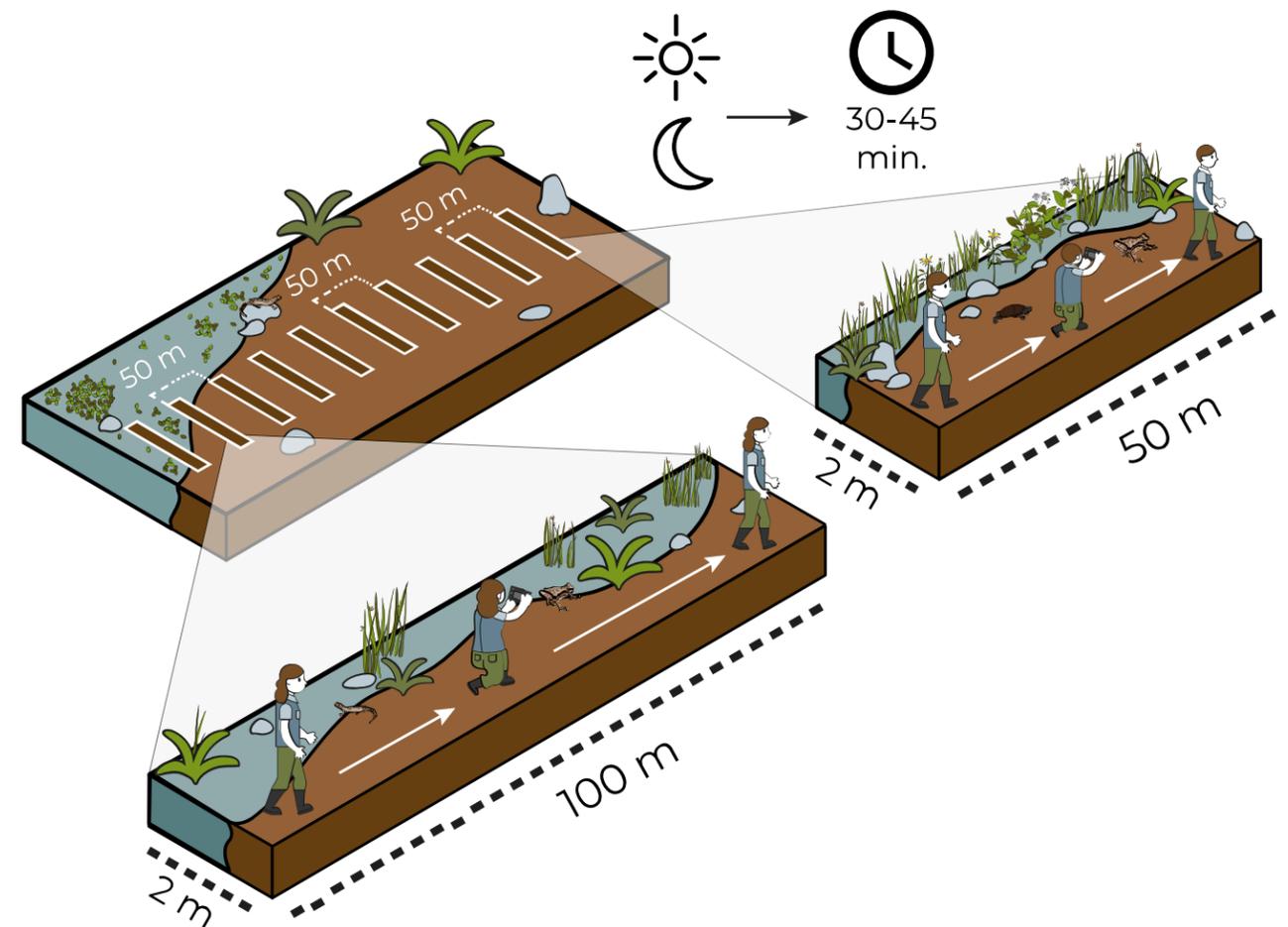
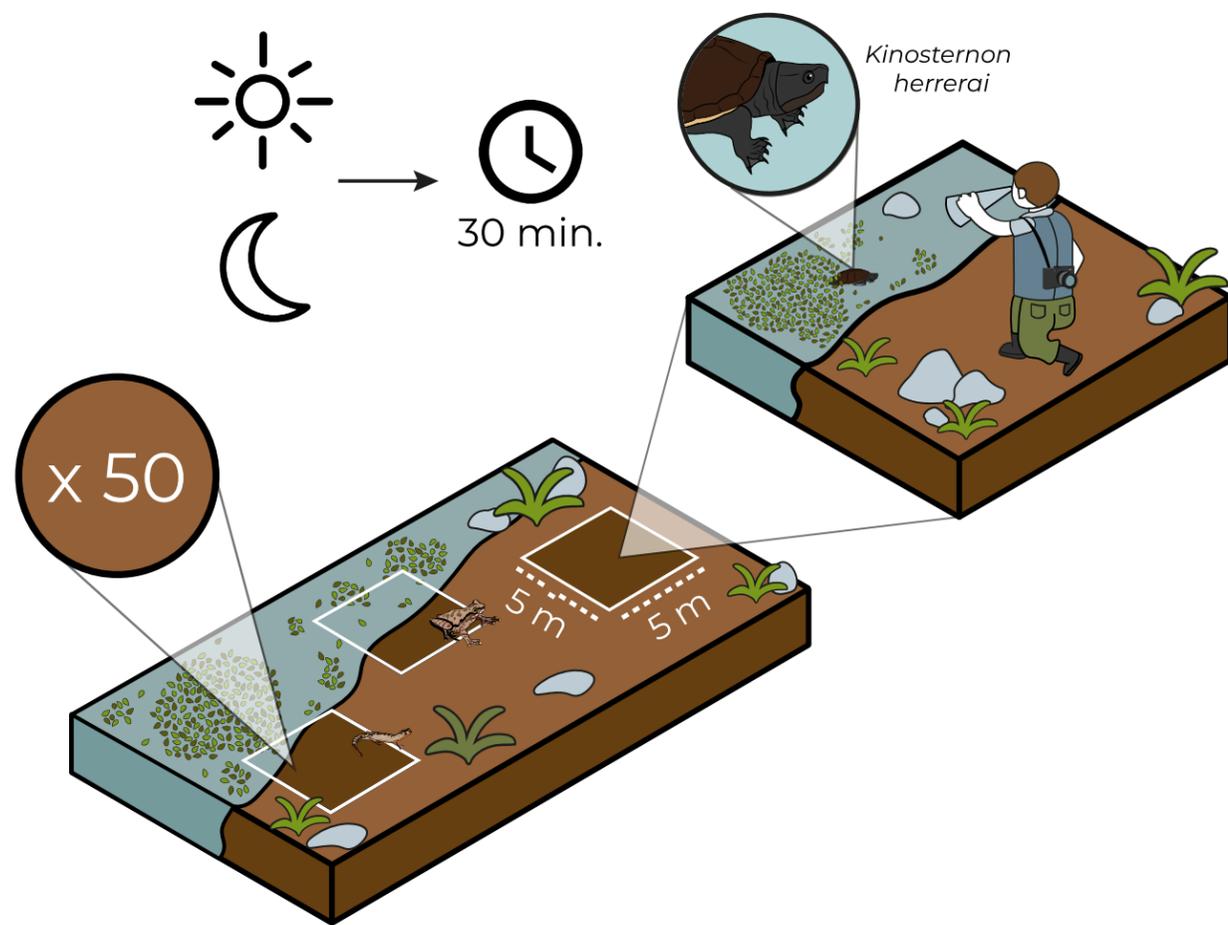
- 1 Asimismo, puede capturar individuos como salamandras y pequeñas ranas de hojarasca levantando troncos podridos, rocas y removiendo hojarasca acumulada en el suelo, capturando los ejemplares con la mano.
- 2 Registre datos (página 71).



Los métodos siguientes se recomiendan realizarse en las orillas y alrededores de los cuerpos de agua.

Parcelas

- 1 Establezca 50 parcelas de 5 x 5 m, en lugares seleccionados de manera aleatoria dentro del sitio y realice una revisión exhaustiva en búsqueda de anfibios y reptiles por 30 minutos tanto por la mañana como por la noche.
- 2 Una vez que se observe un individuo del grupo, captúrelo y tome varias fotografías de los caracteres más distintivos de los individuos para facilitar la determinación taxonómica.
- 3 Registre datos (página 71).



Transectos de banda fija (BTF por sus siglas en inglés *Band Transects Fixed*)

- 1 Establezca de manera aleatoria 10 transectos rectos de 100 m de longitud y 2 m de ancho en zonas de fácil acceso y abiertas, de 50 m y 2 m de ancho para zonas de difícil acceso y agrestes; separados por los menos por 50 m de distancia uno del otro.
- 2 El tiempo horas/hombre para el monitoreo será de 30 a 45 minutos tanto por la mañana como por la noche.
- 3 Recorra los transectos a una velocidad constante e intente detectar la presencia de individuos o grupos de anfibios y reptiles.
- 4 Se contabilizarán todos los individuos escuchados y observados, y si es posible realice registros fotográficos para facilitar la determinación taxonómica.
- 5 Registre datos.

Datos a registrar:

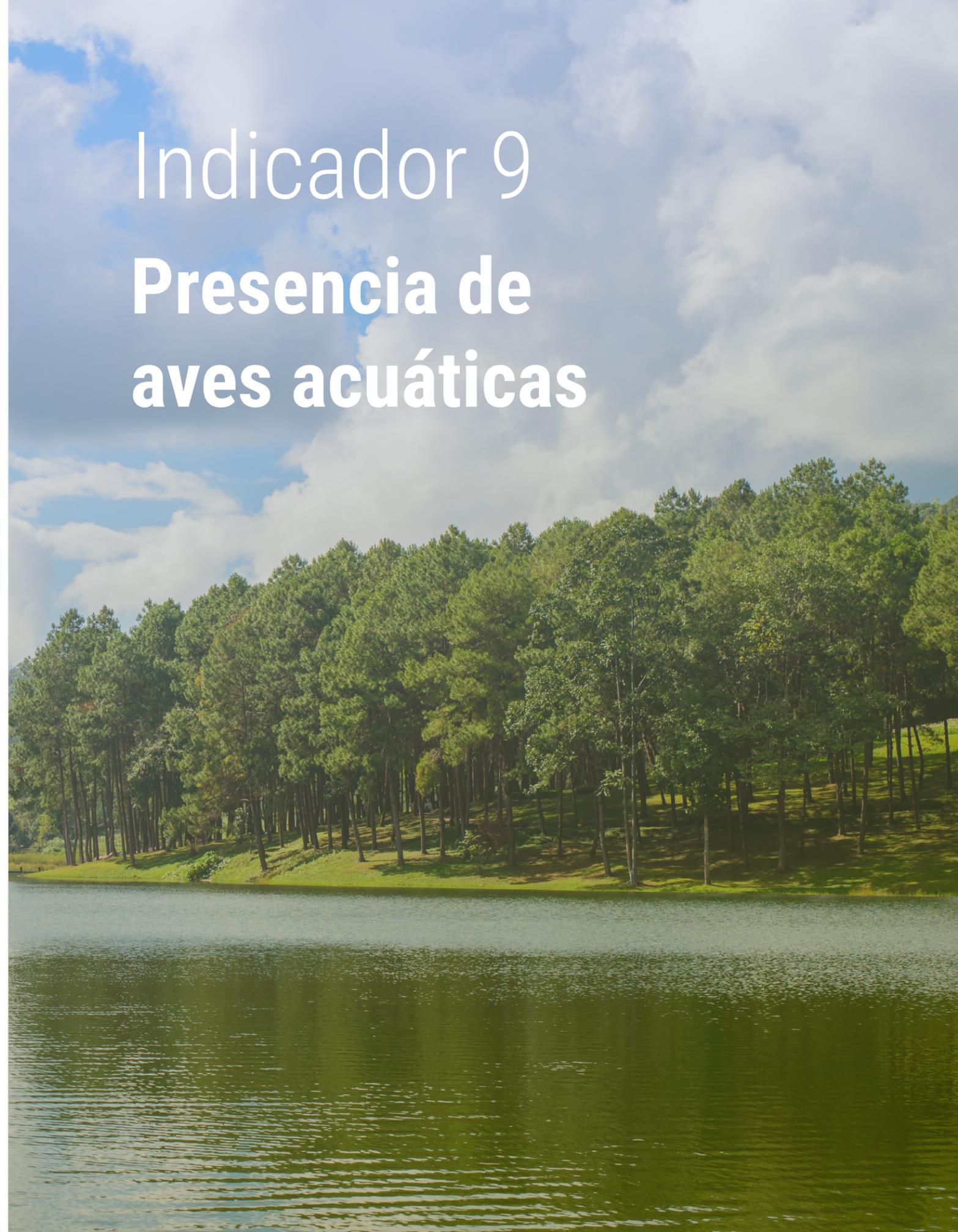
- Coordenada
- Tipo de muestreo
- Número de trampa/ parcela/transecto
- Género/ nombre científico (en caso de conocerlo) o nombre común
- Tipo de ecosistema
- Tipo de vegetación aledaña
- Número de foto
- Indique si corresponde a una especie nativa o exótica-invasora
- Número de horas invertido en el muestreo por uno o todos los observadores
- Kilómetros de recorridos
- Observaciones

Basado en:

- Angulo A., J. V. Rueda-Almonacid, J. V. Rodríguez-Mahecha y E. La Marca (Eds) (2006). Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo N° 2. Panamericana Formas e Impresos S. A.
- Becker, C. G.; Fonseca, C. R.; Baptista-Haddad, C. F.; Fernández-Batista, R.; Prado, P. I. (2007). Habitat Split and the Global Decline of Amphibians. *Nature*, 318, 1775–1777.
- Beebee, T. J. C. y Griffiths, R. A. (2005). The Amphibian Decline Crisis: A Watershed for Conservation Biology? *Biol. Conserv.* 125, 271–285.
- Channing, A. (1998). Tadpoles as bio-indicators of stream quality: A baseline study. University of the Western Cape.
- Flores-Villela, O. (1991). Análisis de la Distribución de la Herpetofauna de México. Ph. D. Thesis, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Flores-Villela, O.; García-Vázquez, U. O. (2014) Biodiversidad de Reptiles en México. *Rev. Mex. Biodivers*, 85, 31.
- Gardner, T.A., Barlow, J. y Peres, C. A. (2007). Paradox, Presumption and Pitfalls in Conservation Biology: The Importance of Habitat Change for Amphibians and Reptiles. *Biol. Conserv.* 138, 166–179.
- Ministerio del Ambiente (MINAM) (editor). (2015). Guía de inventario de la fauna silvestre / Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. <https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/GU%c3%83-A-DE-FAUNA-SILVESTRE.compressed.pdf>
- Santos-Barrera, G., Pacheco, C., Ceballos, G. (2004) La Conservación de los Anfibios y Reptiles de Mexico. *Biodiversitas*, 57, 1–6.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación) (2013). Propuesta de Indicadores para el Programa de Monitoreo Ecológico en el Ámbito de Ecosistemas de Aguas Continentales. <https://canjedorbosques.org/wp-content/uploads/2017/07/Informe-Final-1.pdf>

Indicador 9

Presencia de aves acuáticas

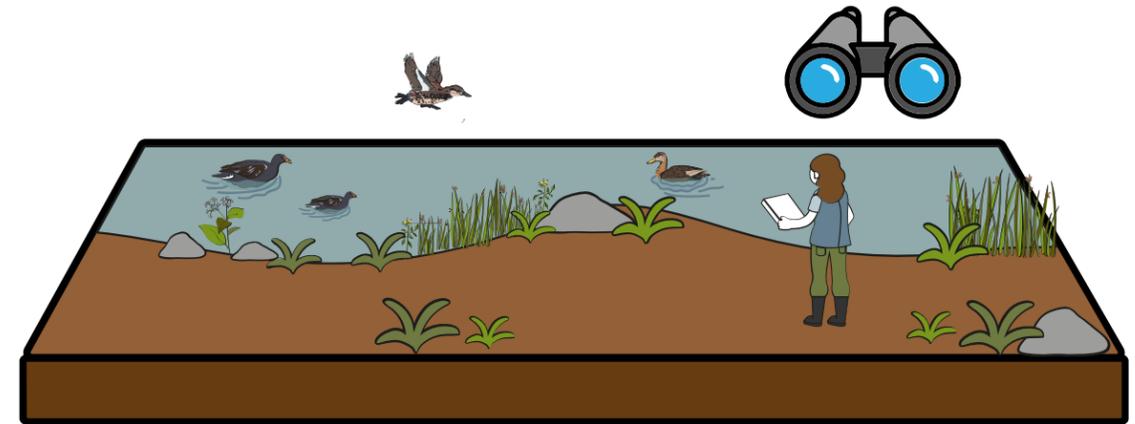


Para el conteo de aves se pueden utilizar dos tipos de muestreo:

Censo por área

Para los sitios pequeños o bien delimitados:

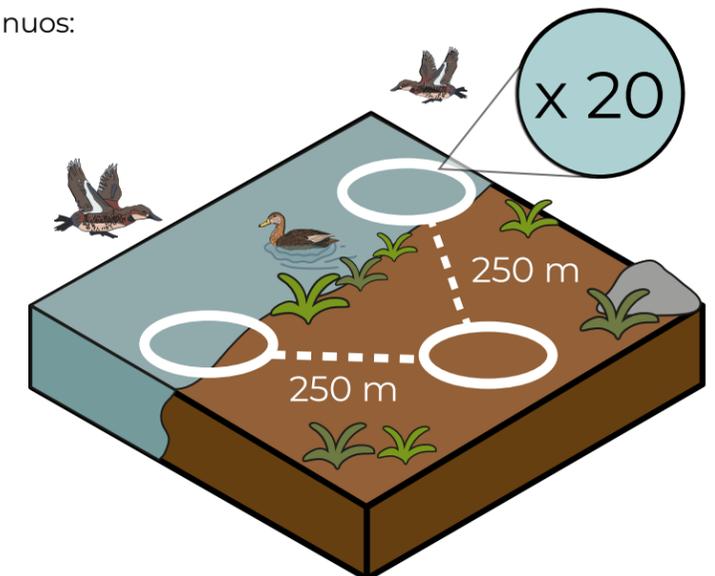
- 1 Realice un censo completo intensivo de todas las aves que observe de un sitio.
- 2 Registre datos (página 77).



Puntos de conteo de dos bandas

Para aquellos sitios con hábitats continuos:

- 1 Establezca 20 puntos de conteo por sitio separados entre sí por 250 m.
- 2 Se pueden posicionar los puntos de conteo sobre un transecto en línea o se puede hacer la selección al azar, pero cuidando que se respeten los 250 m entre punto y punto.



3 Al llegar a cada punto de conteo, espere 2 minutos antes de empezar a registrar las aves observadas, ya que la presencia humana puede perturbar a las aves y se debe esperar a que se adapten a su presencia.

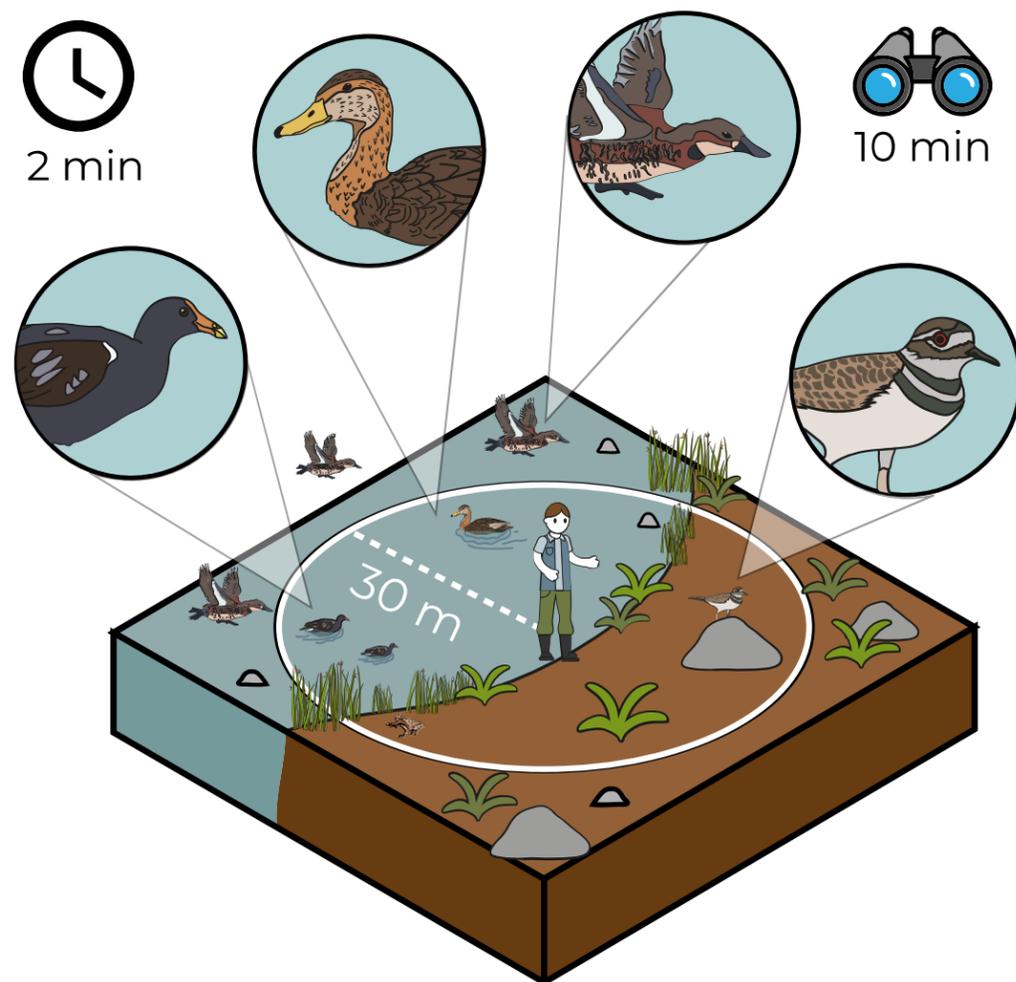
4 Pasados los 2 minutos, con ayuda de binoculares registre los individuos que observe durante 10 minutos.

5 Indique con apoyo de guías de campo para una correcta identificación si corresponde a una especie migratoria o residente, así como el número de individuos por especie en un radio de muestreo de 30 m.

6 Especifique si fue un registro de identificación visual o acústico.

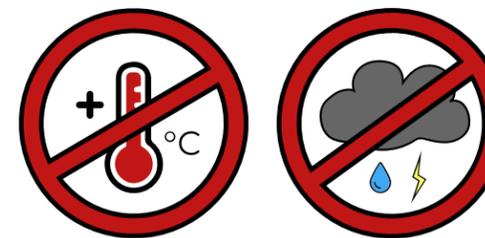
7 Registre datos.

Es importante mencionar que debido a que los cuerpos de agua son sitios sumamente importantes para la fauna en general, durante el monitoreo de aves se podrán observar no solamente aves acuáticas sino también otras que visitan estos cuerpos para alimentarse o tomar agua. En este sentido, es necesario que además de las aves acuáticas indique la presencia de otras aves que están haciendo uso del cuerpo de agua.



Datos a registrar:

- **Coordenadas de los puntos de conteo:** tome las coordenadas del centro del punto de conteo
- **Nombre:** asigne a cada punto un nombre corto que refleje la localidad y el número de punto
- Localidad
- Hora de inicio y final
- Número de individuos por especie (nombre científico) observados por punto
- Indique si corresponde a una especie migratoria o residente
- Tipo de observación
- Para cada individuo observado, indique qué actividad se encuentra realizando (alimentándose, descansando, vuelos de cortejo, anidando o reproduciéndose).
- Si el individuo se encuentra alimentándose registre el tipo de alimento: insectos, peces, frutas, néctar, carroña, organismos del sedimento, entre otros
- Observaciones relacionadas con el monitoreo (presencia de especies exóticas-invasoras, algún tipo de perturbación del hábitat, estado del tiempo, comportamientos no identificados en las aves, entre otros)
- Fotografías de las especies observadas durante el monitoreo



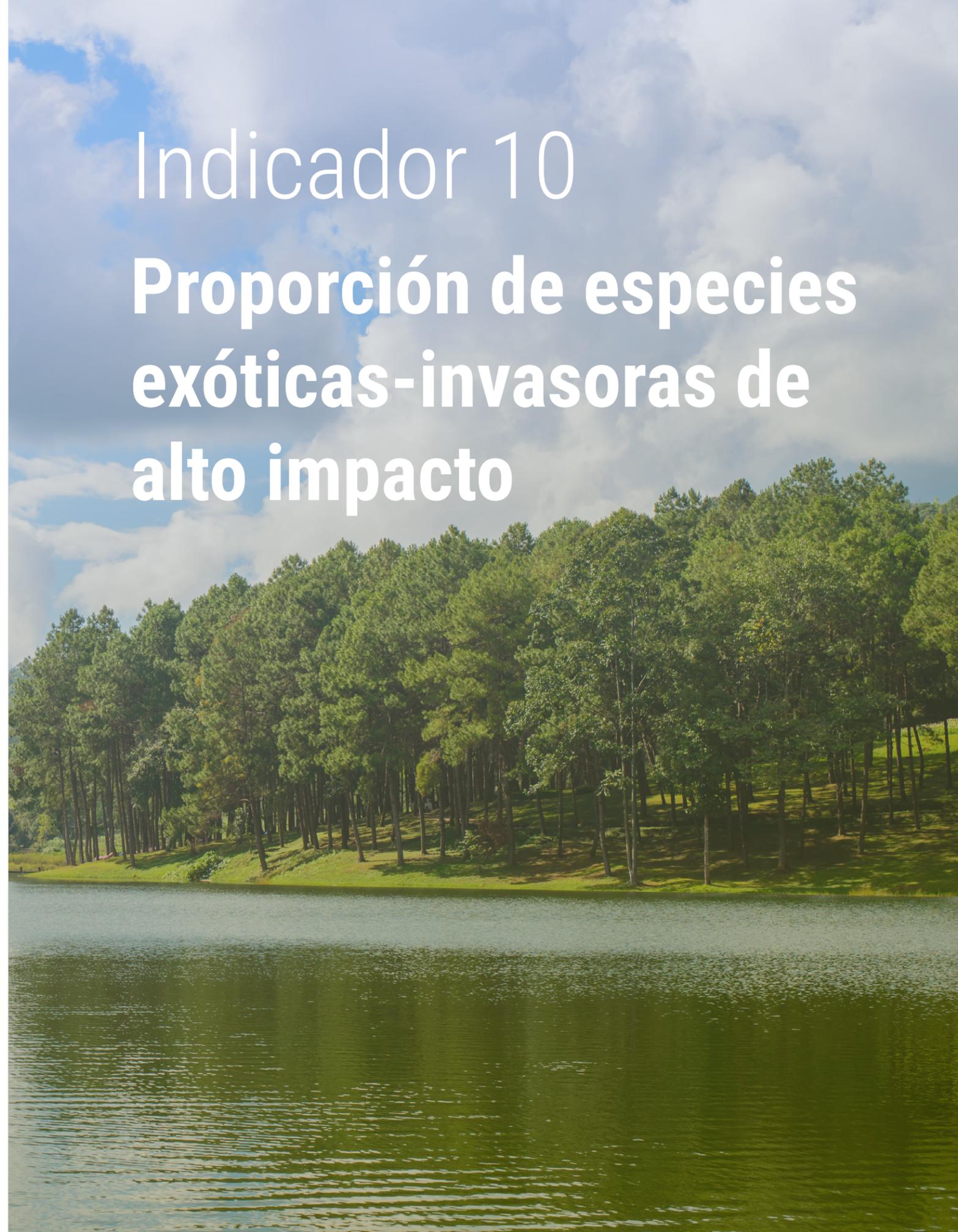
Nota importante: no realizar el monitoreo en condiciones adversas, como lluvia, neblina o temperaturas extremas, si se decide implementar bajo estas condiciones deberá mencionarlo cuando haga el registro.

Basado en:

- American Ornithologists' Union (aou) (1998). Check-list of North American birds. 7th ed. American Ornithologists' Union.
- Arizmendi, M. C. (2001). Multiple ecological interactions: nectar robbers and hummingbirds in a highland forest in Mexico. *Canadian Journal of Zoology* 79:997-1006.
- Gill, F. y Donsker, D. (eds.) (2013). IOC World Bird Names (version 3.4). <https://www.gbif.org/dataset/db251eaf-ccc4-4249-9ae1-ba7546dc1681/metrics>
- Navarro-Sigüenza, A. G., Rebón-Gallardo, M. F., Gordillo-Martínez, A., Peterson, A. T., Berlanga-García, H., y Sánchez-González, L. A. (2014). Biodiversidad de aves en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 476-495.
- Ruiz-Gutiérrez, V., Berlanga, H.A., Calderón-Parra R., Savarino-Drago, A., Aguilar-Gómez, M. A. y Rodríguez-Contreras, V. (2020). Manual Ilustrado para el Monitoreo de Aves. PROALAS: Programa de América Latina para las Aves Silvestres. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad /Iniciativa para la Conservación de las Aves de Norte América, México y Laboratorio de Ornitología de Cornell Ciudad de México e Ithaca N. Y. 104 pp.
- Şekercioğlu, C. H., Daily, G. C. y Ehrlich, P. R. (2004). Ecosystem consequences of bird declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101:18042-18047.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación) (2013). Propuesta de Indicadores para el Programa de Monitoreo Ecológico en el Ámbito de Ecosistemas de Aguas Continentales. <https://canjeporbosques.org/wp-content/uploads/2017/07/Informe-Final-1.pdf>

Indicador 10

Proporción de especies exóticas-invasoras de alto impacto



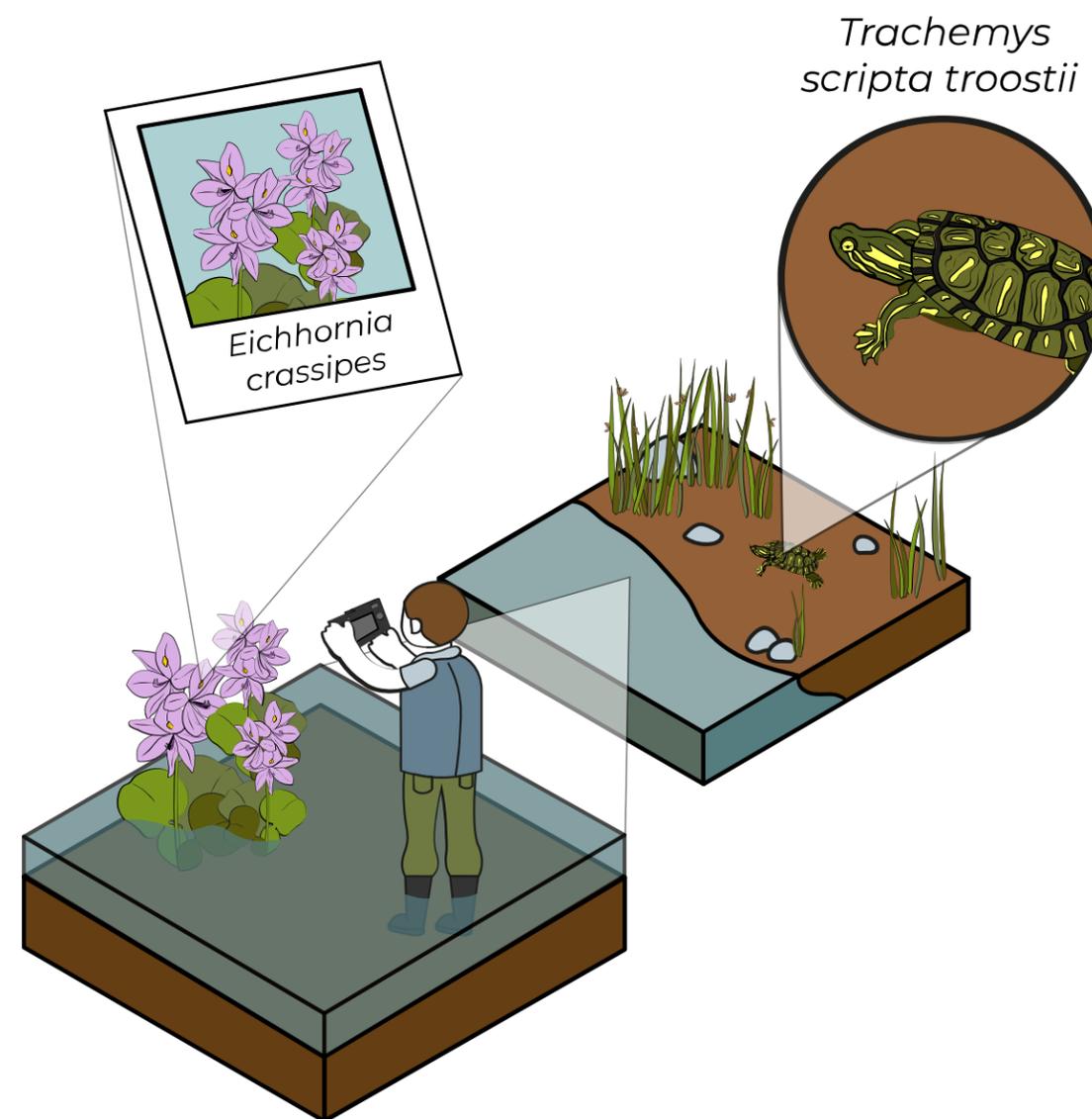
1 La medición de este indicador se llevará a cabo durante el monitoreo de los distintos componentes de vegetación, fauna y estado de conservación del cuerpo de agua.

2 En caso de registrar la presencia de alguna especie exótica-invasora durante el monitoreo, tome fotografías.

3 Registre datos.

Datos a registrar:

- Sitio
- Coordenadas geográficas del avistamiento de la especie
- Nombre científico (si lo conoce) o común
- Número de individuos observados
- Fotografías del individuo
- Observaciones generales del avistamiento: actividad (alimentación, forrajeo, reproducción, descanso, entre otras), tipo de vegetación, entre otras



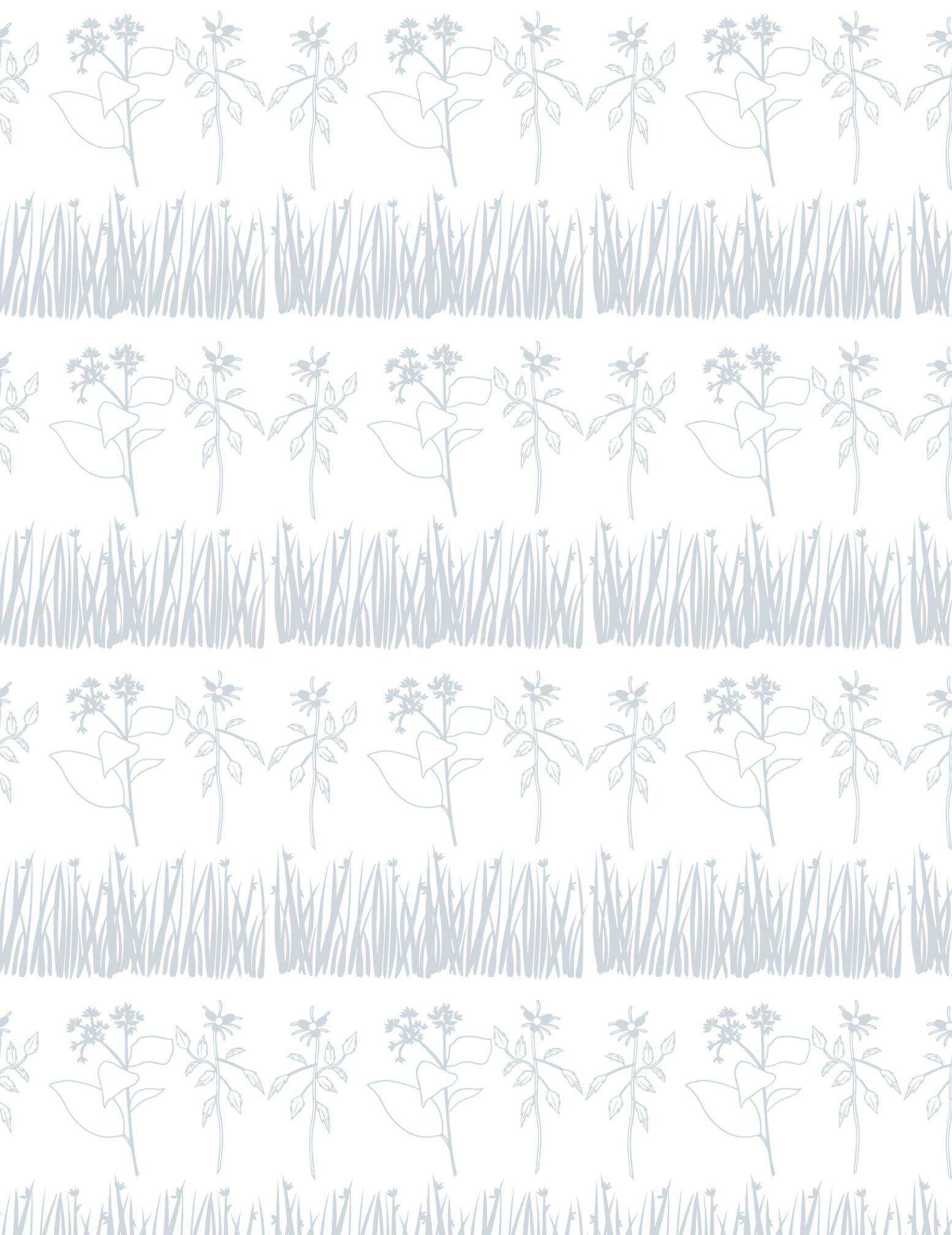
Basado en:

- 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.
- Woodley, S. (2010, enero). Integridad ecológica y parques nacionales de Canadá. En *The George Wright Forum* (vol. 27, núm. 2, págs. 151-160). Sociedad George Wright.

Indicador 11

*Composición de la vegetación riparia





1 A lo largo de 80 m del cuerpo de agua, seleccione 2 parcelas rectangulares de 40 x 20 m.

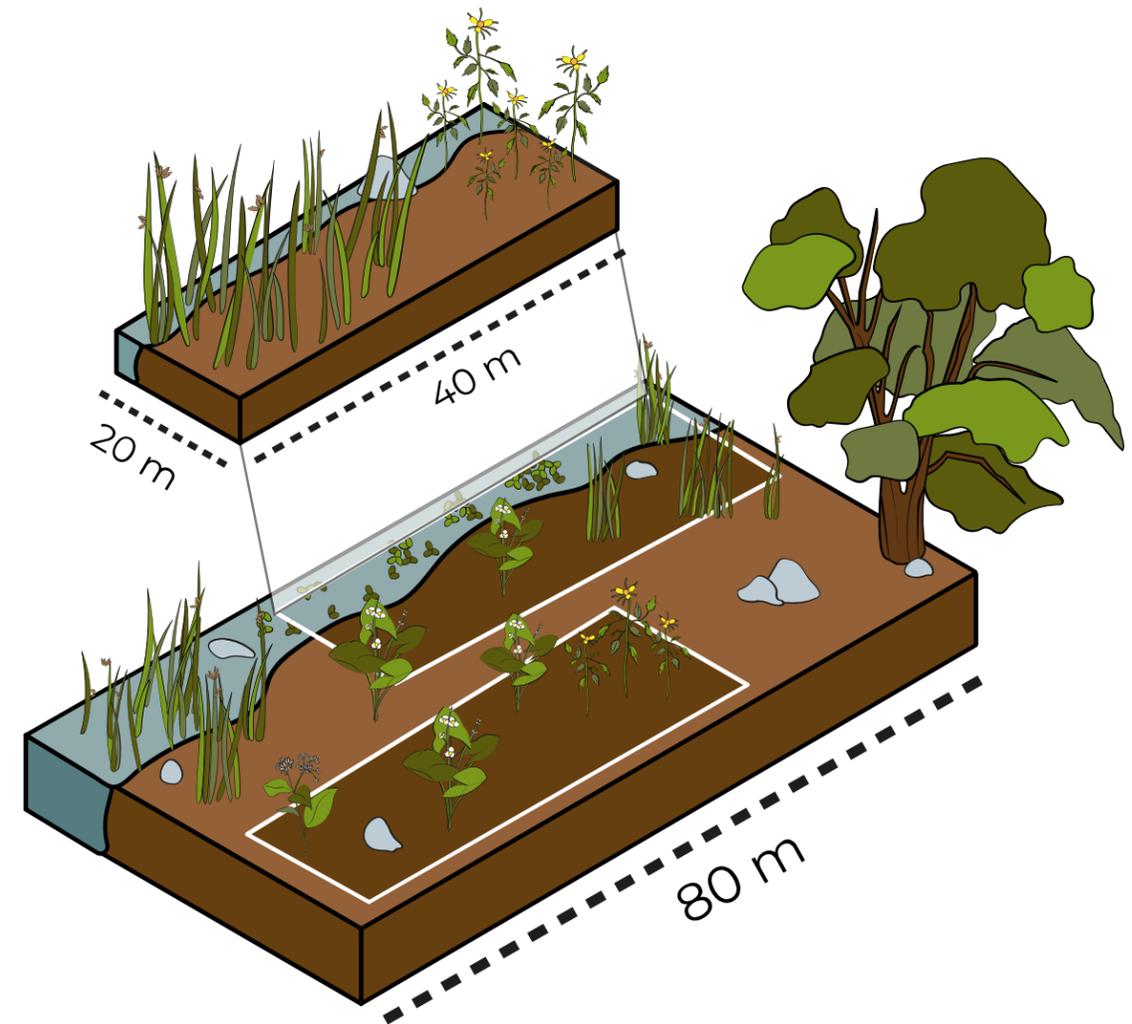
2 Realice un barrido de toda el área, contabilizando el total de organismos arbóreos y arbustivos presentes.

2 En caso de contar con el permiso de colecta correspondiente, utilice una prensa botánica para herborizar especímenes que preferentemente tengan flor y/o fruto para su determinación.

3 Registre datos.

Datos a registrar:

- Parcela a la que pertenece
- Coordenadas (al centro)
- Género/ especie (si se conoce) o nombre común
- **Tipo de planta:** arbusto, árbol, liana, bejuco, caña, cactácea, palma, entre otros
- **Número de individuos de la misma especie por altura:** 0.25 a 1.50 metros, 1.51 a 2.75 metros, más de 2.75 metros
- Porcentaje de cobertura
- **Vigor:** salud y fuerza del individuo (buena, regular, mala)
- Observaciones

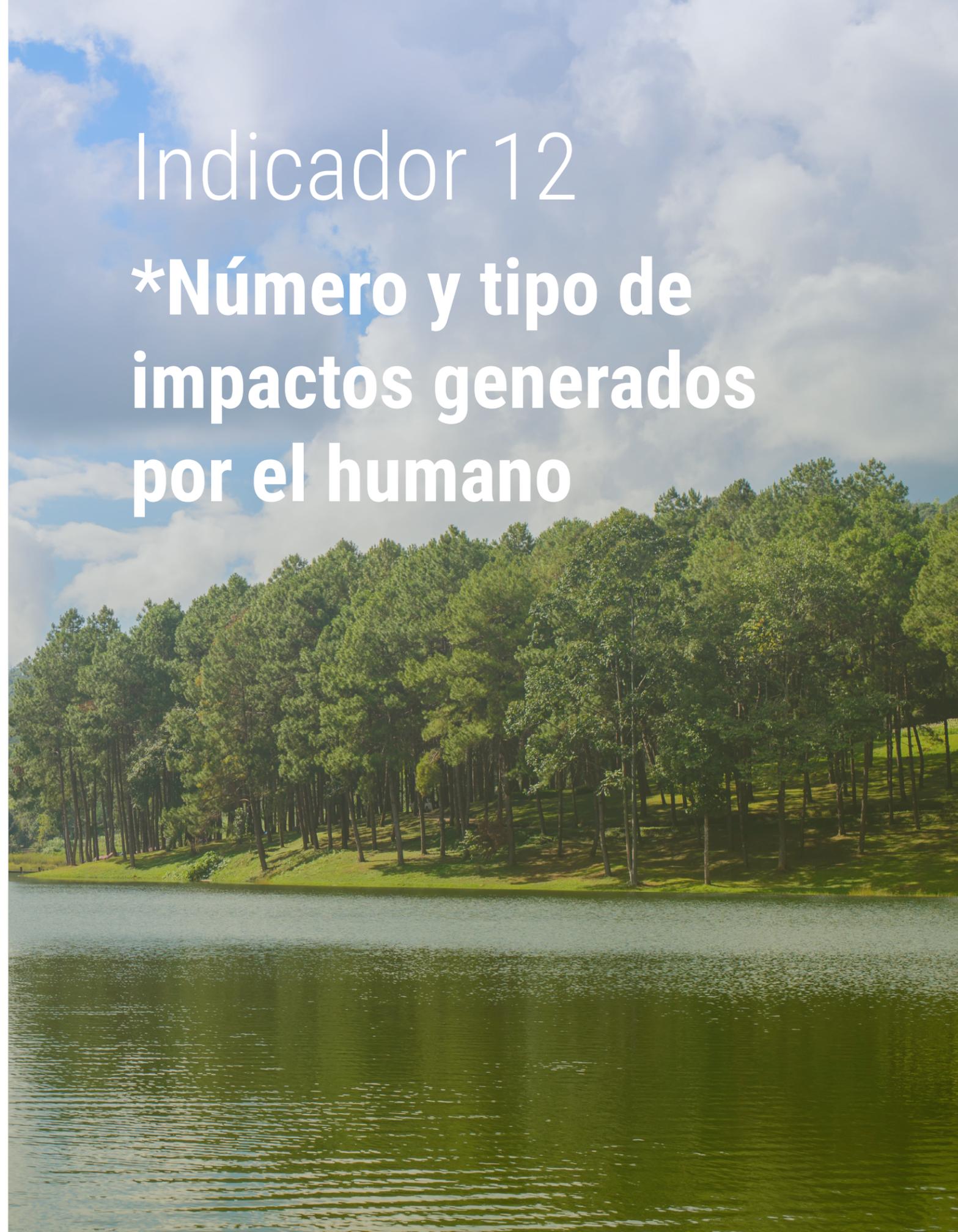


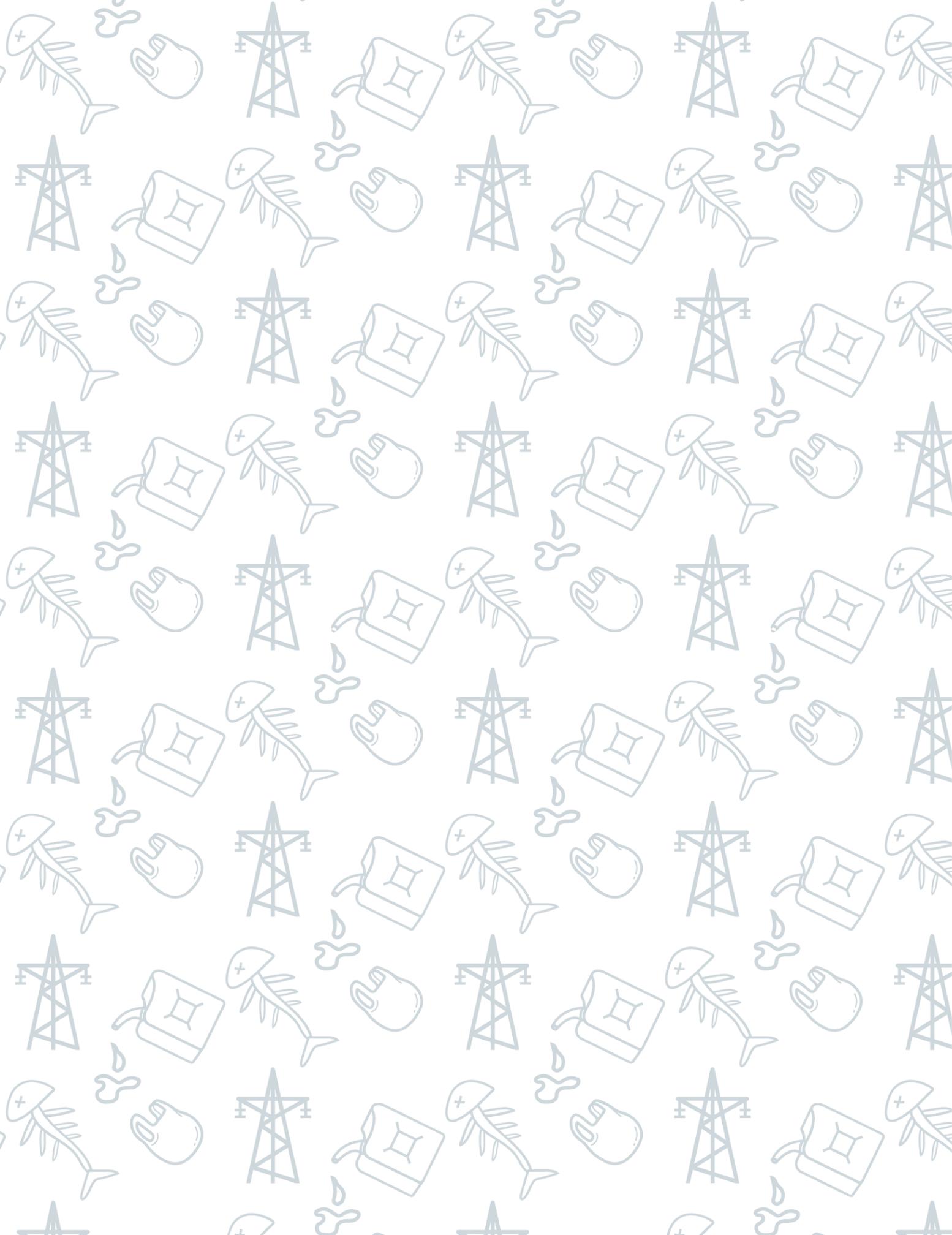
Basado en:

- Arcos, I. (2005). Efecto del ancho los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sesesmiles, Copán, Honduras: Tesis de Maestría, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba. 104 p.
- Blinn, R. y Kilgore, A. (2001). Riparian Management Practices. *JOURNAL OF FORESTRY* Vol. 8, USA, Pp. 11-17.
- Boutin, C., Jobin, B., y Bélanger, L. (2003). Importance of riparian habitats to flora conservation in farming landscapes of southern Québec, Canada. *Agriculture, ecosystems and environment*, 94(1), 73-87.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2018). Inventario Nacional Forestal y de Suelos Informe de Resultados 2009-2014. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2018/CD002905.pdf>
- Lorion, C. M., y Kennedy, B. P. (2009). Relationships between deforestation, riparian forest buffers and benthic macroinvertebrates in neotropical headwater streams. *Freshwater biology*, 54(1), 165-180.
- Olson, H.; Chan, S.; Weaver, G.; Cunningham, P.; Moldenke, A.; Progar, R.; Muir, P.; McCune, B.; Rosso, A.; Peterson, E. (2000). Characterizing stream riparian upslope habitats and species in Oregon managed headwater forests. International conference on riparian ecology and management in multi-land use watersheds. U.S. American Water Resources Association. Parks and Wildlife Commission of the Northern Territory. Australia. *Journal of Biogeography* 27: 843-868.
- Robins, J. D. y J. R. Caín (2002). La condición pasada y presente de la cuenca de Marsh Creek. Instituto del Patrimonio Natural, Berkeley, 71 p.

Indicador 12

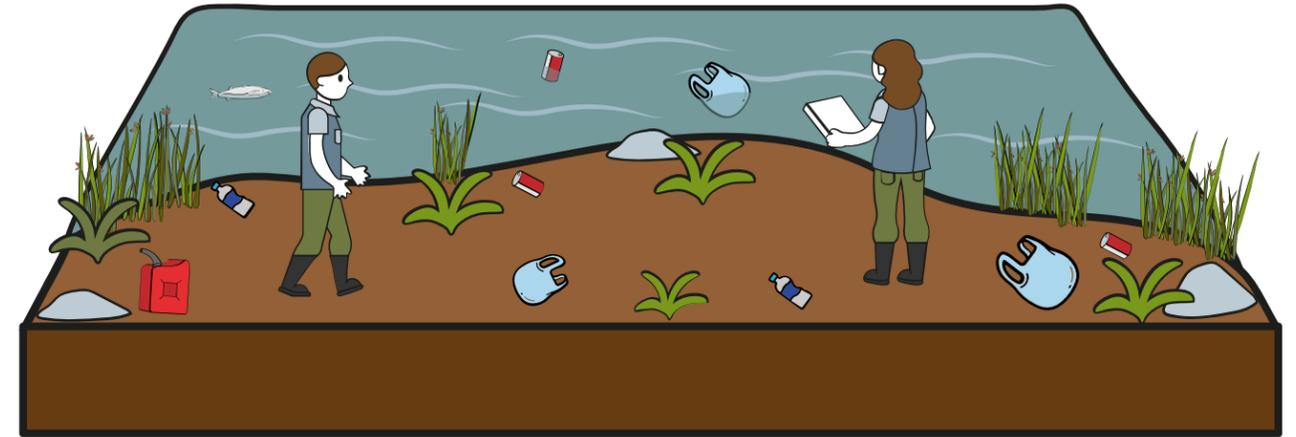
*Número y tipo de impactos generados por el humano





Para el monitoreo de este indicador:

- 1 Realizar recorridos a pie a lo largo del perímetro del cuerpo de agua.
- 2 Observar detenidamente las condiciones que se presenten.
- 3 En caso de que detecte algún impacto de origen antrópico en el ecosistema registre datos.



Datos a registrar:

- Coordenadas del sitio
- **Tipo de impacto:** cambio de uso de suelo, pastoreo, líneas eléctricas, residuos sólidos (basura), residuos líquidos (derrames de alguna sustancia), presencia de aguas residuales, extracción de agua, parcelas agrícolas cercanas donde se utilicen fertilizantes y pesticidas, presencia de infraestructura hidráulica, extracción de materiales, entre otras
- Si el impacto se presenta en el cuerpo de agua o en la vegetación ribereña
- Grado de afectación (ver tabla 4)
- Observaciones

No perceptible	Cuando aun estando presente, el daño no afecta la integridad del cuerpo de agua
Menor	Cuando los efectos negativos causados a los recursos no son permanentes y se pueden recuperar sin intervención del hombre
Mediana	Cuando los daños a los recursos no son permanentes, pero sí se requiere de la intervención del hombre para controlar el proceso de degradación
Mayor	Impactos mayores que han afectado los recursos de tal manera que, para su recuperación, son necesarias medidas de restauración durante un tiempo considerable

Tabla 4. Grado de afectación.

Con respecto al factor de presión de turismo, registre la siguiente información:

Datos a registrar:

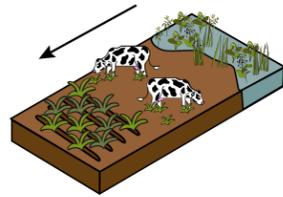
- Coordenadas de los puntos donde se observen impactos derivados de las actividades turísticas
- Número de turistas/días presentes
- **Tipo de impacto:** residuos sólidos (basura), residuos líquidos (derrames de alguna sustancia), daño en fauna, daño en la vegetación, entre otros
- **Caracterización del impacto:** deberá describir de manera detallada el tipo de impacto observado y de ser posible su extensión o cobertura
- Observaciones

Los recorridos a pie pueden complementarse o sustituirse mediante el uso de drones, los cuales deberán de realizar sobrevuelos en los cuerpos de agua para detectar la presencia de alguna perturbación. Estos sobrevuelos facilitarán determinar la escala espacial en la que se presentan las perturbaciones y algunas fuentes causales que en campo a veces no se pueden identificar.

Por otra parte, para lograr un monitoreo más eficiente con respecto a los efectos del turismo en los cuerpos de agua, se recomienda buscar la organización y coordinación entre autoridades del ANP y los prestadores de servicios turísticos para el acuerdo del llenado de una bitácora, en la cual se registre el número de turistas que entran a las áreas naturales por día (en periodos de alta visitación).

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, México.



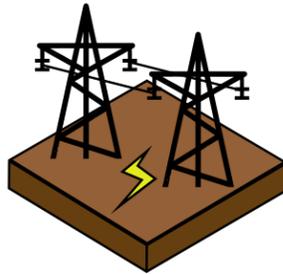
Cambio de uso de suelo



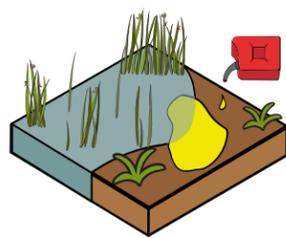
Pastoreo



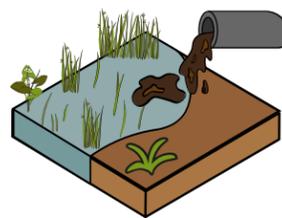
Residuos sólidos



Líneas eléctricas



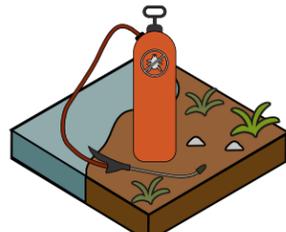
Residuos líquidos



Presencia de aguas residuales



Extracción de agua



Presencia de fertilizantes y pesticidas



Presencia de infraestructura hidráulica



Hojas de registro para el monitoreo
de indicadores de los ecosistemas

cuerpos lénticos
(lagunas, lagos y manantiales)

													Coordenadas del impacto	Nombre de monitor			
														Hora (inicio 0-24 hrs)	Localidad		
													Número de turistas/días presentes	ANP			
														Hora (fin 0-24 hrs)	Fecha (día/mes/año)		
													Tipo de impacto	Estado del tiempo			
													Caracterización del impacto		Observaciones		
																/	/

Recomendaciones

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

- 1 No colectar a menos que sea extremadamente necesario.
- 2 Para realizar las colectas/capturas se requiere de permisos de colecta expedidos por SEMARNAT a través de trámite 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>
- 3 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 observar tendencias.
- 4 Se debe realizar una planeación previa para la selección de los sitios de muestreo.
- 5 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.
- 6 En caso de no poder identificar a los organismos, tomar la mayor cantidad de fotos para una identificación posterior.
- 7 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.
- 8 Para evitar el riesgo de accidentes con especies de importancia médica y prevenir la transmisión de enfermedades y parásitos, se recomienda utilizar el equipo necesario para la manipulación de la fauna silvestre, así como su correcta desinfección.

Agradecimientos

Agradecemos la participación de las personas que contribuyeron al enriquecimiento y elaboración del protocolo de bosques y selvas:

- Alejandra Calvo Fonseca
- Amantina Lavalle
- Catalina Martínez Silva
- Eduardo Soto Montoya
- Elva Ivonne Bustamante M.
- Ignacio J. March Mifsut
- Jorge Brambila Navarrete
- Juan Manuel Salazar Torres
- Katya Andrade Escobar
- Maira Abigail Ortíz Cordero
- Marisol Amador Medina
- Martha Judith Román R.
- Oscar Rangel Aguilar
- Ulises Torres García

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](#).

