

Protocolo para el monitoreo ecosistémico de **humedales** (pantanos, aguadas, ciénegas, marismas, zonas inundables, y charcas) en Áreas Naturales Protegidas

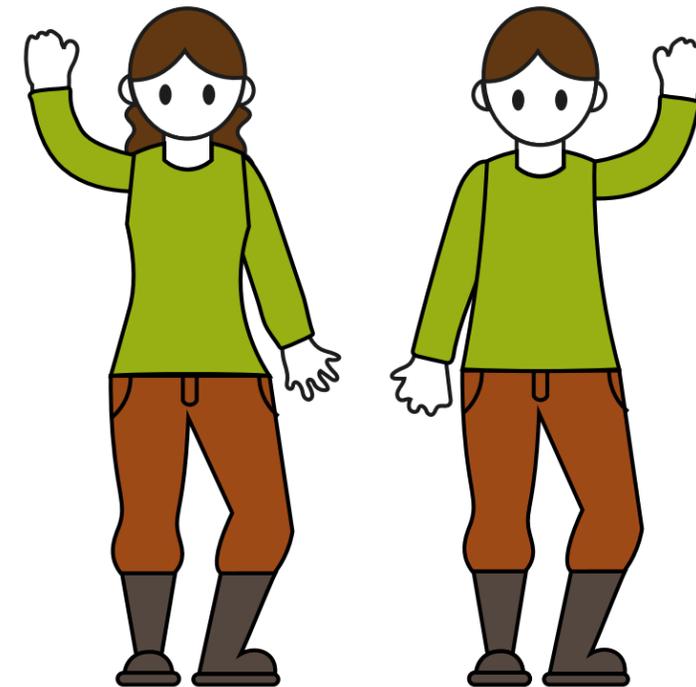


México, 2022

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



Protocolo para el
monitoreo ecosistémico de
humedales
(pantanos, aguadas, ciénegas,
marismas, zonas inundables, y charcas)
en Áreas Naturales Protegidas



México, 2022

Primera edición digital: 17 de octubre del 2022

Fotografías: "Humedales ecológicos" [fotografía], por HelloRF Zcool, ID: 509654437, 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 humedales (pantanos, aguadas, ciénegas, marismas, zonas inundables y charcas) 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
humedales
(pantanos, aguadas, ciénegas,
marismas, zonas inundables, y charcas)
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 la transparencia del agua (coeficiente de atenuación de la luz)	20
Hoja de registro	108
Indicador 2 	
*Estado trófico de los cuerpos de agua	23
Clorofila α	25
Nutrientes	26
Hoja de registro	109
Indicador 3 	
*Hidroperiodo	29
Hoja de registro	110
Indicador 4 	
*Niveles de agua en las aguadas	33
Hoja de registro	111
Indicador 5 	
Abundancia de la comunidad planctónica	39
Muestreo con red por arrastre	41
Hoja de registro	112
Indicador 6 	
Composición del perifiton	45
Sustratos duros removibles	47

Sustratos duros no removibles	48
Sustratos blandos	49
Sedimento superficial	49
Preservación y etiquetado de colectas	50
Hoja de registro	113

Indicador 7

*Cobertura de las comunidades de macrófitas (plantas acuáticas) y vegetación sumergida	53
Cuerpo de agua poco profundo	55
I. Especies de pecton	56
II. Especies de plocon y especies flotantes	56
Cuerpo de agua profundo	57
Cuerpo de agua de imposible acceso	58
Cuerpos con aguas turbias, profundas y no aptas para el buceo	58
Hoja de registro	114

Indicador 8

Diversidad de invertebrados, principalmente colémbolos	61
Hoja de registro	115

Indicador 9

*Composición de la comunidad íctica	67
Uso de redes	69
Uso de trampas	70
Hoja de registro	116

Indicador 10

Diversidad de anfibios y reptiles	73
Trampas nasa	76
Captura directa	77

Parcelas	77
Transectos de banda fija	78
Hoja de registro	117

Indicador 11

Composición de la comunidad de aves	81
Censo por área	83
Puntos de conteo de dos bandas	83
Hoja de registro	118

Indicador 12

*Presencia de mamíferos medianos y grandes	87
Fototrampeo	89
Hoja de registro	119

Indicador 13

*Proporción de especies exóticas-invasoras de alto impacto	93
Hoja de registro	120

Indicador 14

*Composición de la vegetación circundante	97
Hoja de registro	121

Indicador 15

*Número de impactos generados por el humano	101
Hoja de registro	122

Recomendaciones	123
-----------------	-----

Agradecimientos	125
-----------------	-----

Introducción

El siguiente protocolo de humedales (pantanos, aguadas, ciénegas, marismas, zonas inundables y charcas) 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.

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

1 Herrera *et al.*, 2004

2 Komar *et al.*, 2014

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

4 Andrello *et al.*, 2021

(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 distintos tipos de personas profesionales (biólogos y biólogas, ingenieros e ingenieras ambientales, entre otros), 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 compuesta 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 revisada para el desarrollo de cada indicador para su consulta.
- Una sección de recomendaciones generales.
- Agradecimientos.
- Un anexo compuesto por los formatos sugeridos de hojas de registro de datos para el monitoreo de los indicadores en campo

Para la evaluación de la integridad ecológica del ecosistema de **humedales (pantanos, aguadas, ciénegas, marismas, zonas inundables y charcas)**, se presentan 15 indicadores a medir: diez indicadores para Composición, dos indicadores para estructura, dos indicadores para función y un indicador de perturbaciones y amenazas. De estos 15 indicadores, con un (*) se indican diez que 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 se 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 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.
- Localidad de toma de datos.
- Nombre del sitio 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. 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				
Elementos 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 cuenta con ella entonces utilice sensores permanentes de temperatura, pH, salinidad y concentración oxígeno disuelto, disco de Secchi, botella Niskin, fibra de vidrio y medidor de TDS	Mensualmente, o de ser posible de manera semanal
Estructura	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)
Función	3. *Hidroperiodo	Sensores de presión permanentes	GPS, sensores de presión permanente y tubos de PVC con tapa	Registro cada dos horas, obtención mensual de datos
Estructura	4. *Niveles de agua en las aguadas	Medición de nivel y espejos de agua	GPS, cámara fotográfica y reglas de madera de 3 m (señalizadas cada 2 centímetros y numerada a cada centímetro)	Mensual
Composición	5. 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 temporada lluviosa y de sequía)
	6. Composición del perifiton	Colecta de sustrato	<p>Fase de campo (colecta de muestras): GPS, formatos de registro impresos, 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

Elementos de integridad ecosistémica	Indicador	Tipo de muestreo	Equipo necesario	Frecuencia de monitoreo
Composición	7. *Cobertura de las comunidades de macrófitas (plantas acuáticas) y vegetación sumergida	Transectos	GPS, formatos de registro impresos, flexómetro, cámara fotográfica y espátula/rastrillo/draga	Cuatro veces al año, tomando en cuenta la época seca, lluviosa y las épocas de transición
	8. *Diversidad de invertebrados, principalmente colémbolos	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
	8. *Diversidad de invertebrados, principalmente colémbolos	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
	9. *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
	10. 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
	11. *Composición de la comunidad de aves	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
	12. *Presencia de mamíferos medianos y grandes	Fototrampeo y transectos	GPS, formatos de registro impresos, cámaras trampa (al menos una), baterías recargables y memoria SD	Dos veces al año durante la temporada seca y lluviosa

Elementos de integridad ecosistémica	Indicador	Tipo de muestreo	Equipo necesario	Frecuencia de monitoreo
Composición	13. Proporción de especies exóticas-invasoras de alto impacto	Recorridos a lo largo de los cuerpos de agua y durante el monitoreo de los vertebrados	GPS, y formatos de registro impresos, libreta de campo	Dos veces al año
	14. *Composición de la vegetación circundante	Parcelas		Dos veces al año durante la temporada seca y lluviosa
Perturbaciones y amenazas	15. *Número de impactos generados por el humano	Recorridos y llenado de bitácoras		Mensual

Tabla 1. Indicadores que requieren trabajo de campo.

•••••
 • **Nota importante:** debido a que el objetivo de este protocolo es realizar un muestreo estandarizado, es importante que el esfuerzo de muestreo se mantenga para el caso particular de cada indicador. Además, el indicador de Proporción de especies exóticas-invasoras de alto se monitoreará simultáneamente, es decir, al estar efectuando el monitoreo de otros indicadores podrá detectar al mismo tiempo especies exóticas-invasoras.
 •••••



Indicador 1
**Parámetros
fisicoquímicos
del agua**

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.

Nota: 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

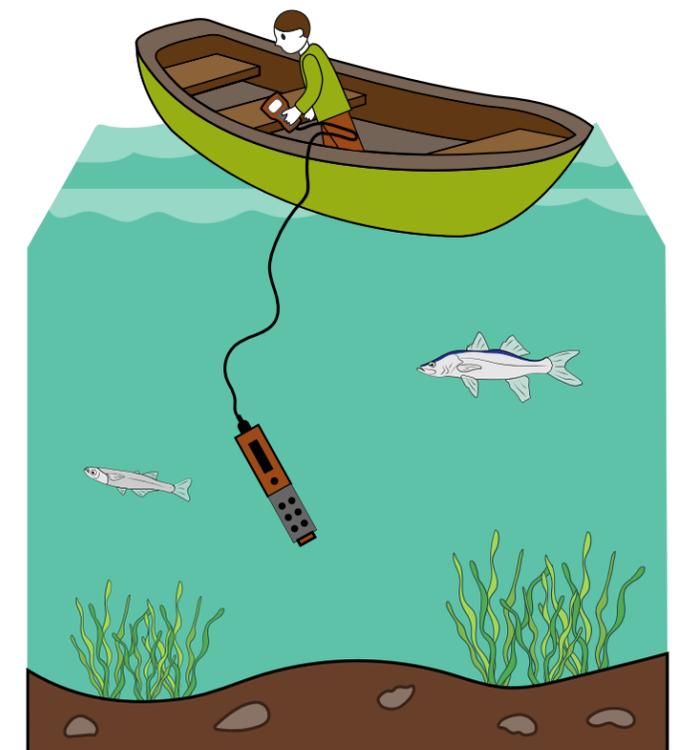
1 Sumerja una sonda multiparamétrica o sondas específicas para cada parámetro hasta una profundidad cercana al fondo y obtenga:

- Temperatura
- Oxígeno disuelto
- pH
- Salinidad

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 humedales (presencia de basura, residuos líquidos, infraestructura hidráulica, actividades humanas, presencia de especies exóticas-invasoras, entre otros)

2 Registre datos.



Medición de la 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.

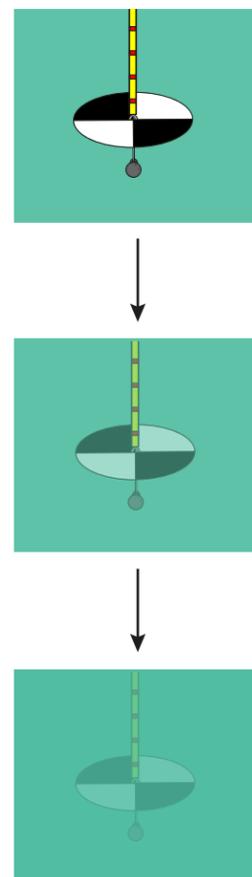
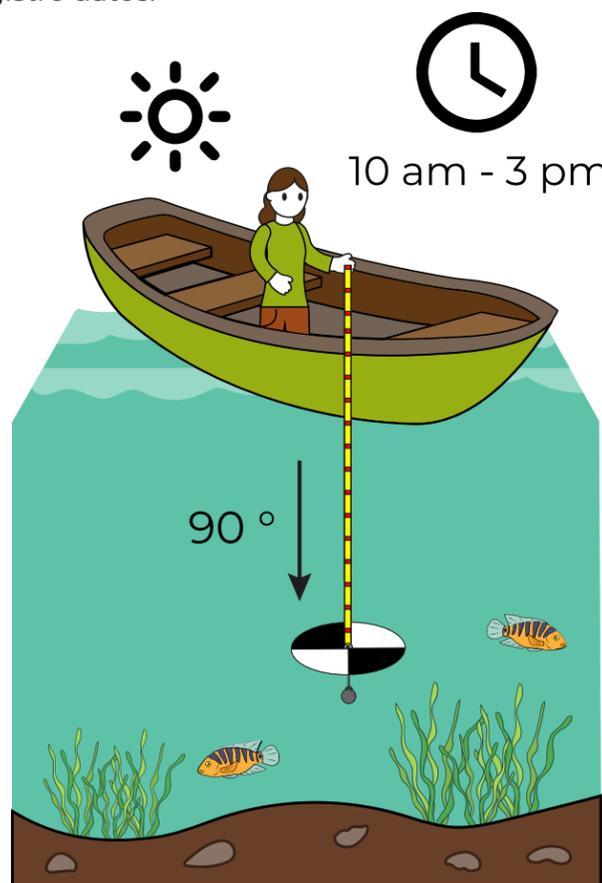
1 Utilice un disco de Secchi que estará unido a una cuerda medrada.

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:

- 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 and Hall. Gran Bretaña. 383.
- 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. 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
- 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>
- 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*. 209 p. <https://canjeporbosques.org/wp-content/uploads/2017/07/Informe-Final-1.pdf>



Indicador 2

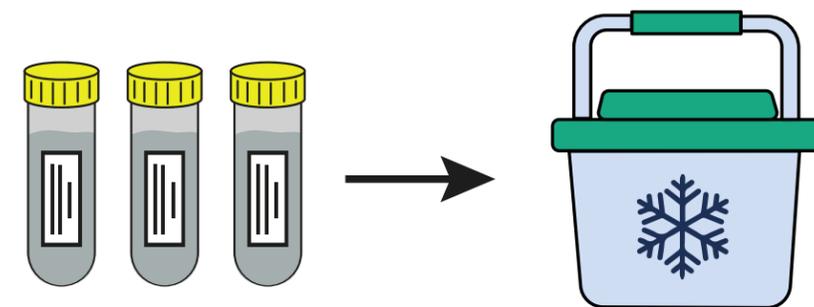
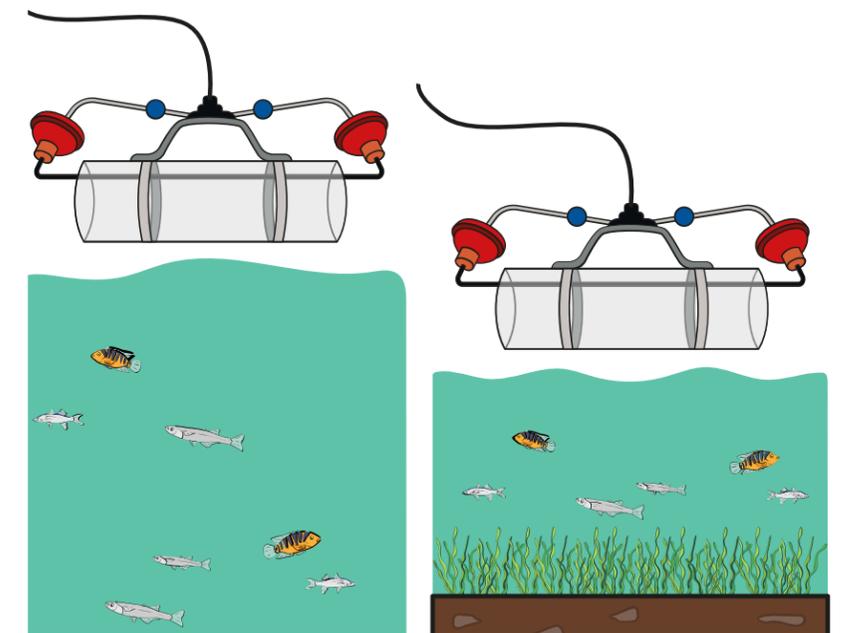
***Estado trófico de
los cuerpos de agua**

Es importante mencionar que para llevar a cabo el análisis del estado trófico de los cuerpos de agua será necesario apoyarse de 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 la 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 a y de los siguientes nutrientes: ortofosfatos, fósforo total, nitrato, amonio, nitrito y nitrógeno total.

Clorofila α

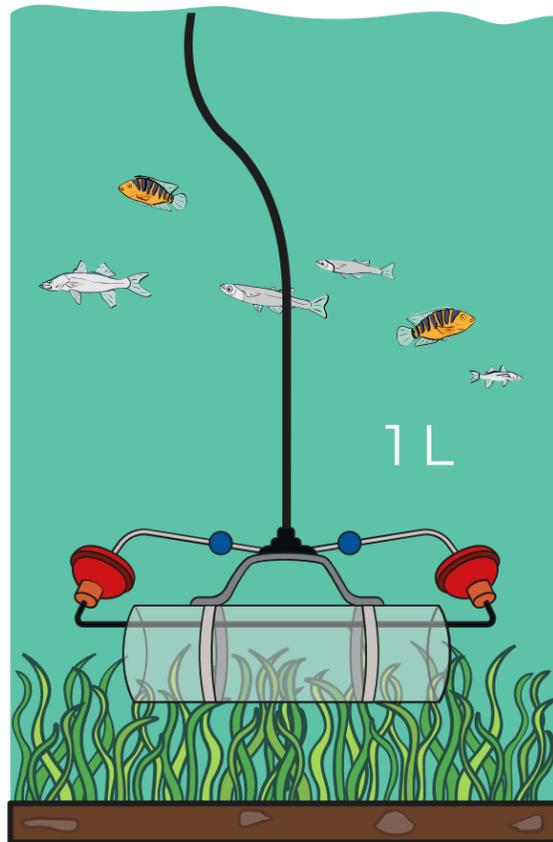
- 1** Con ayuda de una botella Van Dorn tome muestras representativas de agua de 0.5 a 2 L en distintos puntos de la superficie y niveles de profundidad.
- 2** Posteriormente, mantenga las muestras de agua en frío hasta el momento en el que se realice el filtrado.
- 3** Registre datos (página 27).



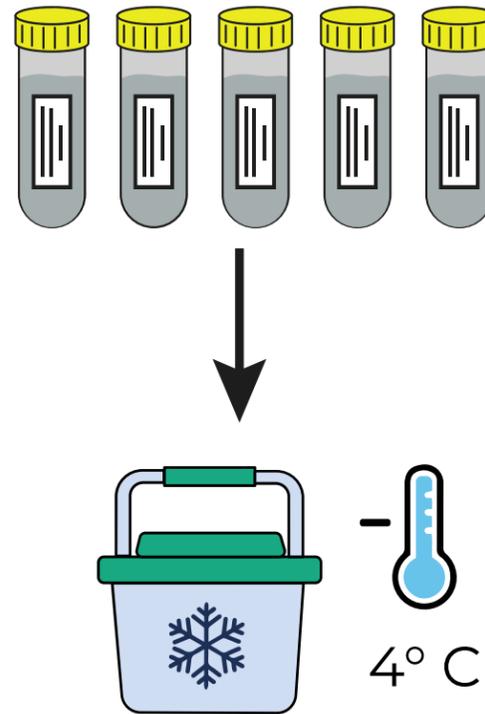
Nutrientes (ortofosfatos, fósforo total, nitrato, amonio, nitrito y nitrógeno total)

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

2 Conserve las muestras en refrigeración a una temperatura de 4 °C hasta su procesamiento.



3 Registre datos.



Evaluación del estado trófico estuarino (modelo *Assessment of Estuarine Trophic Status*)

El modelo *Assessment of Estuarine Trophic Status* (ASSETS por sus siglas en inglés) método 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 marina y florecimientos algales tóxicos y/o nocivos).
- **Respuesta:** acciones de manejo planeadas y expectativas de cambio del Estado.

Datos a registrar:

- Nombre del cuerpo de agua
- Coordenadas geográficas del sitio de muestreo
- 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-GEF-UNIDO.
- Morales-Ojeda S. M., Herrera-Silveira J. A., Montero J. (2010). *Terrestrial and oceanic influence on spatial hydrochemistry and trophic status in subtropical marine near-shore waters*. Water Res. Dec, 44(20):5949-64. doi: 10.1016/j.watres.2010.07.046. Epub 2010 Jul 23. PMID: 20719354.
- Moreno, D. P. M., Manzano, J. Q., y Cuevas, A. L. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *Contactos*, 78, 25-33. <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n78ne/eutrofia2.pdf>
- 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).

Indicador 3

*Hidroperiodo

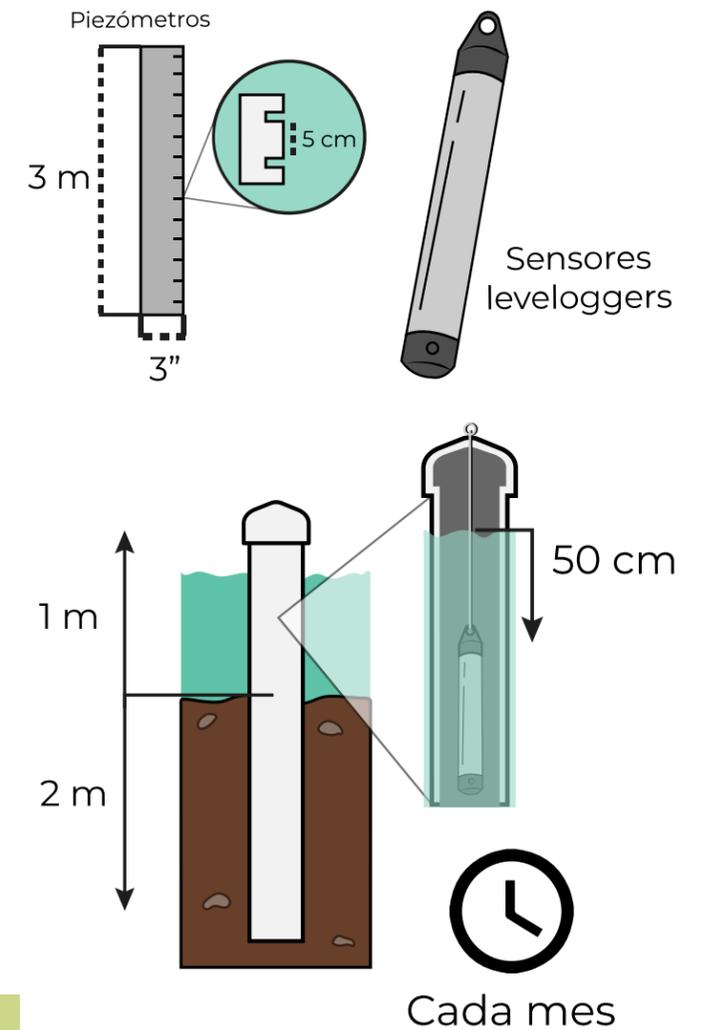




La medición de los niveles del agua en los diferentes humedales se realizará mediante sensores (*levelloggers*), que registran continuamente el nivel del agua a través de cambios en la presión atmosférica (peso de la columna de aire) y el peso del agua. Estos sensores realizarán un monitoreo continuo del hidropereodo.

Para esto, se deben instalar piezómetros. Los piezómetros son tubos de PVC de 3 pulgadas y 3 metros de longitud, ranurados cada 5 cm para permitir el flujo superficial y subsuperficial:

- 1 Entierre dos metros del tubo y deje un metro arriba de la superficie.
- 2 Una vez instalado el piezómetro, coloque una tapa de la cual se debe sujetar el sensor con un alambre o hilo resistente.
- 3 Es importante asegurarse que el sensor esté siempre sumergido dentro del manto freático, colocándolo al menos a 50 cm por debajo del nivel mínimo del manto de agua.
- 4 Los sensores se dejarán de manera permanente, y se recolectarán los datos de manera mensual.
- 5 Registre datos.



Datos a registrar:

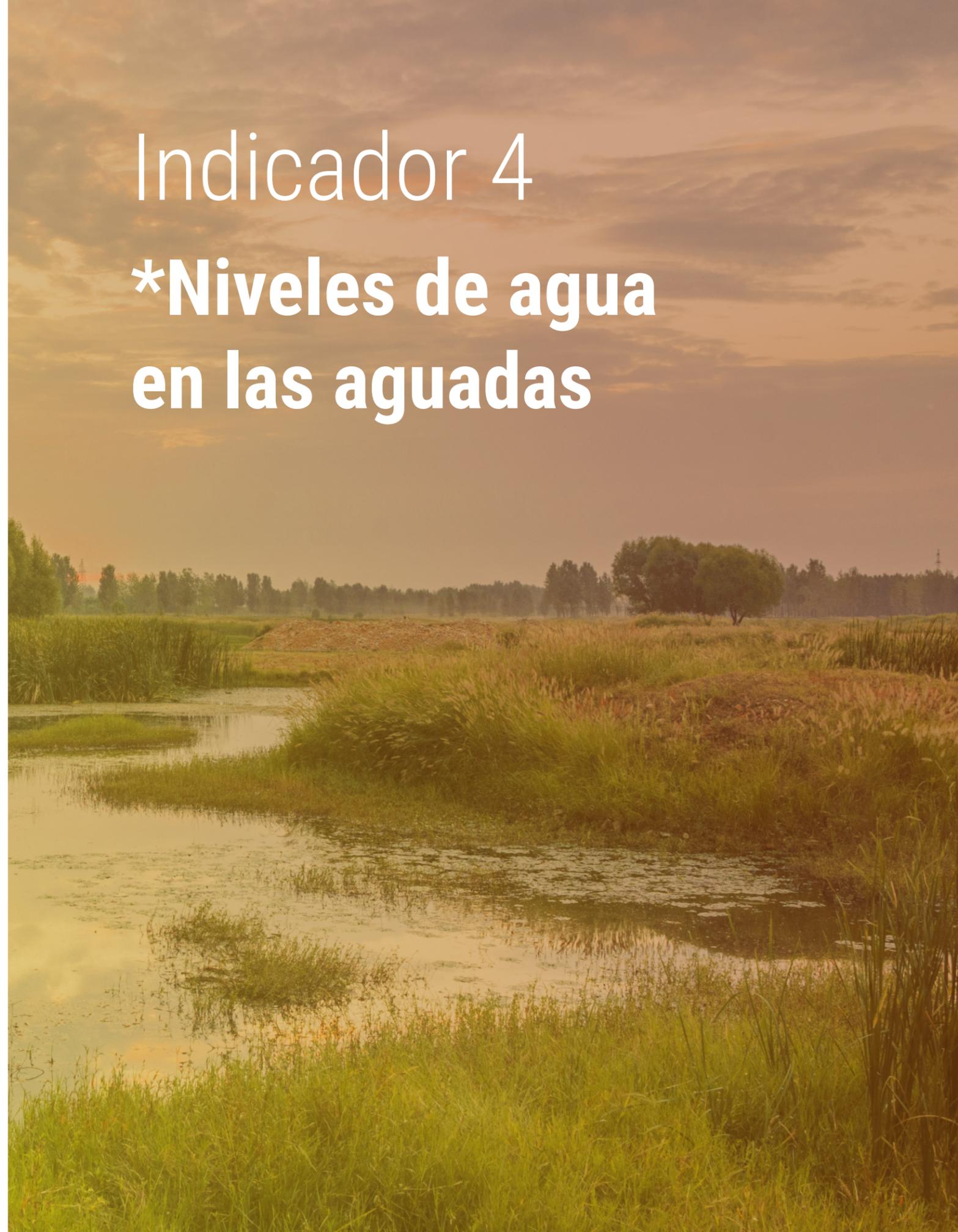
- Hora y fecha de lectura
- Coordenadas geográficas de la estación
- Nivel del agua expresada en centímetros
- Observaciones

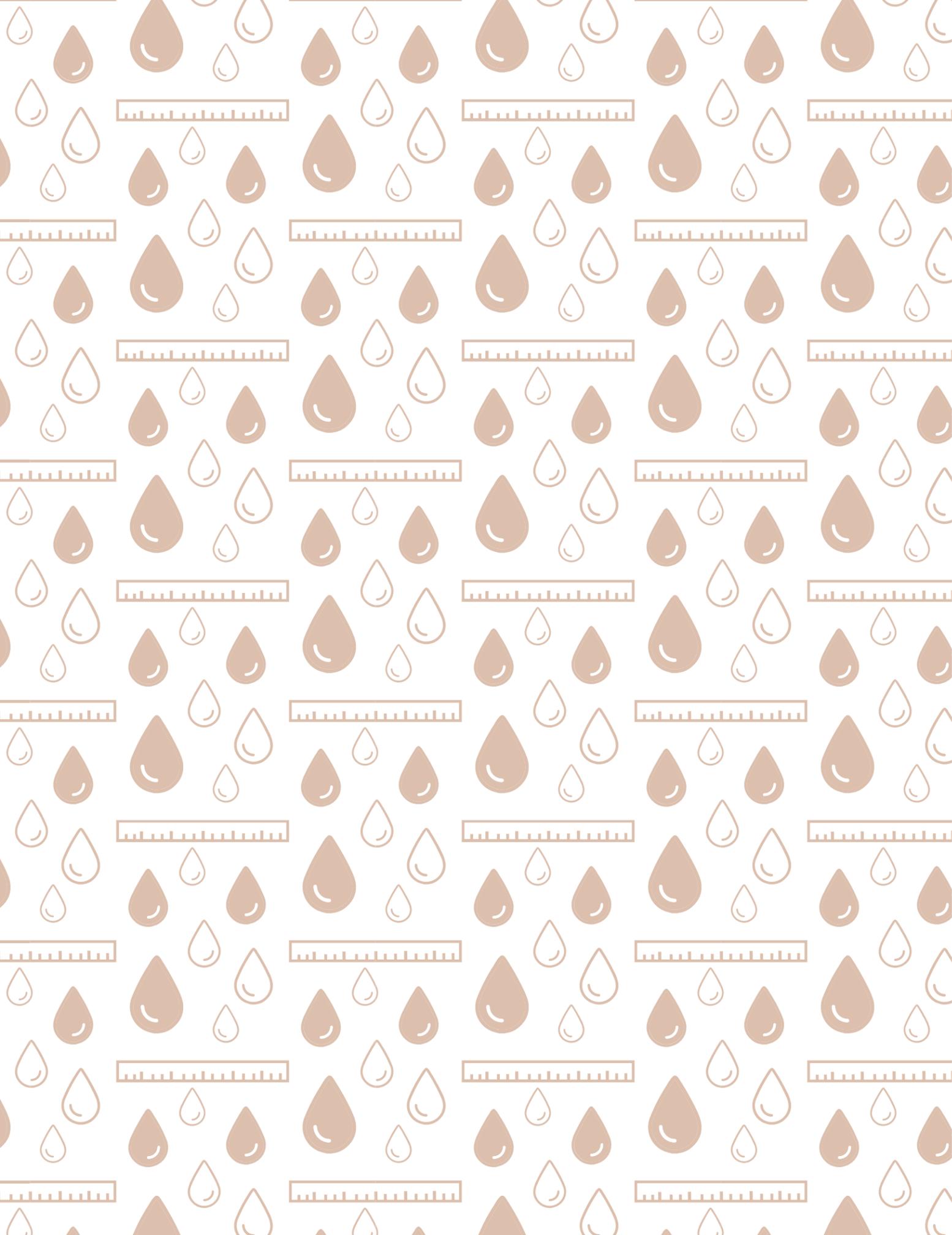
Basado en:

- Betancur-Vargas, T., García-Guiraldo, D., Vélez-Duque, A., Gómez, A., Flórez-Ayala, C., Patiño, J. y Ortiz-Tamayo, J. (2017). Aguas subterráneas, humedales y servicios ecosistémicos en Colombia. *Biota Colombiana*, 18(1), 1-27.
- Guizada, L. (2018). *Integridad ecológica de la cuenca baja del río Tempisque, caso Humedal Protegido Internacional Palo Verde, Costa Rica* (Tesis de Maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Escuela de Posgrado.
- SEMARNAT. (2012). *Los humedales en México. Oportunidades para la sociedad. Cuadernos de divulgación ambiental*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Indicador 4

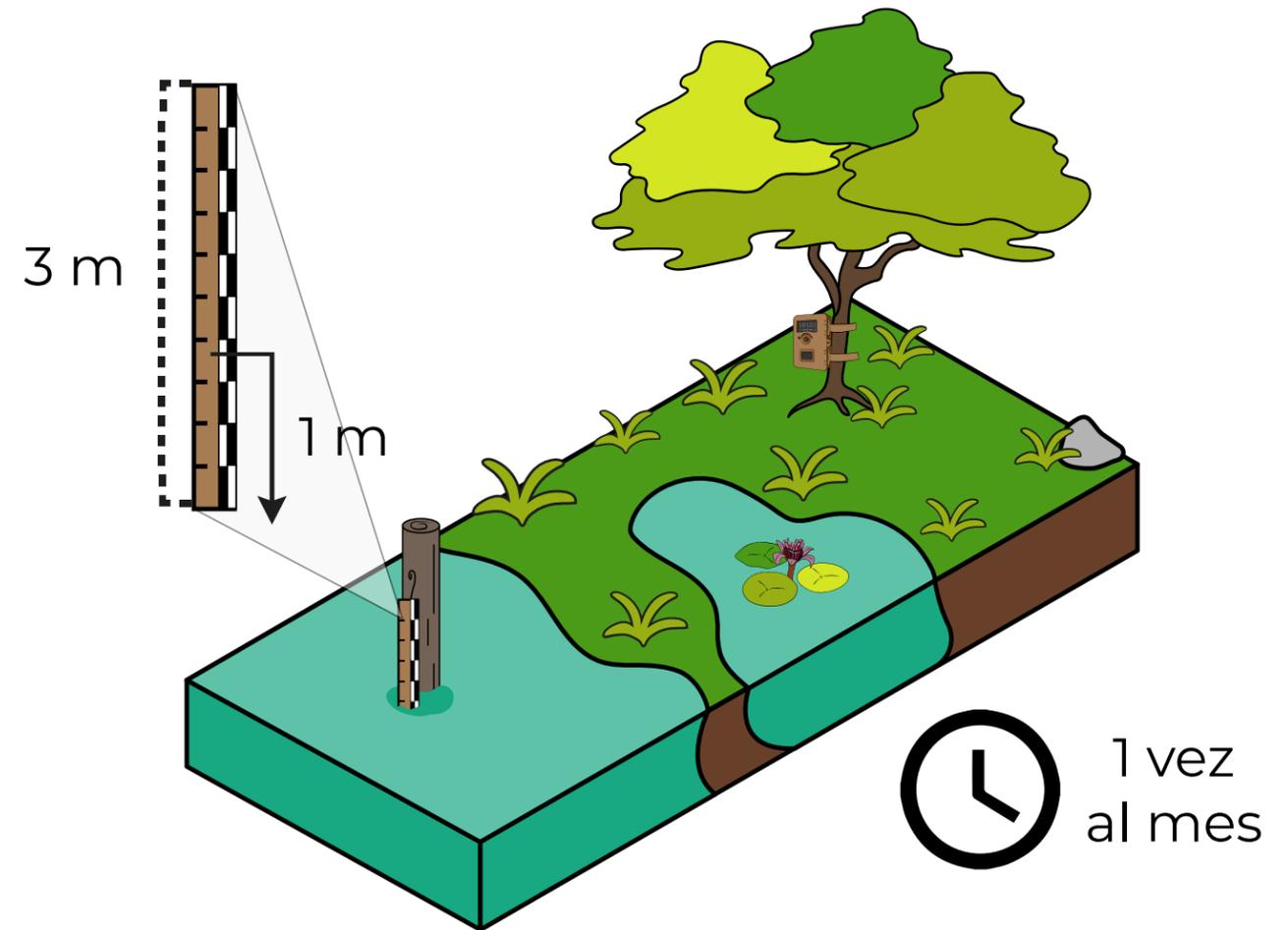
*Niveles de agua en las aguadas





Este monitoreo se recomienda que se realice en las aguadas en las que se lleve a cabo el fototrampeo de fauna asociada a las aguadas.

- 1** Para registrar el nivel del agua, tome una regla de madera de 3 m de altura con escala de 10 cm y entierre 1 m de la regla en la parte más profunda de la aguada.
- 2** Asegure el mantenimiento de la regla a lo largo del tiempo con ayuda de un poste de madera dura. Para ello, sujete la regla al tronco con alambre de amarre galvanizado.
- 3** Los registros de niveles de agua se realizarán lo más frecuente posible, al menos una vez al mes.
- 4** En el caso de que el nivel del agua sea más bajo que el inicio de los números de registro, deberá tomar una fotografía lo más cerca posible de la regla de agua para estimar el registro.



5 En el caso contrario en el que el nivel de la aguada sobrepase la regla de medición, deberá hacer el registro fotográfico que represente este evento.

6 La disponibilidad de agua se estimará mediante el área del espejo de las aguadas, para esto recorra el borde de la aguada y registre el polígono con ayuda de un GPS. Asimismo, con ayuda de una regla metrada o flexómetro, registre la profundidad de la aguada.

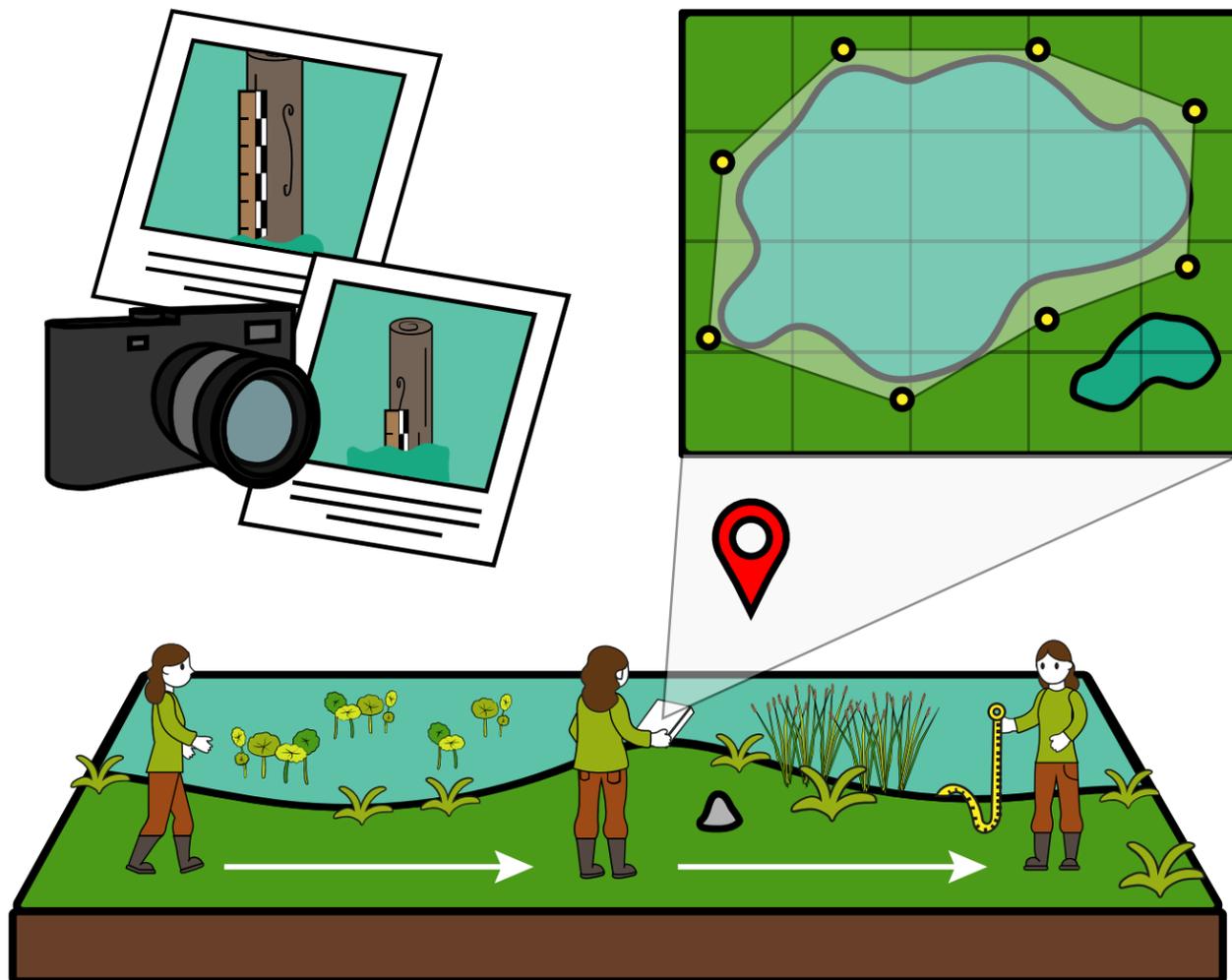
7 Registre datos.

Datos a registrar:

- Fecha de la primera visita registrada en el polígono
- Coordenadas geográficas de la ubicación de la regla enterrada
- Nivel del agua
- Fotografías del nivel del agua
- Área del espejo de la aguada
- Polígono de la aguada
- Tipo de vegetación circundante
- Observaciones

Basado en:

- Moreira-Ramírez, J., Reyna-Hurtado, R., Hidalgo-Mihart, M., Naranjo, E., Ribeiro, M., García-Anleu, R., Mérida, M. y Ponce-Santizo, G. (2016). *Importancia de las aguadas para el pecarí de labios blancos (Tayassu pecari) en la Selva Maya*. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-33642016000100051#B34
- Reyna-Hurtado, R. (2007). *Social Ecology of the White-lipped Peccary (Tayassu pecari) in the Calakmul Forest, Mexico*, (tesis de doctorado). University of Florida.
- Reyna-Hurtado, R., O´Farril, G., Sima, D., Andrade, M., Padilla, A. y Sosa, L. (2010). Las aguadas de Calakmul. Reservorios de vida silvestre y de la riqueza natural de México. *Biodiversitas* 93: 2-6. http://individual.utoronto.ca/georginaofarr/xoxo_ofarrill/Publications_files/Biodiversitas%2093.pdf
- Reyna-Hurtado, R., H. Beck, M. Altrichter, C. A. Chapman, T. R. Bonnell, A. Keuroghlian, A. Desbiez, J. F. Moreira-Ramírez, G. O´Farril, J. Fragoso, y E. Naranjo. (2015). What ecological and anthropogenic factors affect group size in white-lipped peccaries (*Tayassu pecari*)? *Biotropica* 0:1-9.





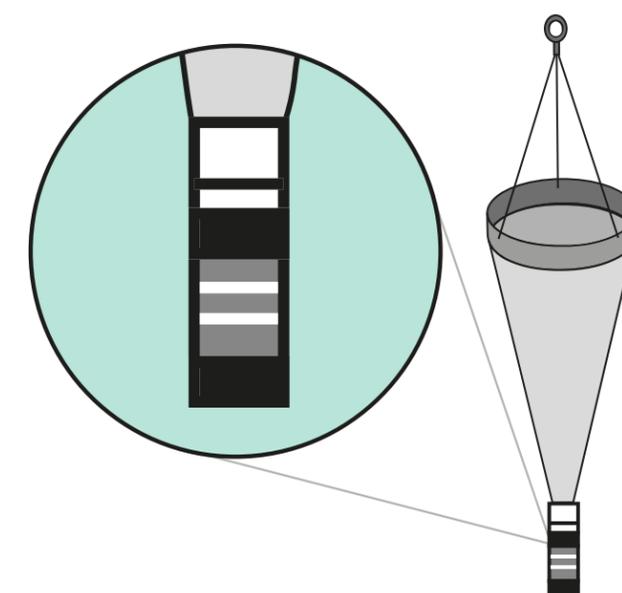
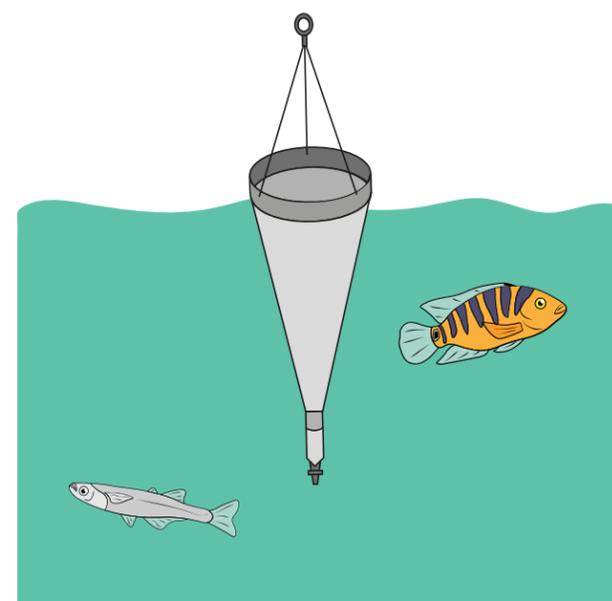
Indicador 5
**Abundancia de la
comunidad planctónica**

Debido a lo complejo 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 o con Asociaciones de la Sociedad Civil. 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.

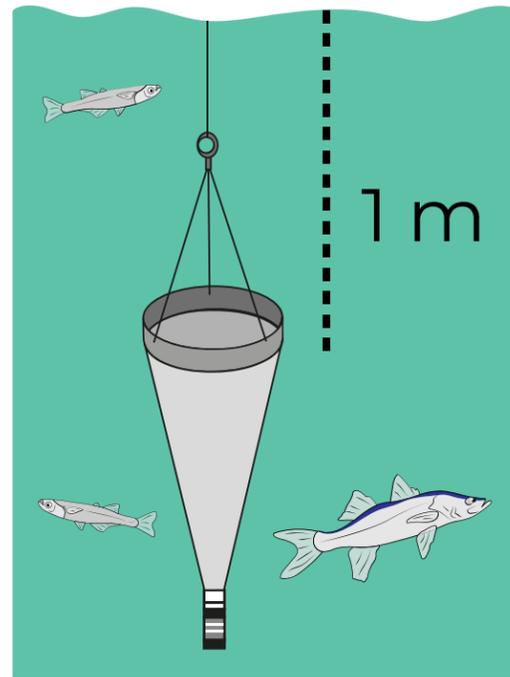
Para la medición del indicador se deberán seleccionar varios puntos dentro de los sitios de muestreo con la finalidad de lograr una mayor representatividad de la comunidad planctónica del cuerpo de agua. Asimismo, será importante que se indiquen las condiciones bajo las cuales se está realizando el monitoreo. Por ejemplo, si se presentan lluvias, si hay vientos fuertes, incremento de la 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 fitoplancton después de que el agua ha pasado por los poros de la red.



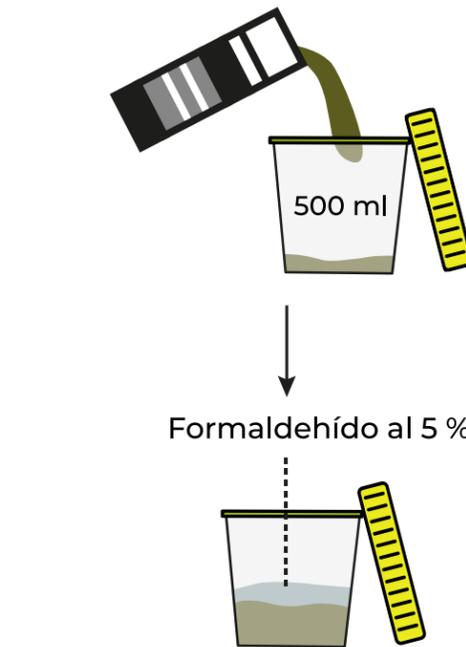
3 Amarre la red y sumérgjala a 1 m.



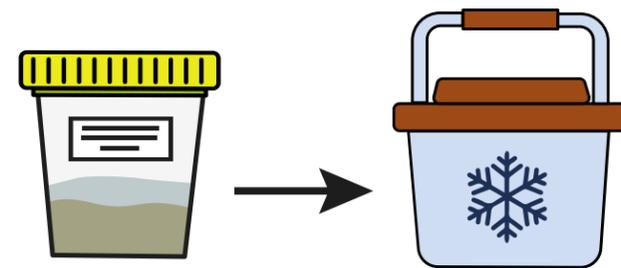
4 Comience a avanzar a velocidad constante (utilizando una embarcación o por medio del buceo) y pasados cuatro minutos saque la red del agua.



5 Amarre la red y sumérgjala a 1 m.



6 Comience a avanzar a velocidad constante (utilizando una embarcación o por medio del buceo) y pasados cuatro minutos saque la red del agua.



Nota importante: en cuerpos de agua donde el ingreso con embarcación sea complicado, las tomas deberán ser tomadas ingresando al cuerpo, y se hará el arrastre caminando a velocidad constante.

7 Registre datos.

Datos a registrar:

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

Nota: para realizar el procesamiento de las muestras colectadas, se sugiere que 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 cuenta. Para el fitoplancton se recomienda el uso de la cuadrícula de *Whipple* y realizar barridos de la muestra a un aumento de 100X.

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 6

Composición del perifiton



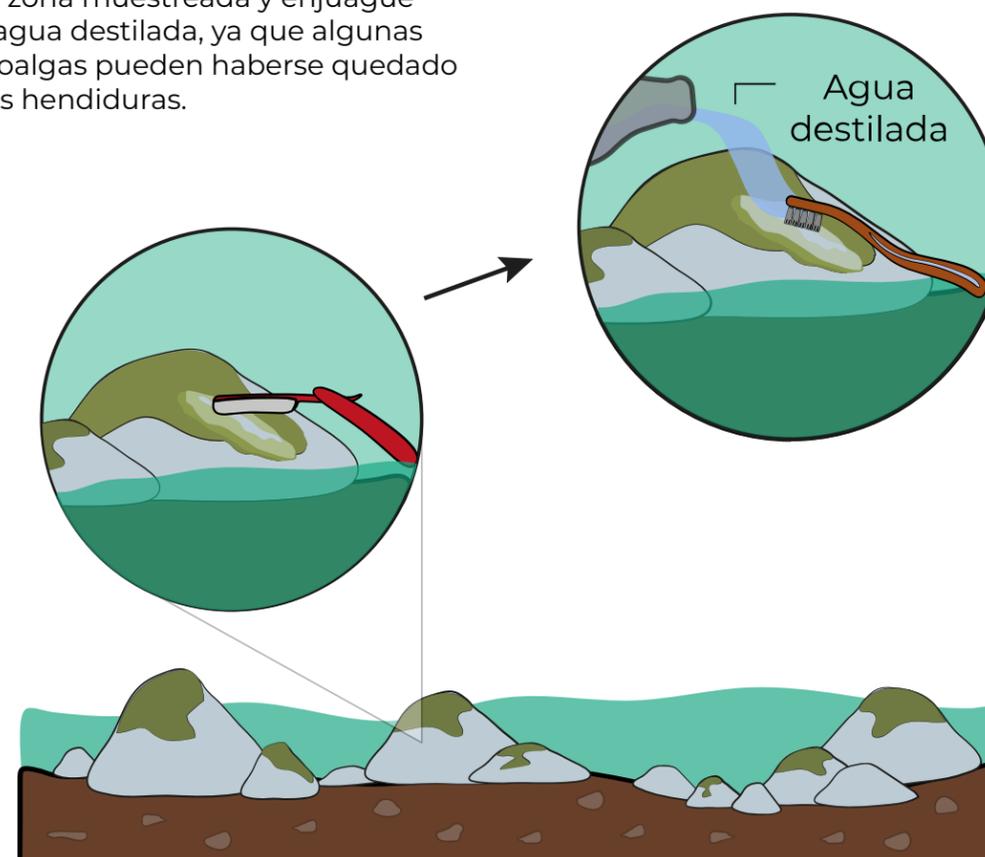
Para poder realizar el análisis del material colectado se recomienda establecer un convenio de colaboración entre el ANP y un laboratorio que cuente con el equipo y la experiencia requerida.

Los criterios para la selección de los sitios de muestreo es 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.
- 2 Proceda a realizar un cepillado suave de la zona muestreada y enjuague con agua destilada, ya que algunas microalgas pueden haberse quedado en las hendiduras.
- 3 Registre datos (página 51).

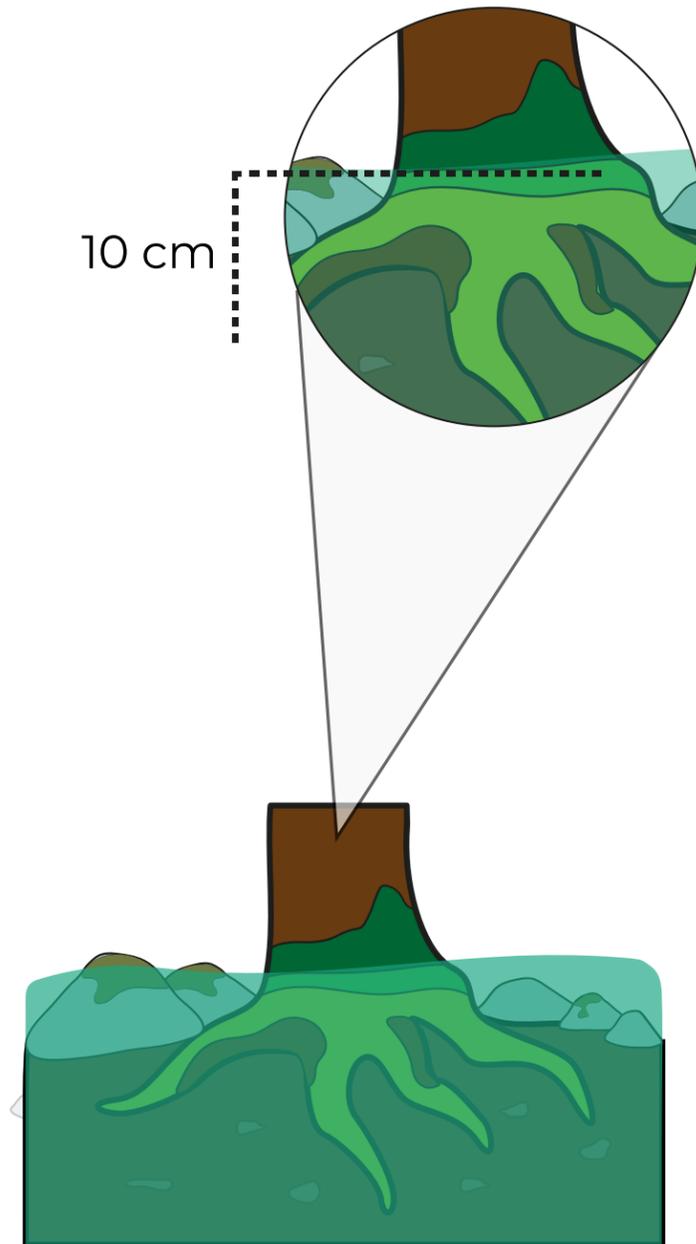


Sustratos duros no removibles (rocas mayores a 256 mm, árboles, arbustos, raíces)

- 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.

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.

- 4 Registre datos (página 51).



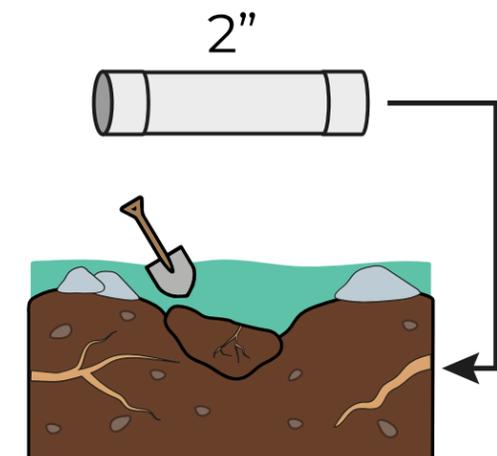
Sustratos blandos (musgos, macroalgas, plantas vasculares acuáticas y raíces)

- 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 antes de agregar el formol.
- 3 Registre datos (página 51).



Sedimento superficial (arena, limo y materia particulada orgánica)

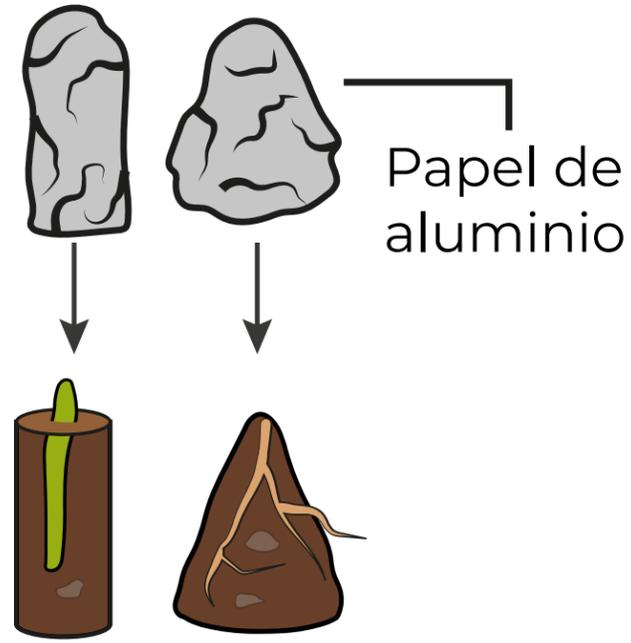
- 1 Con ayuda de una espátula tome la muestra con un tubo de pvc de dos pulgadas del sedimento superficial.
Posterior a la colecta de sustrato estime el área colectada de todos los sustratos:
- 2 Lleve la muestra a la forma de un cuerpo geométrico (por ejemplo: cilindro para tallo, cilindros y conos para raíces ramificadas, entre otros).





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

4 Registre datos.



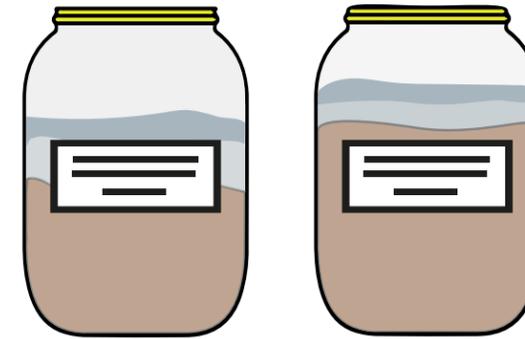
4 Una vez fijadas las colectas de sustrato, etiquete cada uno de los frascos con la siguiente información para que sean procesadas en laboratorio:

- Estación de muestreo
- Nombre del cuerpo de agua
- Tipo de sustrato o sustratos
- Fecha de la recolección
- Fijador utilizado
- Área, 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

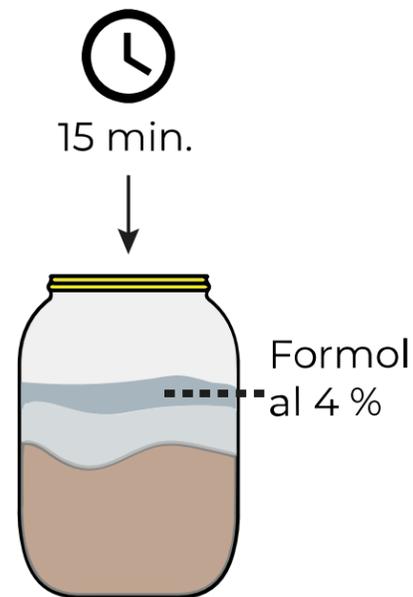
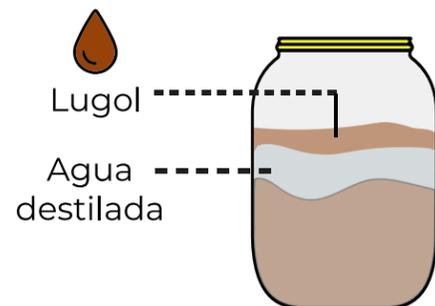


Preservación y etiquetado de colectas

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.

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

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



Basado en:

- Gaiser, E. (2009). *Periphyton as an indicator of restoration in the Florida Everglades*. Ecol. Indicators.
- Munguía, R. P., López, R. P., y Nava, M. M. (2007). *Integridad biótica de ambientes acuáticos. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*, 71.
- 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 7

*Cobertura de las comunidades de macrófitas (plantas acuáticas) y vegetación sumergida

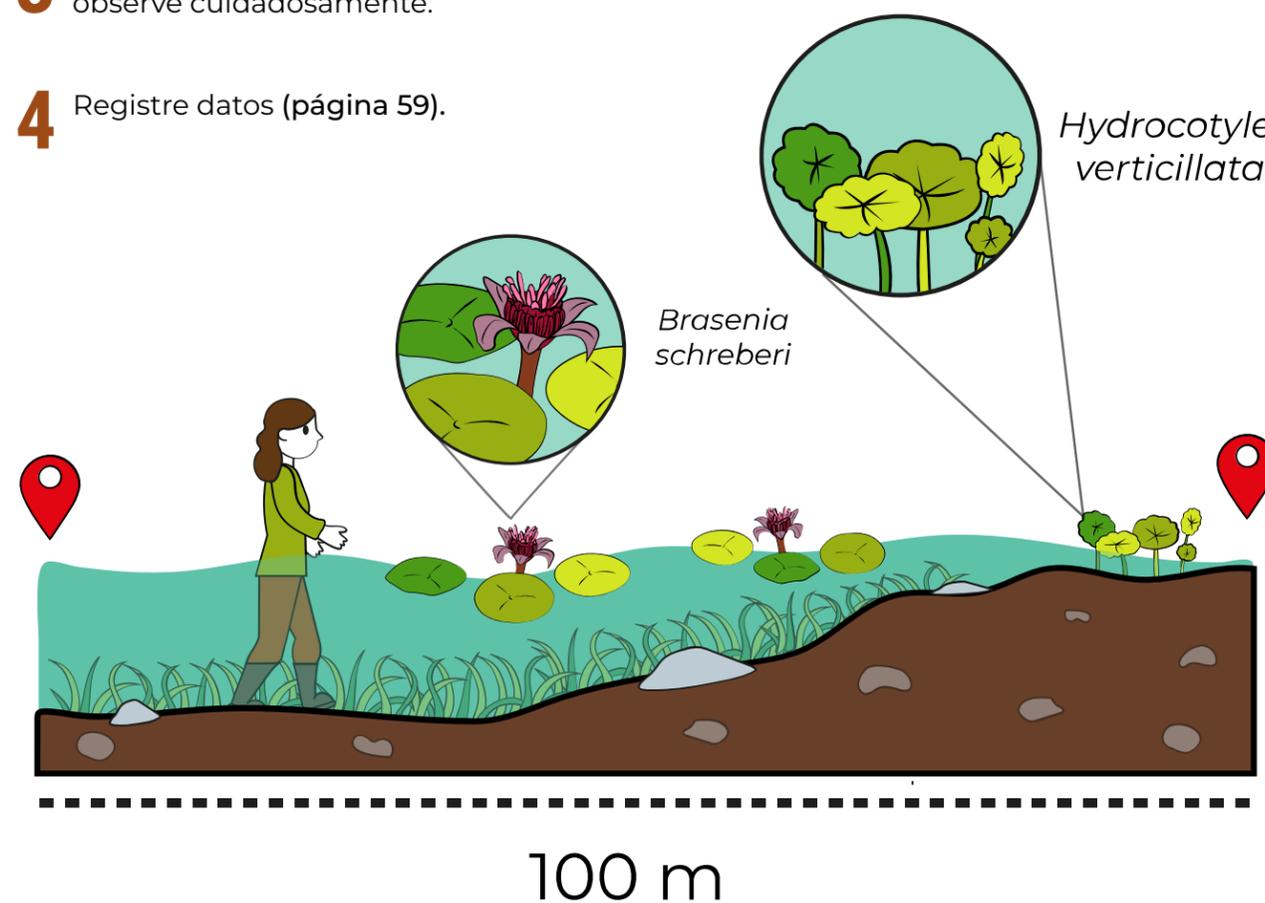
El punto de muestreo debe ser representativo de las características físicas y estructurales del cuerpo de agua. Se proporcionan tres opciones dependiendo de la accesibilidad al cuerpo de agua.

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:

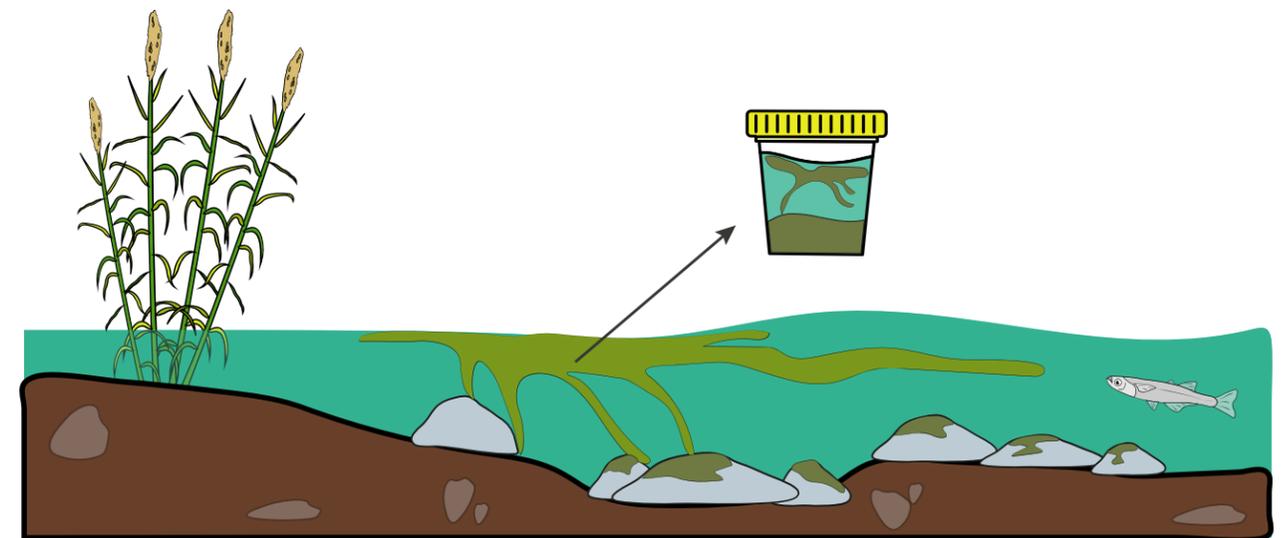
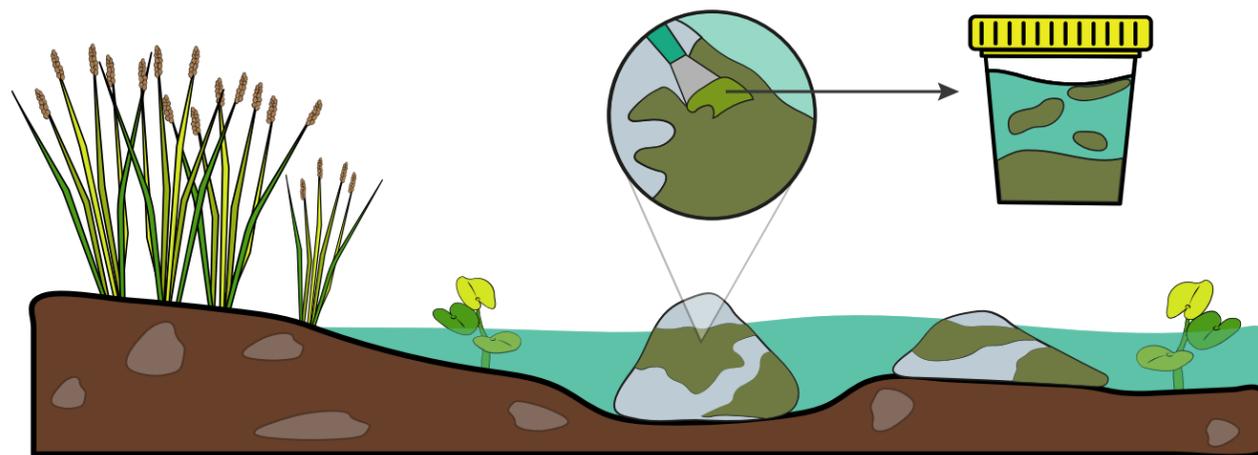
- 1 Establezca un transecto de 100 m de longitud.
- 2 Tome las coordenadas del inicio y final del transecto.
- 3 Recorra el transecto y observe cuidadosamente.
- 4 Registre datos (página 59).

En caso de que no haya sido posible la identificación los taxones, deberá emplear técnicas de recolecta para su posterior determinación.



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

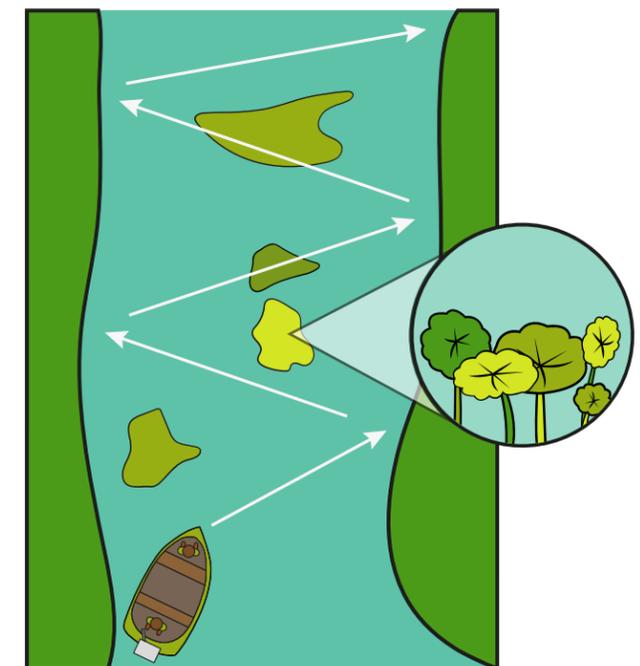
- 1 Con la ayuda de una pequeña espátula se separará la muestra del sustrato.
- 2 Posteriormente se introducirá la muestra en un recipiente de plástico y se conservará mediante la adición de formaldehído al 4 %.
- 3 Etiquete la muestra (fecha, localidad y nombre del colector) correctamente para su posterior determinación en laboratorio con un experto que colabore con el ANP.
- 4 Registre datos (página 59).



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 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 59).

II. Especies de plocon y especies flotantes

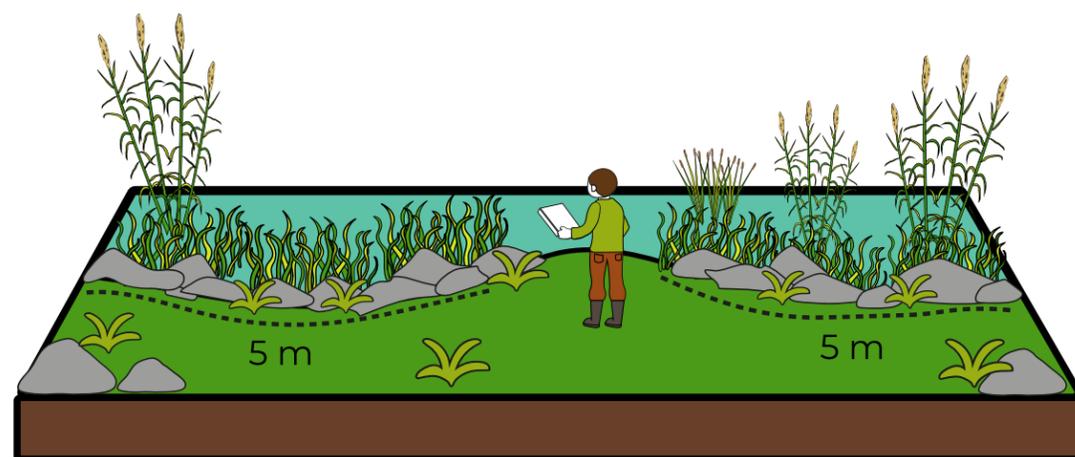
(se denomina plocon a las algas filamentosas, fijadas al sustrato por la base, pero cuya biomasa se extiende a cierta distancia del fondo)

- 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 59).

Cuerpo de agua de imposible acceso

1 El muestreo se realizará desde la orilla en puntos de 5 m separados entre sí (o la distancia acorde con la escala de trabajo), siendo la franja de muestreo de aproximadamente 2 m.

2 Registre datos.

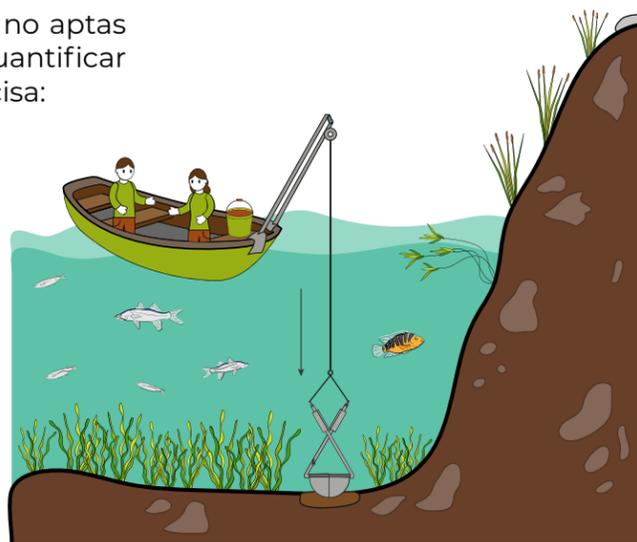


Cuerpos con aguas turbias, profundas y no aptas para el buceo

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

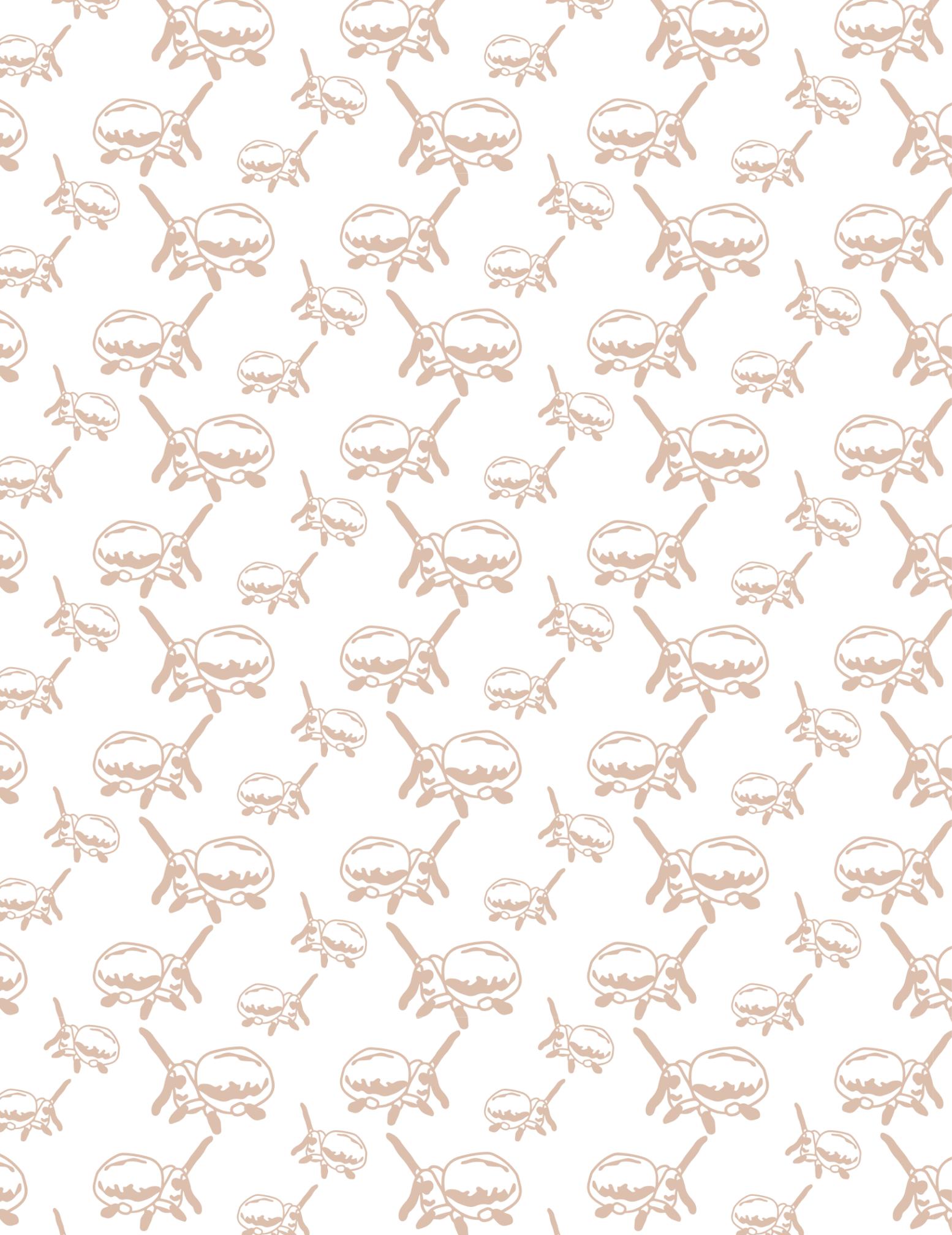
Basado en:

- 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 . 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>

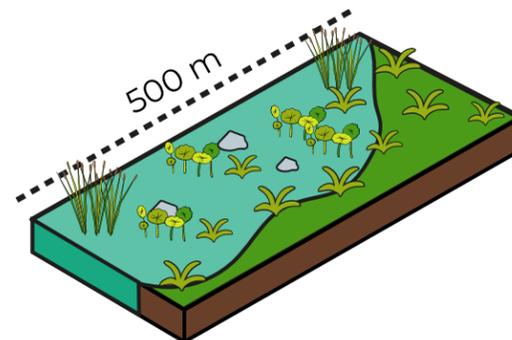
Indicador 8

Diversidad de invertebrados, principalmente colémbolos

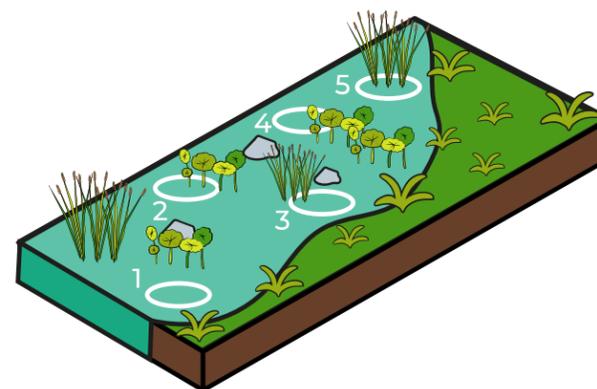




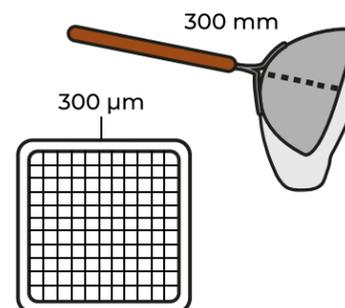
1 Realice un recorrido de reconocimiento de la cuenca y seleccione un área que cubra por lo menos 500 m del cuerpo de agua.



2 Ubique cinco puntos dentro del cuerpo de agua abarcando todos los microhábitats presentes (raíces sumergidas, cantos rodados, oquedades, restos leñosos, hojarasca, 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.

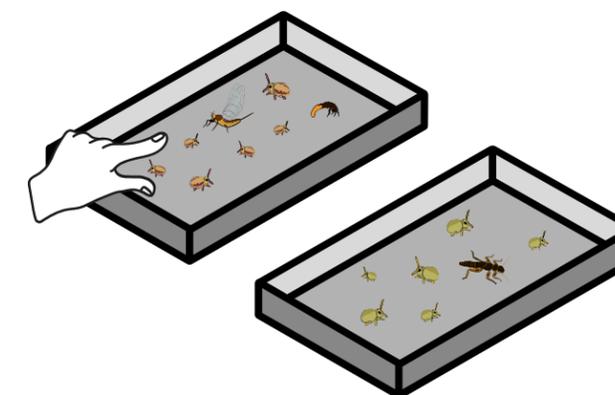


4 Sostenga la red en la parte central de la corriente o donde el agua sea más correntosa. En caso de no presentar corriente considerar colocar la red en posición contraria a la dirección del viento.

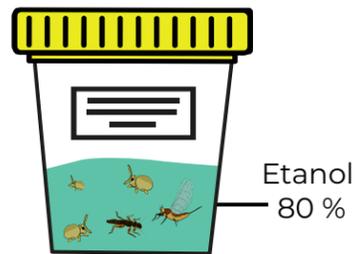
5 Ubique la boca de la malla frente a la corriente y asiente la base en el fondo del cuerpo.



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



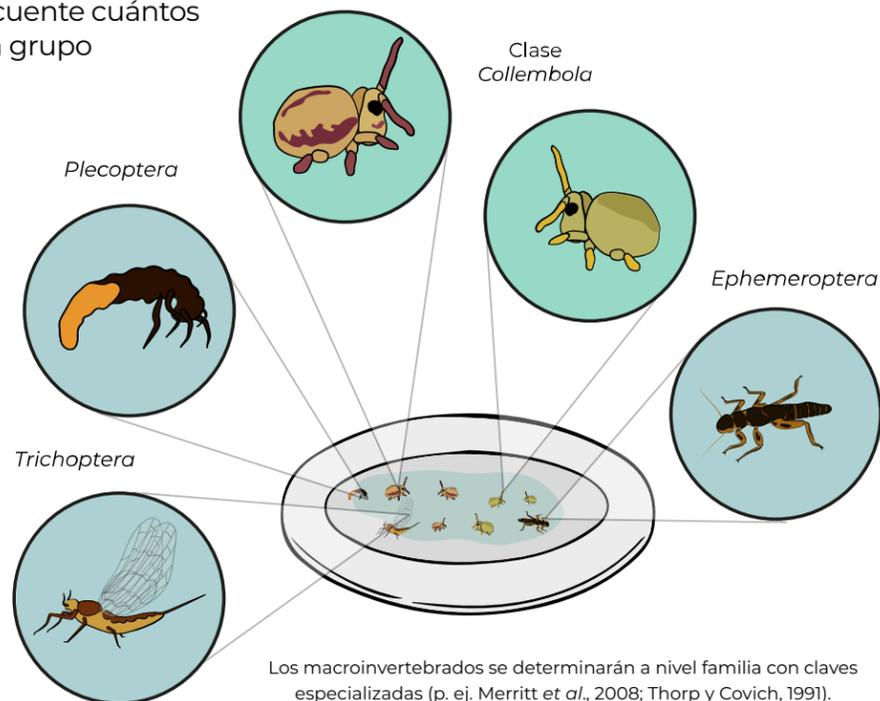
7 Posteriormente, deposite los macroinvertebrados en viales con solución de etanol al 80 % para su preservación y traslado a laboratorio.



8 Para identificar 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 a qué grupo pertenecen y cuente cuántos individuos tiene cada grupo

9 Registre datos.



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
- Familias o grupos de macroinvertebrados identificados
- Número de individuos pertenecientes a Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, clase Collembola
- Número de grupos/familias/especies/individuos de colémbolos identificados
- Número de 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*.
- 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*. 209. <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*.



Indicador 9

***Composición de la
comunidad íctica**



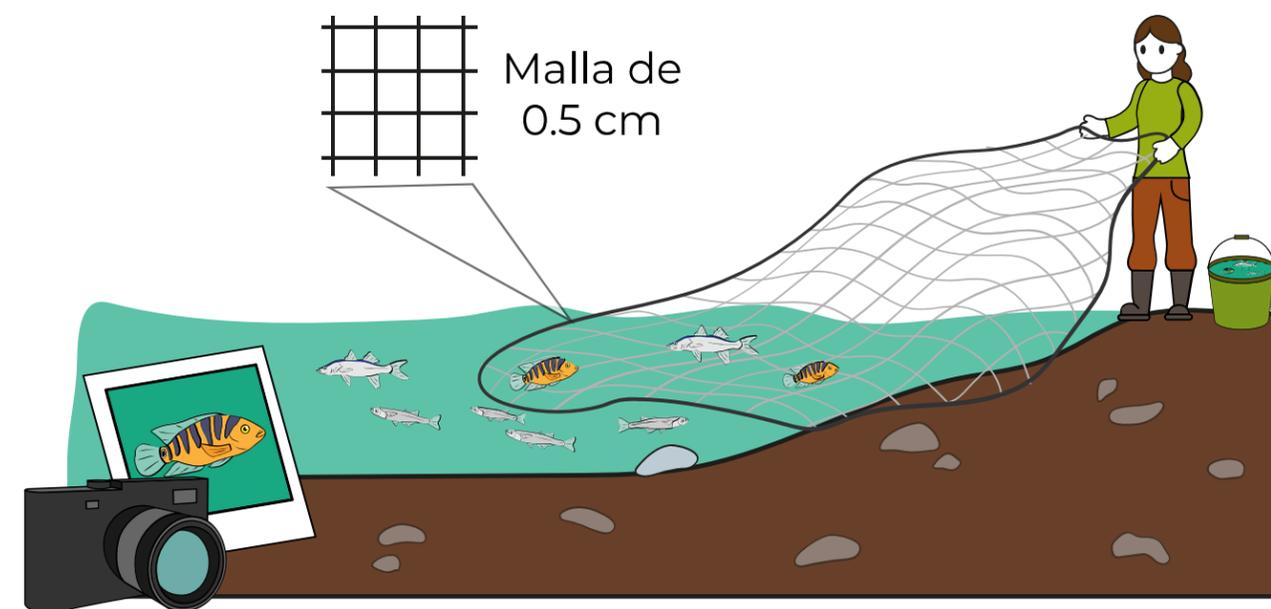
Para llevar a cabo el monitoreo de este indicador se proponen dos métodos de monitoreo; sin embargo, es recomendable que se retomen las artes de pesca locales para poder asegurar el éxito de la captura de los peces presentes y aprovechar las capacidades de los monitores locales.

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, para su posterior identificación.
- 3 Registro de datos (página 70).



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

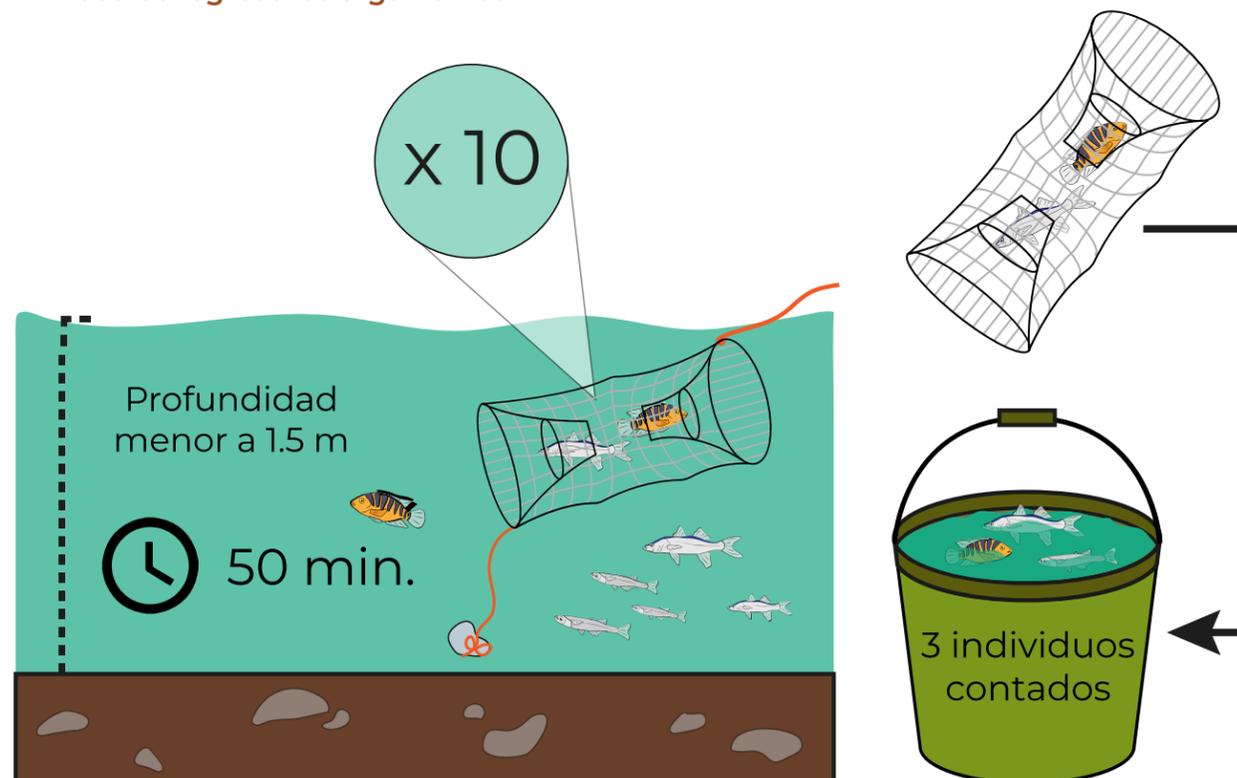
Basado en:

- 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*. <https://canjepor-bosques.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>

70

Indicador 9

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



71

Indicador 9

A landscape photograph of a wetland area. In the foreground, there is a pond with lily pads, surrounded by tall green grasses. In the background, there is a line of trees and a sunset sky with orange and yellow clouds. The text "Indicador 10" is written in white at the top right, and "Diversidad de anfibios y reptiles" is written in white below it.

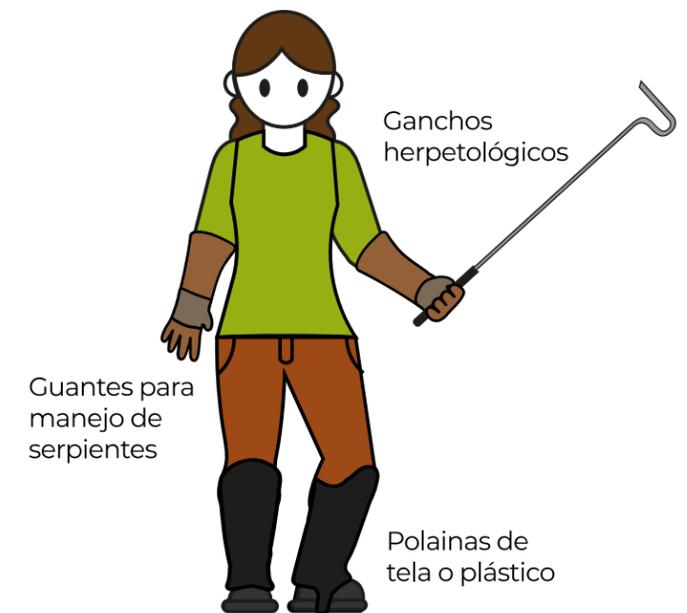
Indicador 10
**Diversidad de
anfibios y reptiles**



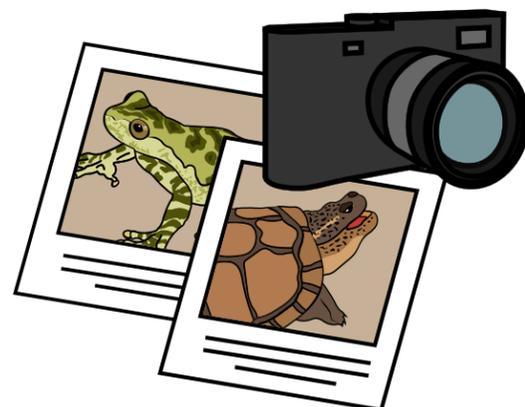
Antes de iniciar el monitoreo es muy importante que se cuente con el equipo de protección para reptiles (guantes para manejo de serpientes, ganchos herpetológicos y polainas de tela o de plástico) con el fin de evitar cualquier accidente que ponga en peligro la integridad del personal que realiza el 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.

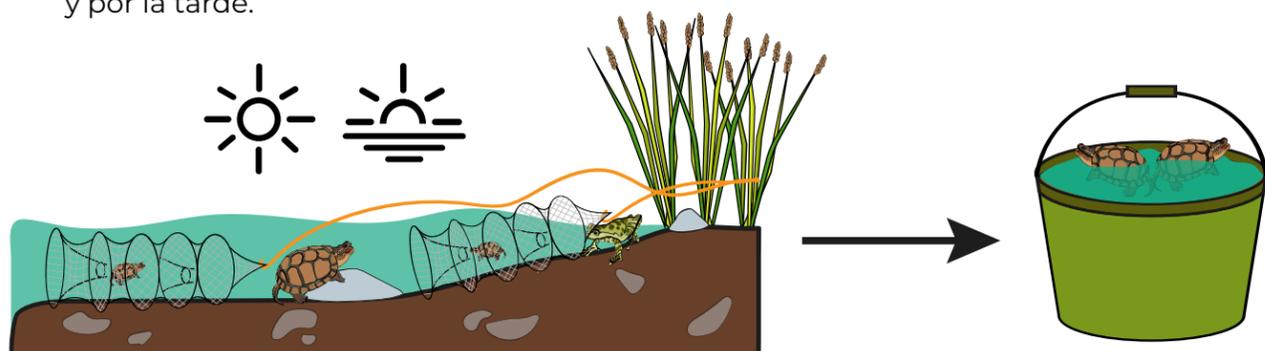


Trampas nasa

Nota importante: coloque las trampas nasa cerca de la superficie, esto reducirá la posibilidad de mortandad de los reptiles y anfibios 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 Una vez que se capturen los organismos, manténgalos en un contenedor con agua y registre.
- 6 Registre datos (página 79).



Captura directa

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

- 1 Realice las colectas durante la noche.
- 2 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 de manera manual teniendo cuidado de portar guantes de protección y desinfectarlos o cambiarlos por cada individuo capturado).
- 3 Registre datos (página 79).



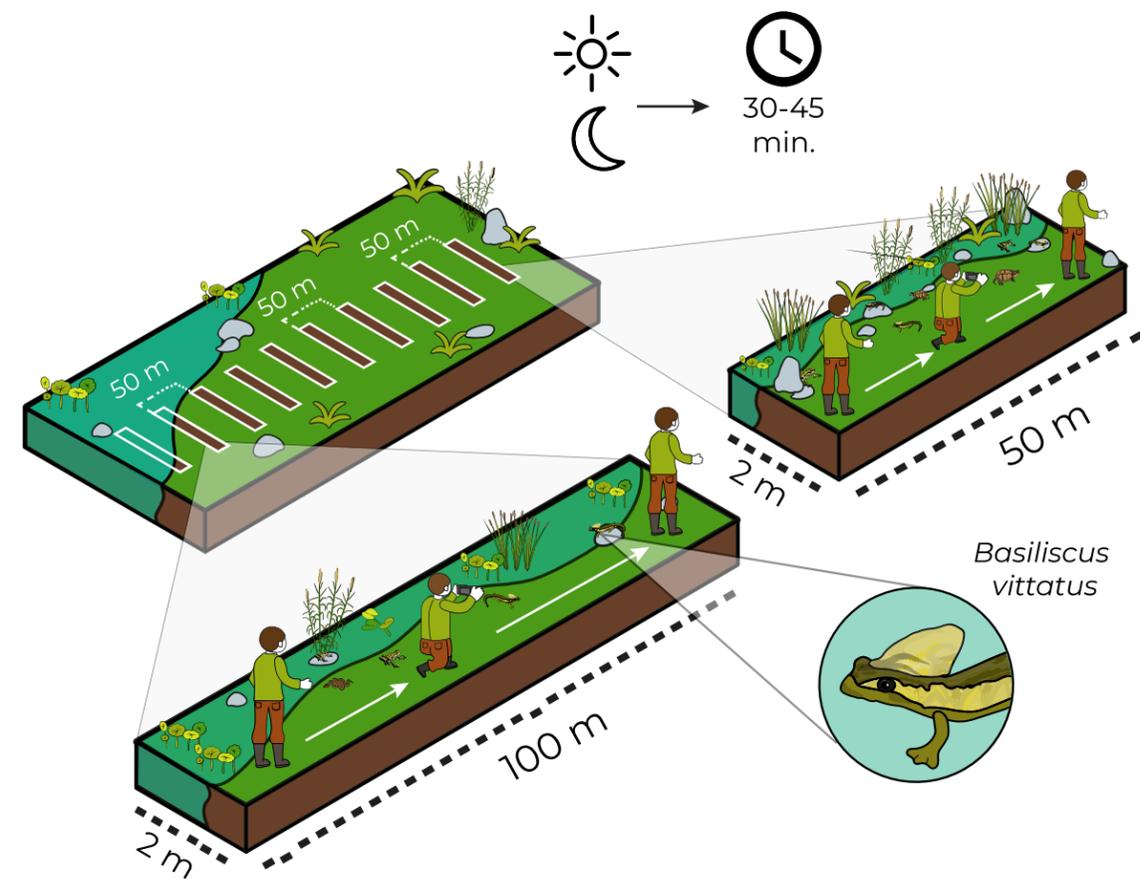
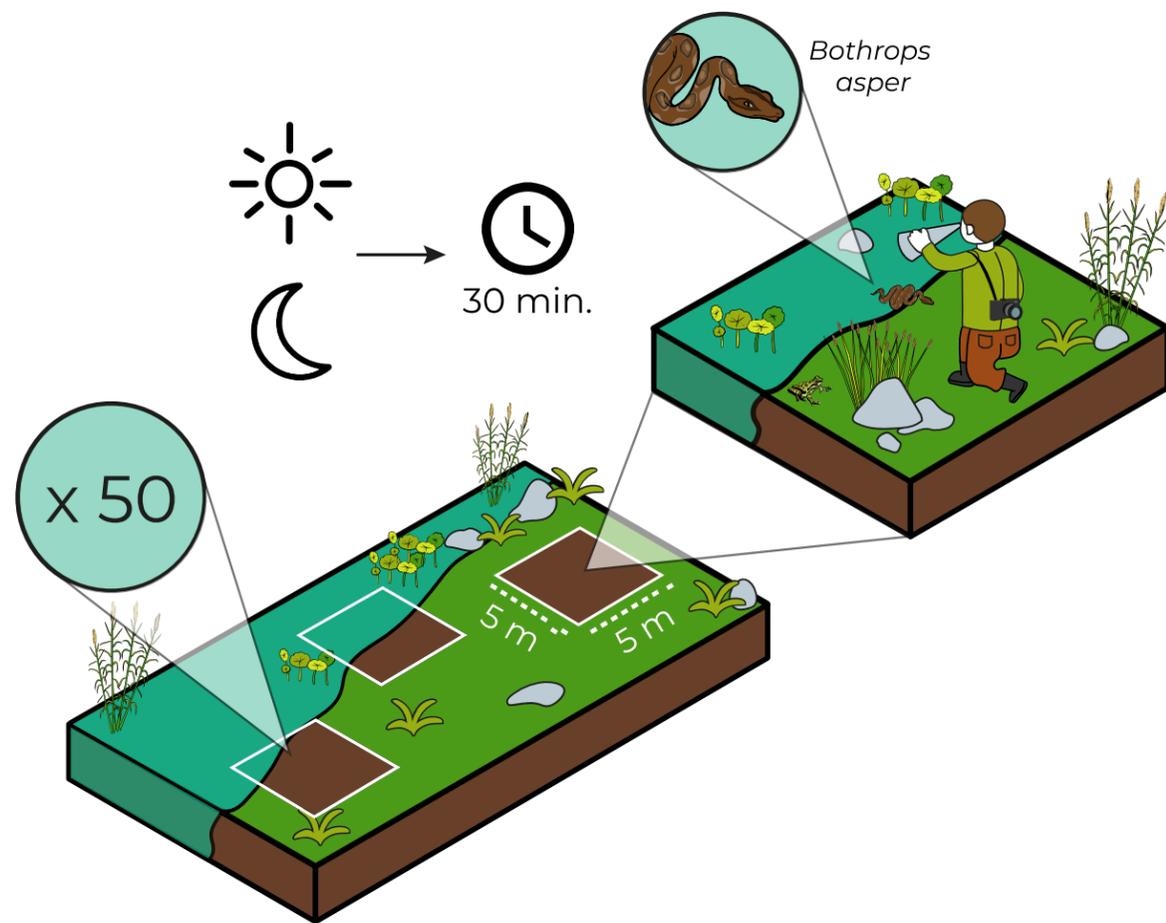
Los métodos siguientes se recomiendan a realizarse en las orillas y alrededores de los cuerpos de agua.

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 79).



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
- Peso
- Sexo
- **Medidas morfométricas:**
 - **Anfibios:** (a) longitud hocico-cloaca y (b) longitud de la cola
 - **Reptiles:** (a) longitud hocico-cloaca, (b) longitud cola y (c) longitud total
- 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:

- Aguilar-Garavito M. y W. Ramírez (eds.) (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). 250. https://www.researchgate.net/publication/282341458_El_monitoreo_de_herpetofauna_en_los_procesos_de_restauracion_ecologica_indicadores_y_metodos
- 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. 298.
- Foster, M. S. (2012). Standard techniques for inventory and monitoring. En R. W. Macdiarmid, M. S. Foster, C. Guyer, J. W. Gibbons y N. Chernoff (Eds.), *Reptile biodiversity: standard methods for inventory and monitoring* (205–272). Los Angeles: University of California Press.
- Heyer, R.; Maureen, D.; McDiarmid, R.; Lee-Ann, H. y Foster, M. (1994). *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians*. Washington DC: Smithsonian Institution Press.
- Medina, G., León, O., y Jiménez, D., Sarmiento, M., Díaz, J. y Paiba, E. (2016). *Protocolos metodológicos para la caracterización de las comunidades bióticas a lo largo del gradiente altitudinal bosque-páramos*. https://www.researchgate.net/publication/298217180_Protocolos_metodologicos_para_la_caracterizacion_de_las_comunidades_bioticas_a_lo_largo_del_gradiente_altitudinal_bosque-paramo/citation/download
- 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*. 83. <https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/GU%c3%83-A-DE-FAUNA-SILVESTRE.compressed.pdf>

Indicador 11

Composición de la comunidad de aves

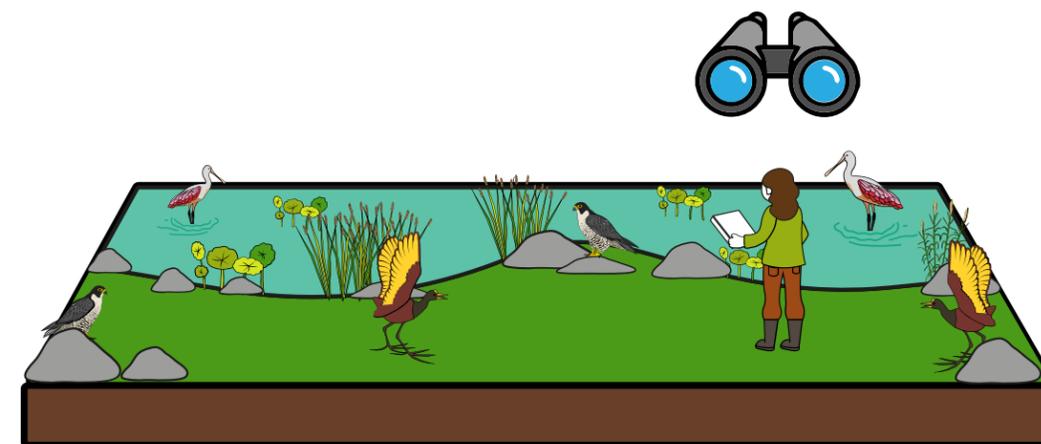


Para el conteo de aves se pueden utilizar dos tipos de muestreo:

Censo por área

Para los sitios pequeños o bien delimitados:

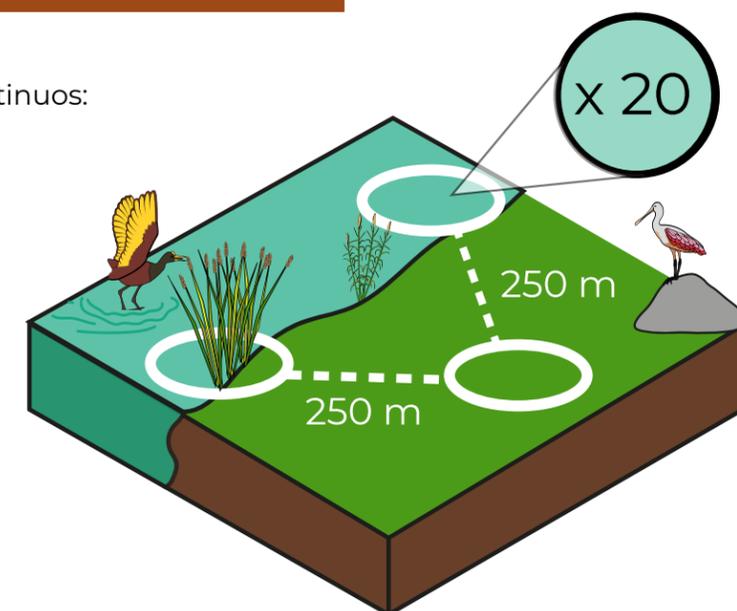
- 1 Realice un censo completo intensivo de todas las aves que observe de un sitio.
- 2 Registre datos (página 85).



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.



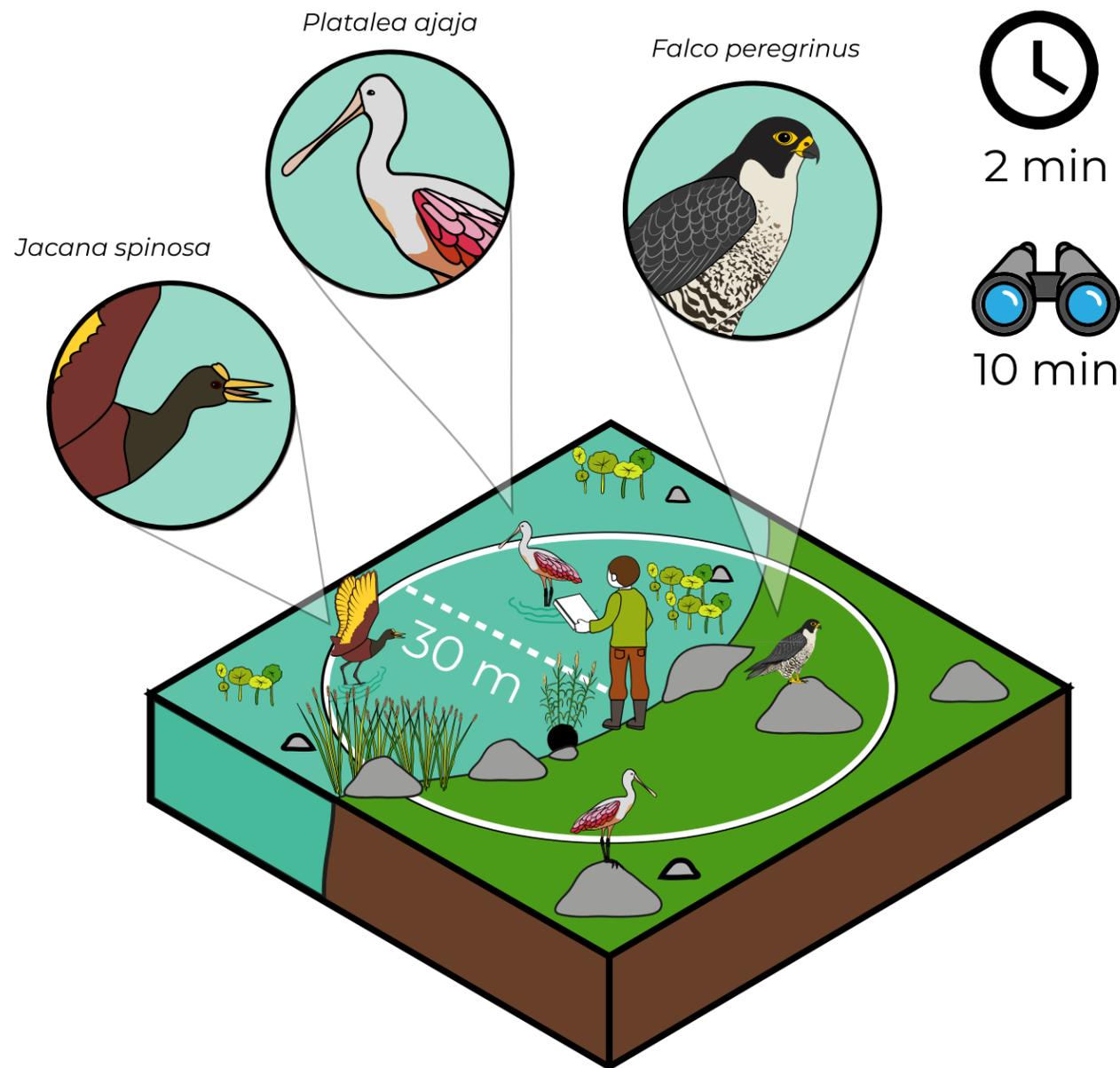
3 Al llegar a cada punto de conteo, espere 2 minutos antes de empezar a registrar las aves observadas, ya que la presencia humana puede perturbar a las aves y se debe esperar a que se adapten a su presencia.

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

5 Indique si corresponde a una especie migratoria o residente, así como el número de individuos por especie en un radio de muestreo de 30 m.

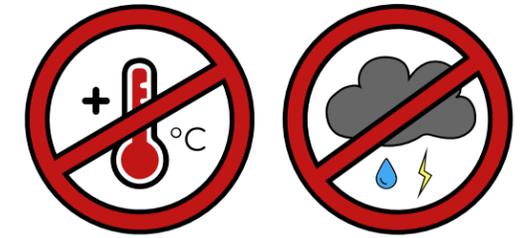
6 Especifique si fue un registro de identificación visual o acústica.

7 Registre datos.



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
- Hora de inicio y final
- Número de individuos por especie (nombre científico) observados por punto/área
- 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, Washington, D. C. 829.
- 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.

Indicador 12

*Presencia de mamíferos medianos y grandes



Fototrampeo

Para realizar el fototrampeo deberá seleccionar un sitio representativo del cuerpo de agua y donde se han registrado con anterioridad rastros de vertebrados mayores para aumentar la probabilidad de detección de individuos.

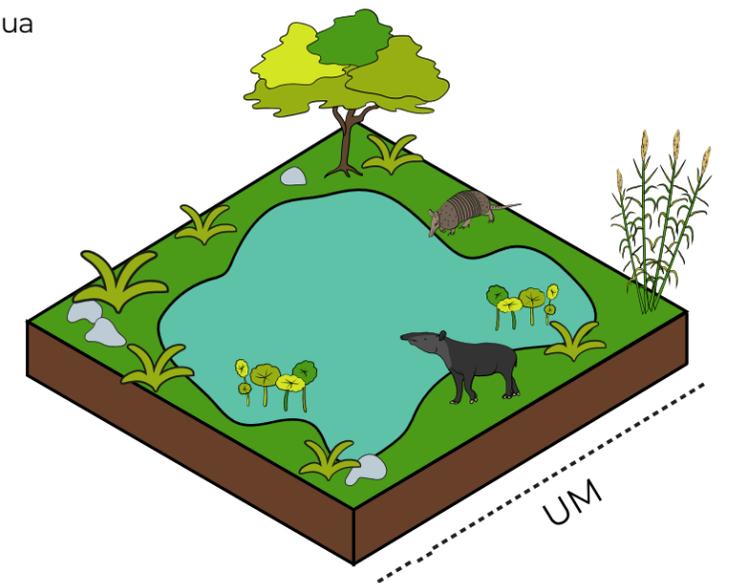
1 Tome en cuenta que el cuerpo de agua representa la unidad de muestreo.

2 Por cada estación de muestreo se deberá utilizar al menos una cámara trampa.

3 Una vez en el sitio, programe la cámara con las siguientes especificaciones:

- **Fecha y hora:** asegurarse que la fecha y hora sean correctas, ya que esto es básico para la captura de datos. Seleccionar la opción de etiquetar las fotos con fecha y hora
- **Modo de captura:** seleccione modo de detección continua (día y noche), retraso de 1 minuto entre fotos, dos fotografías seguidas y video con 20 segundos de continuación
- **Resolución de la imagen:** 20 megapíxeles de preferencia, o el máximo permitido sin ser menor de 12 megapíxeles

4 Para colocar las cámaras es importante que se asegure que la orientación sea en dirección norte o sur, ya que al colocarlas en dirección oriente o poniente la luz del sol llegará de manera directa y las fotos saldrán con exceso de luz.



5 Una vez seleccionado el lugar donde se instalará, busque un tronco en el que pueda colocar a una distancia aproximada de 2 m del cuerpo de agua o paso de fauna de interés.

6 En caso de que no exista un tronco cerca, coloque una estaca o apoyo similar bien ajustado al suelo. Es importante mencionar que esta ubicación deberá ser siempre la misma (aunque pueden existir variaciones mínimas debido al aumento en los niveles del agua, crecimiento de la vegetación hidrófita u otras condiciones del sitio).

7 Coloque la cámara a una altura aproximada de 40 cm del suelo para que pueda detectar especies de diferentes tamaños. De preferencia, la cámara debe tomar $\frac{1}{3}$ de suelo y $\frac{2}{3}$ de paisaje.

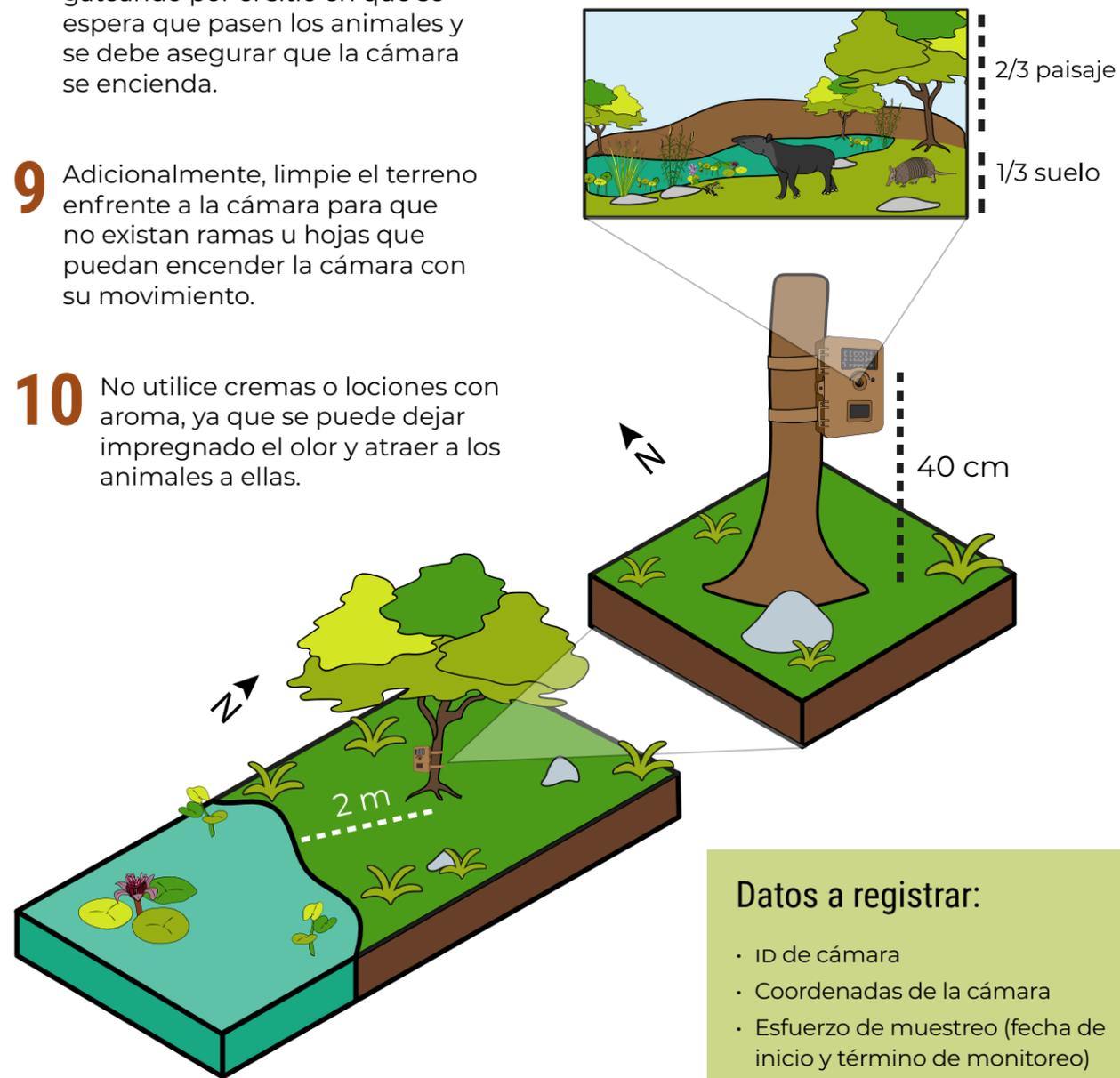
8 Cuando se instale, asegúrese de que esté reconociendo el movimiento a la altura deseada. Para ello, una persona debe pasar gateando por el sitio en que se espera que pasen los animales y se debe asegurar que la cámara se encienda.

9 Adicionalmente, limpie el terreno frente a la cámara para que no existan ramas u hojas que puedan encender la cámara con su movimiento.

10 No utilice cremas o lociones con aroma, ya que se puede dejar impregnado el olor y atraer a los animales a ellas.

11 Registre datos.

Para una mejor representatividad, se recomienda que las cámaras trampa permanezcan activas al menos tres meses (marzo a mayo) con visitas mensuales para revisar su funcionamiento. Terminado este periodo se recogerán para el procesamiento de las fotos capturadas.



Datos a registrar:

- ID de cámara
- Coordenadas de la cámara
- Esfuerzo de muestreo (fecha de inicio y término de monitoreo)
- Observaciones

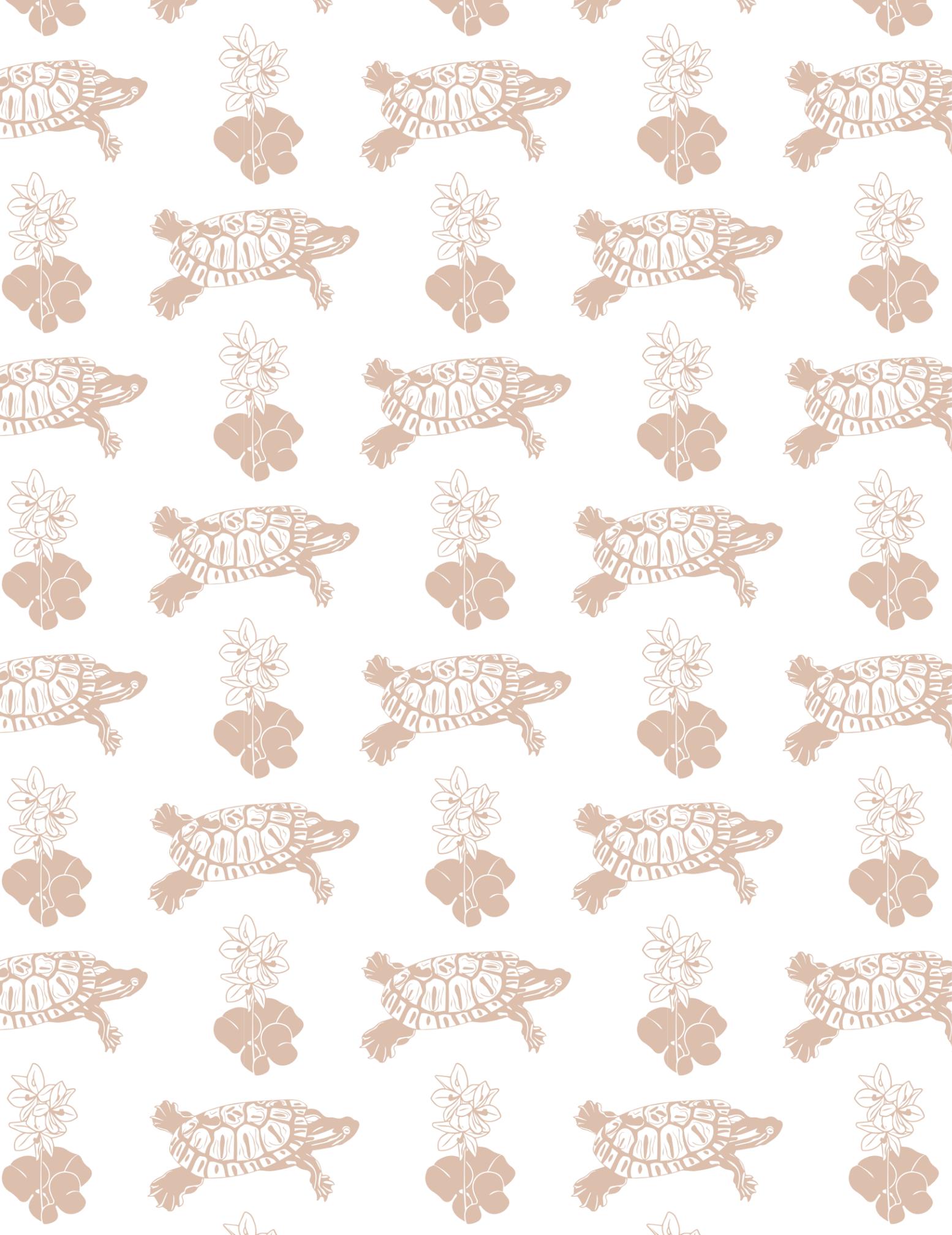
Basado en:

- González, V. (2015). *Vertebrados medianos y mayores asociados a las aguadas del Biotopo Protegido Naachtún-Dos Lagunas, Petén* (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Reyna-Hurtado, R., H. Beck, M. Altrichter, C. A. Chapman, T. R. Bonnell, A. Keuroghlian, A. Desbiez, J. F. Moreira-Ramírez, G. O'Farril, J. Fragoso, y E. Naranjo. (2015). What ecological and anthropogenic factors affect group size in white-lipped peccaries (*Tayassu pecari*)? *Biotropica* 0:1-9.
- Martínez-Kú, D. H., Escalona-Segura, G., y Vargas-Contreras, J. A. (2008). *Importancia de las aguadas para los mamíferos de talla mediana y grande en Calakmul, Campeche, México*. Avances en el estudio de los mamíferos II. Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. 449-468.
- Moreira-Ramírez, J., Reyna-Hurtado, R., Hidalgo-Mihart, M., Naranjo, E., Ribeiro, M., García-Anleu, R., Mérida, M. y Ponce-Santizo, G. (2016). *Importancia de las aguadas para el pecarí de labios blancos (Tayassu pecari) en la Selva Maya*. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-33642016000100051#B34



Indicador 13

***Proporción de especies
exóticas-invasoras de
alto impacto**



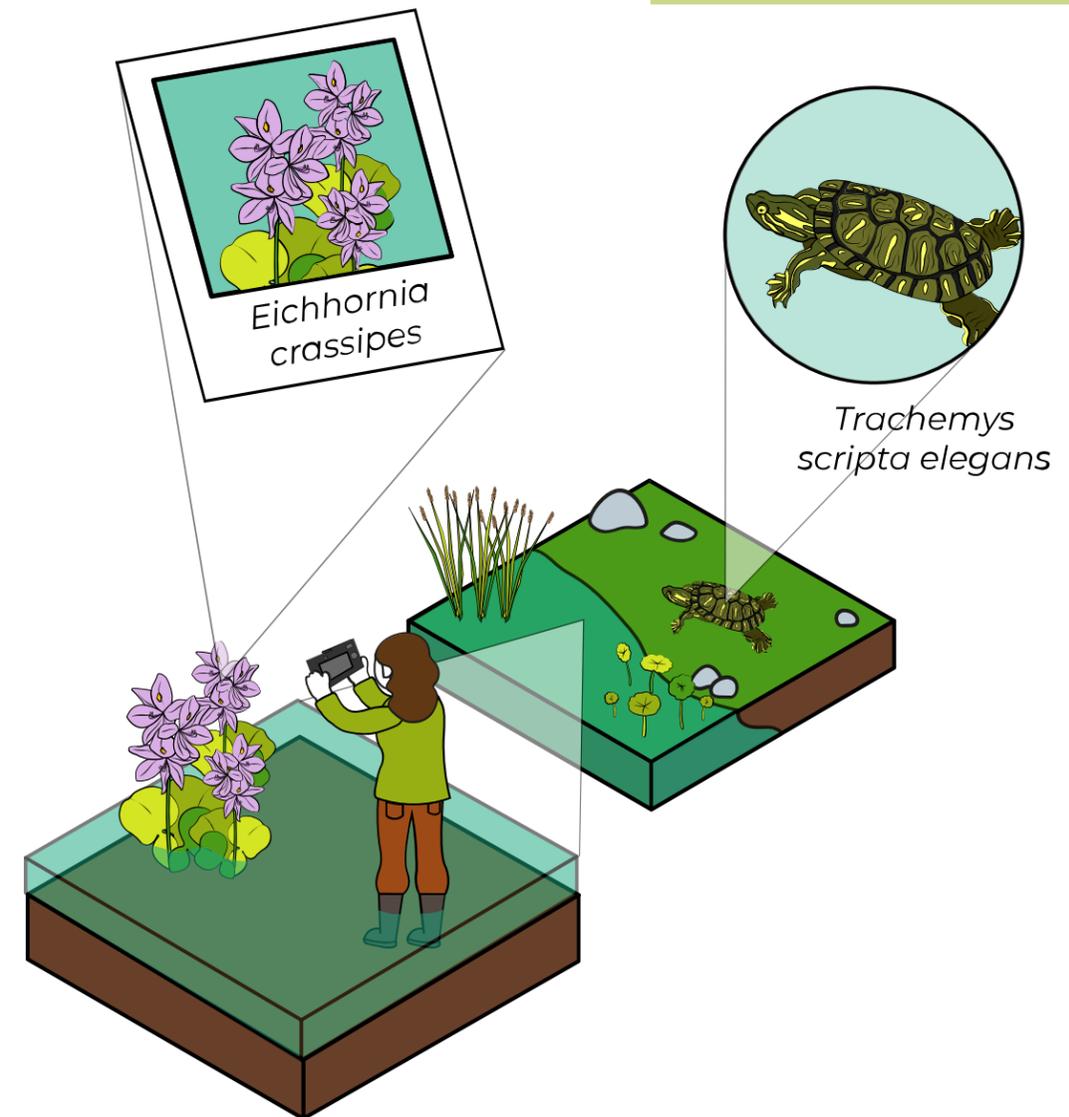
1 La medición de este indicador se llevará a cabo durante el monitoreo de los distintos componentes de vegetación, fauna y estado de conservación del cuerpo de agua.

2 En caso de registrar la presencia de alguna especie exótica-invasora durante los monitoreos, tome varias fotografías y registre.

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)



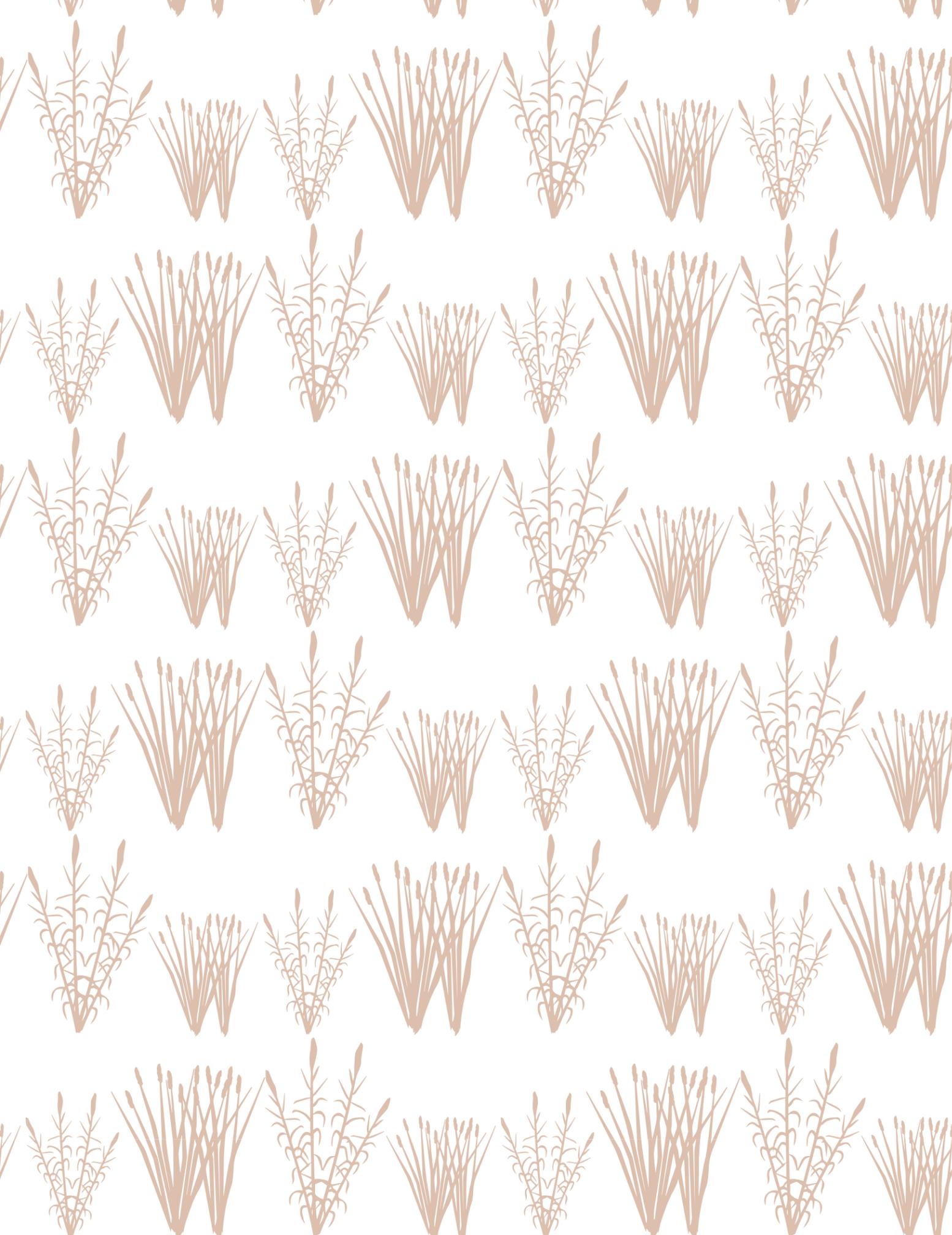
Basado en:

- 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 14

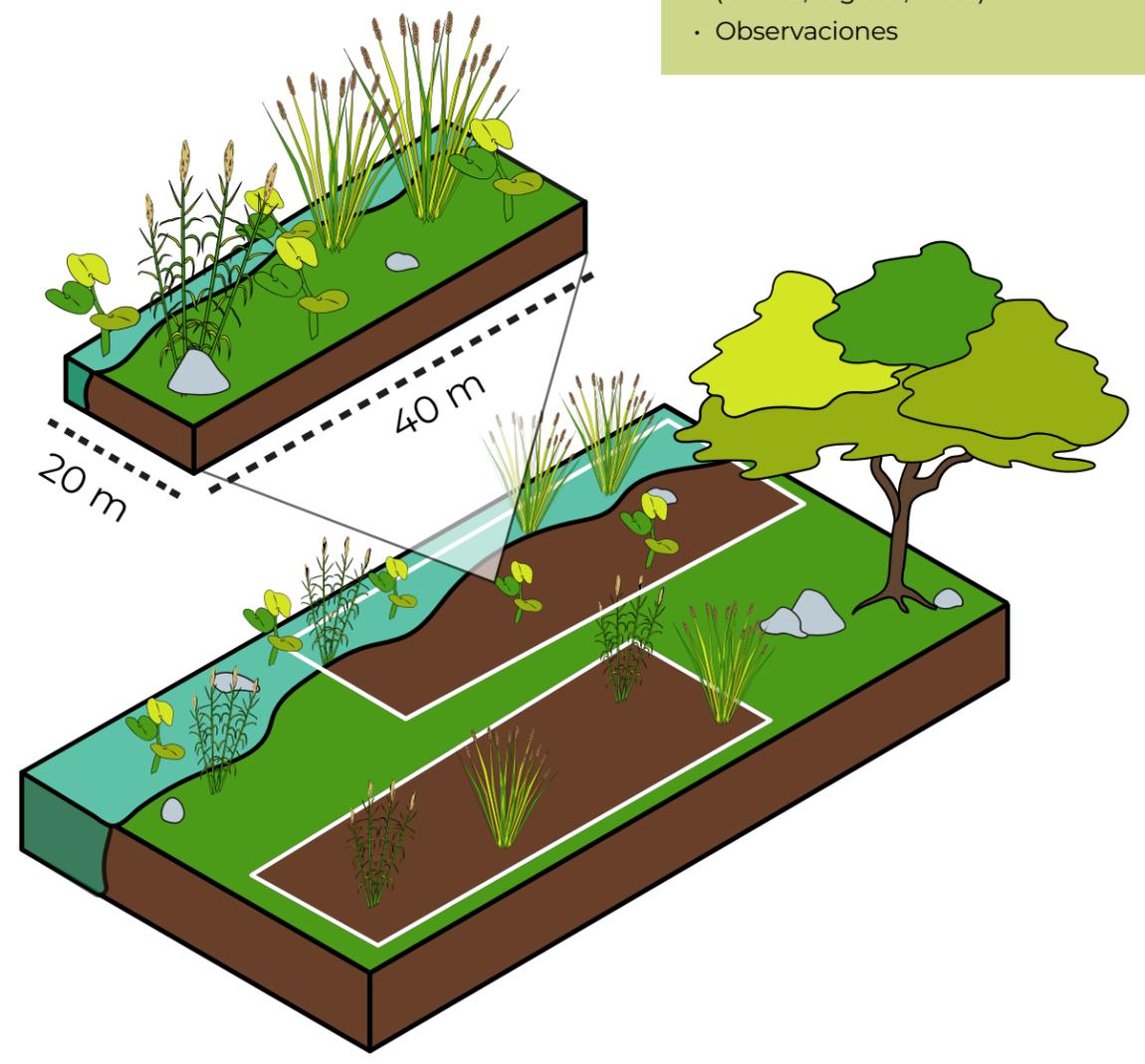
*Composición de la vegetación circundante





- 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.
- 3** Registre datos.

- Datos a registrar:**
- Parcela a la que pertenece
 - Género o especie (si se conoce)
 - **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

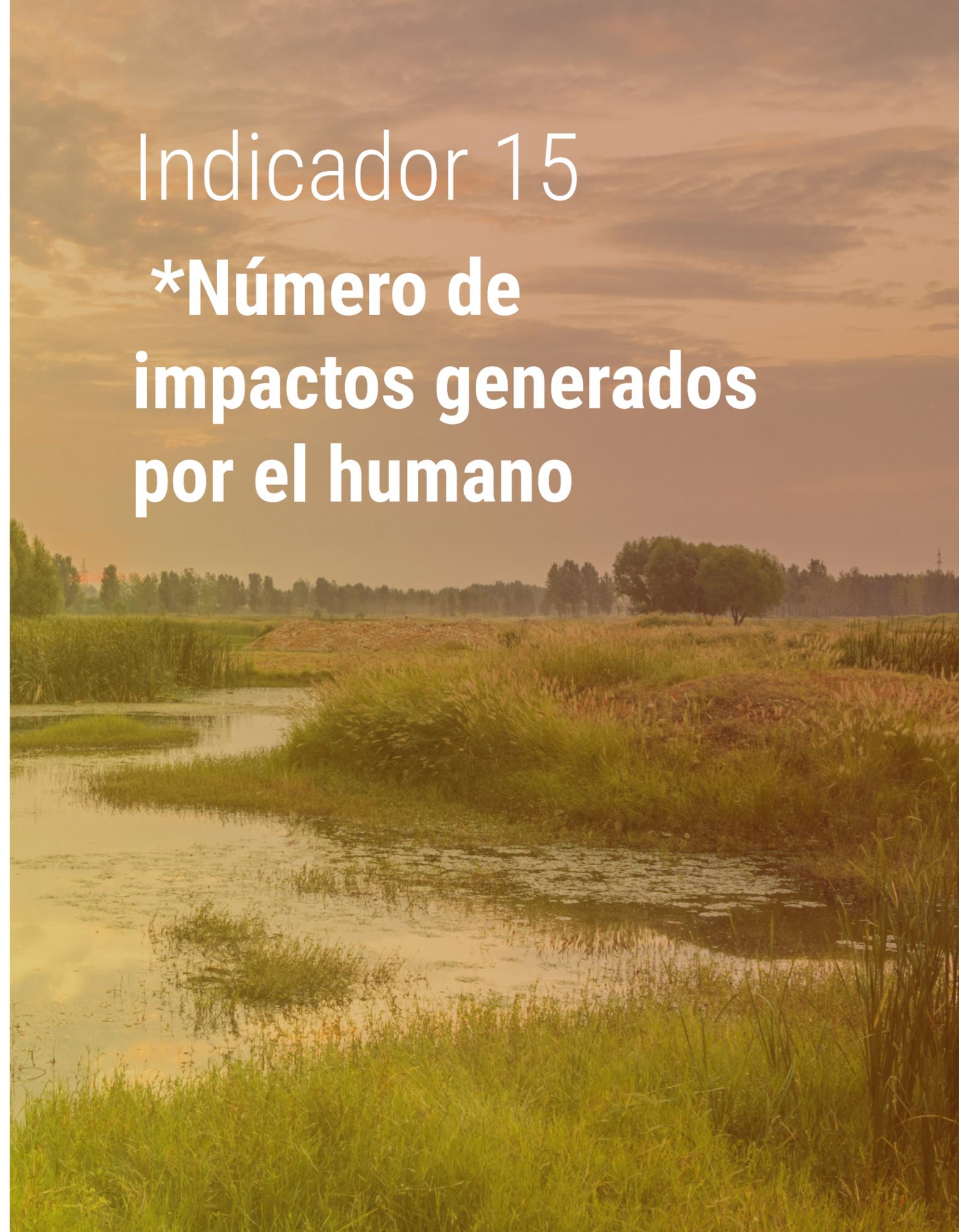


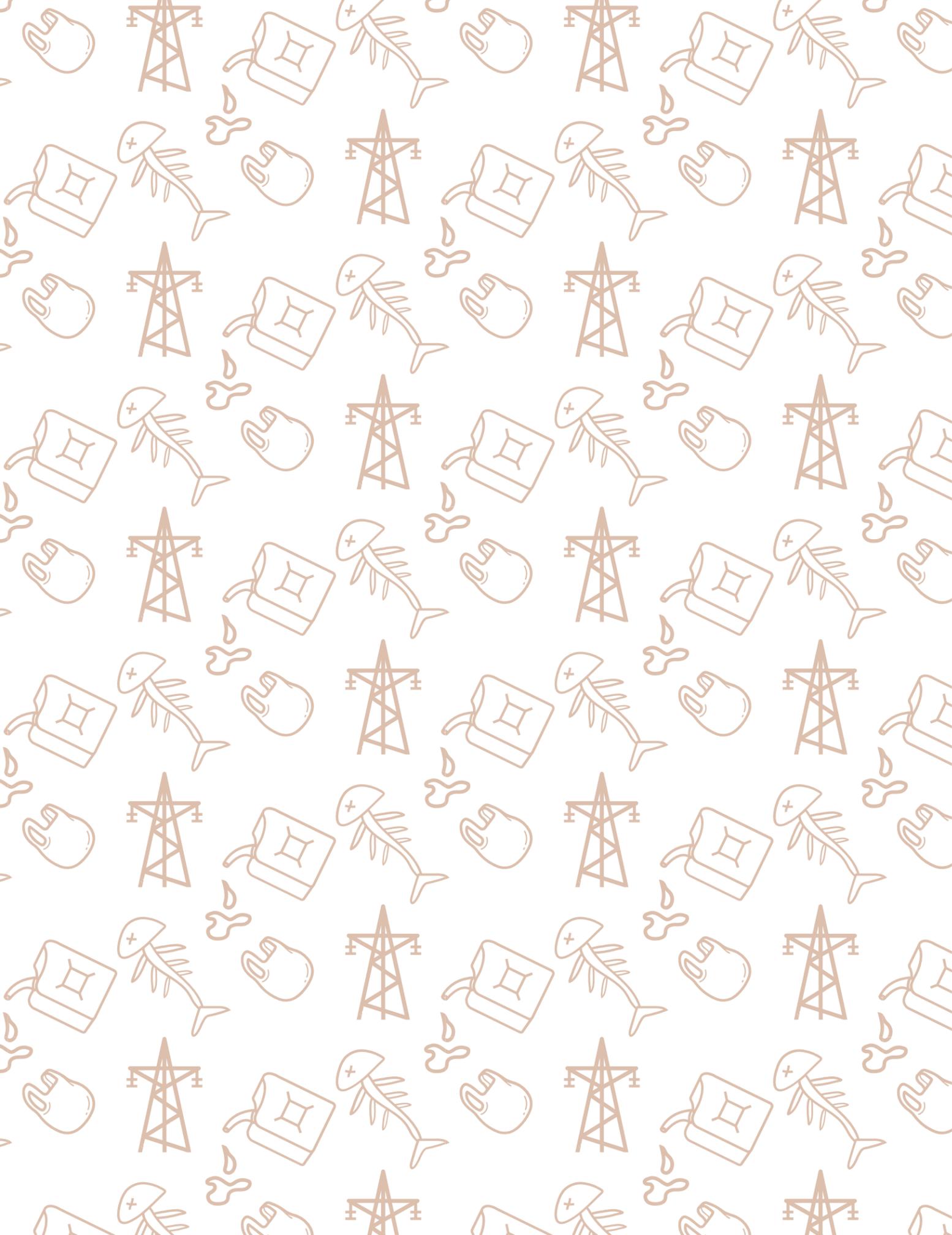
Basado en:

- INECOL. (s. f.). La función de la vegetación ribereña y calidad de los ríos. *Ciencia hoy*. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2017-06-26-16-35-48/17-ciencia-hoy/1014-la-funcion-de-la-vegetacion-riberena-y-la-calidad-de-los-rios#:~:text=Al%20retener%20el%20agua%2C%20la,a%20las%20corrientes%20de%20agua>
- 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>

Indicador 15

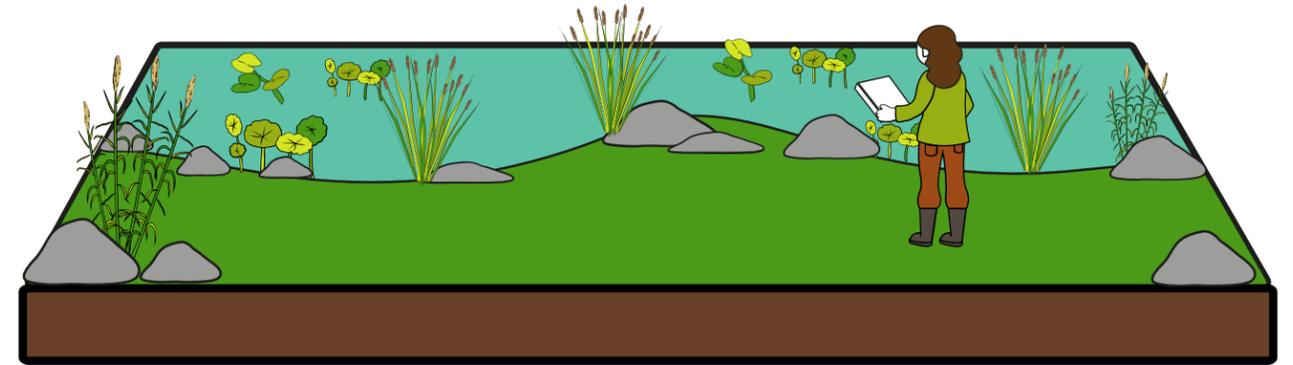
*Número de impactos generados por el humano





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:** apertura de caminos, aprovechamiento forestal, cambio de uso de suelo, pastoreo, líneas eléctricas, residuos sólidos (basura), residuos líquidos (derrames de alguna sustancia), presencia de aguas residuales, extracción de agua, daño en fauna (por ejemplo, pisoteo de mariposas o evidencia de cacería), daño en la vegetación (tala, daños en corteza, corte de flores, extracción de resinas, entre otros), quema de basura, entre otros
- Si el impacto se presenta en la vegetación o en el suelo
- Grado de afectación (ver tabla 1)
- Observaciones

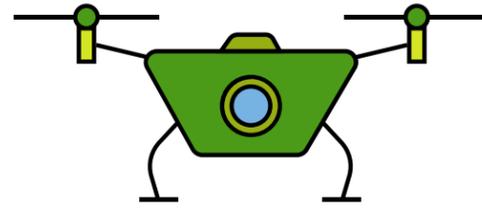
No perceptible	Cuando aun estando presente, el daño no afecta la integridad del cuerpo de agua
Menor	Cuando los efectos negativos causados a los recursos no son permanentes y se pueden recuperar sin intervención del hombre
Mediana	Cuando los daños a los recursos no son permanentes, pero sí se requiere 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.

Si se cuenta con drones se puede utilizar esta herramienta tecnológica para la identificación de ilícitos como talas clandestinas, saqueo de materiales y presencia de aguas residuales. El protocolo de uso de esta tecnología aún

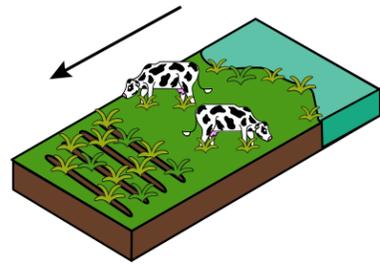
está en desarrollo. Al navegar con el equipo, ubique las zonas en donde se observan ilícitos en las imágenes obtenidas y corrobore en campo para medir el impacto.

Por otra parte, mediante la organización y coordinación entre autoridades del ANP y los prestadores de servicios turísticos se recomienda acordar el llenado de una bitácora, en la cual se registre el número de turistas visitan estos humedales dentro de las Áreas Naturales Protegidas.

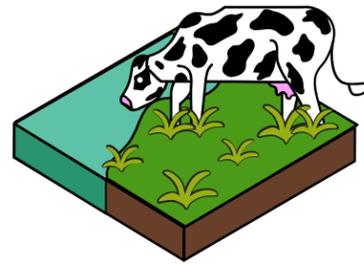


Basado en:

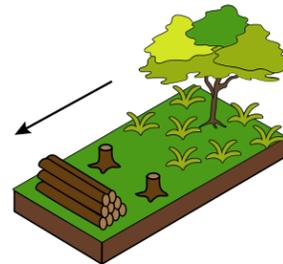
- FMCN, CONAFOR, USAID Y USFS. (2018). *Manual para muestrear la vegetación en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, BIOCOMU-NI-Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad, una guía para núcleos agrarios*. Comisión Nacional Forestal-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza.
- SEMARNAT. (2008). Capítulo 6. Agua. *Informe de la situación del medio ambiente en México*. Edición 2008. Compendio de estadísticas ambientales. http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/pdf/cap_6_agua.pdf



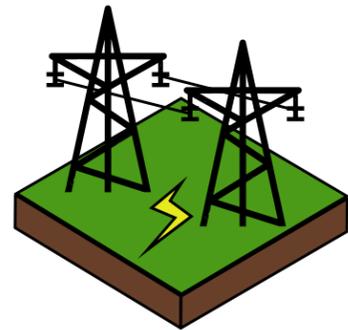
Cambio de uso de suelo



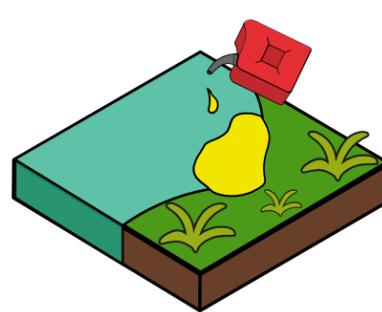
Pastoreo



Aprovechamiento forestal



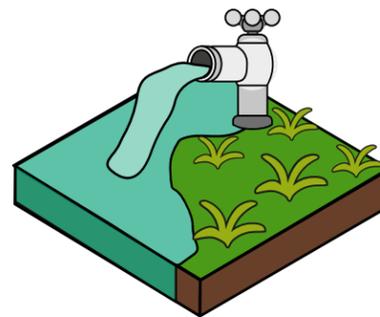
Líneas eléctricas



Residuos líquidos



Presencia de aguas residuales



Extracción de agua



Cacería



Residuos sólidos



Hojas de registro para el monitoreo
de indicadores de los ecosistemas

humedales

(pantanos, aguadas, ciénegas,
marismas, zonas inundables, y charcas)

Agradecimientos

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

- 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.**

