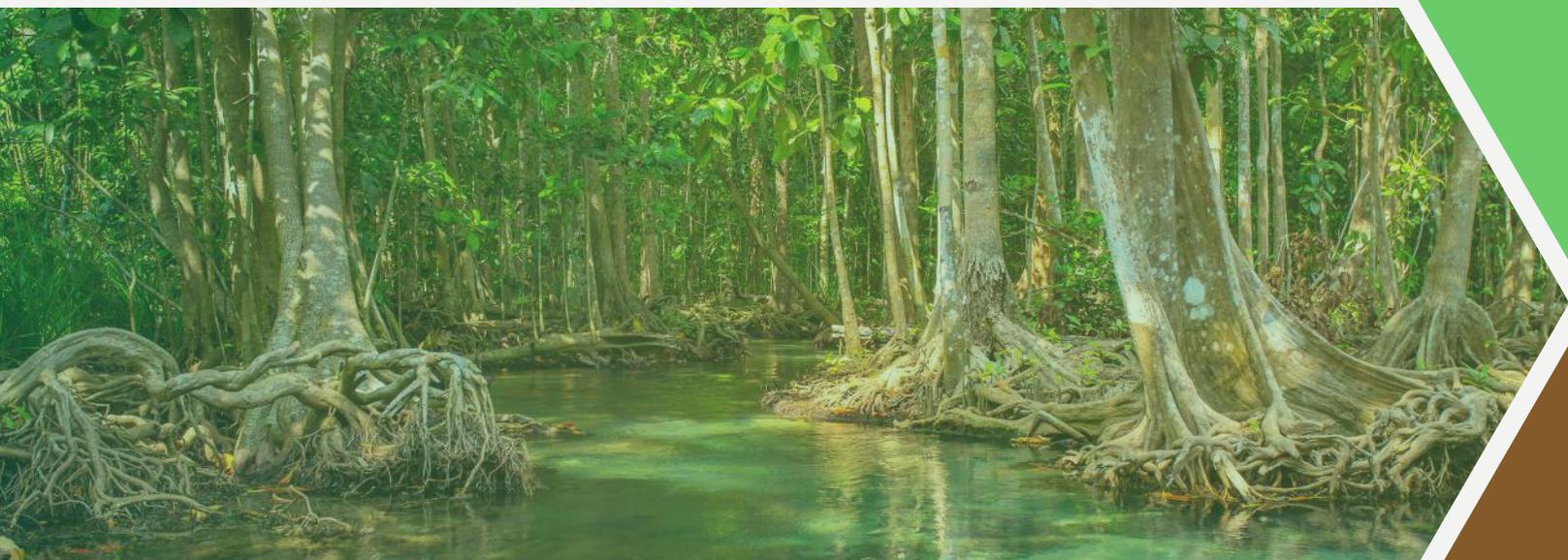


Protocolo para el monitoreo ecosistémico de **manglares** en Áreas Naturales Protegidas

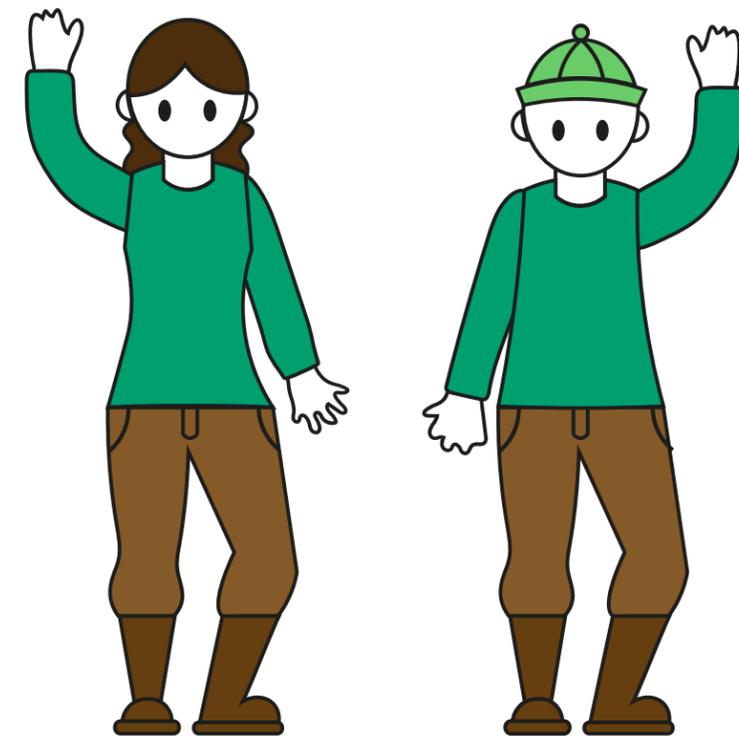


México, 2022

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



Protocolo para el
monitoreo ecosistémico de
manglares
en Áreas Naturales Protegidas



México, 2022

Primera edición digital: 21 de octubre del 2022

Revisión final: Claire Pérez Lemus, Catalina Vázquez Camacho y Sharon Patricia Morales Díaz

Fotografías: "Manglares a lo largo del agua verde turquesa en el arroyo" [fotografía], por Mazur Travel, ID: 297591356, 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 manglares 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
manglares
en Áreas Naturales Protegidas
México, 2022

Contenido

Introducción	9		
Indicadores que requieren trabajo de campo	13		
Modelo metodológico de manglares	15		
Indicador 1 			
Parámetros fisicoquímicos del agua intersticial			
Indicador 2			
*Concentración de sulfuros	17		
Parámetros fisicoquímicos del agua intersticial	19		
*Concentración de sulfuros	20		
Hoja de registro	116		
Indicador 3 			
*Potencial redox intersticial	23		
Hoja de registro	23		
Hoja de registro	116		
Indicador 4 			
Nutrientes del suelo (carbono, nitrógeno y fósforo)	27		
Hoja de registro	117		
Indicador 5 			
*Densidad aparente del suelo	31		
Método con cilindro	33		
Método con pala	34		
Hoja de registro	118		
Indicador 6 			
*Porcentaje de materia orgánica del suelo	37		
Hoja de registro	119		
Indicador 7 			
*Hidroperiodo	43		
Hoja de registro	120		
Indicador 8 			
*Diversidad de manglares			
Indicador 9			
*Área basal			
Indicador 10			
*Densidad de árboles			
Indicador 11			
Altura total, del fuste limpio y del tocón	47		
Para todos los indicadores	49		
*Área basal	49		
I. Medida del DN en manglares arbóreos	50		
II. Para las medidas de <i>Rizophora mangle</i>	51		
III. En los manglares arbustivos	52		
Altura total, del fuste limpio y del tocón	54		
Hoja de registro	121		
Indicador 12 			
*Densidad y altura de neumatóforos	59		
Hoja de registro	122		
Indicador 13 			
*Regeneración del manglar	63		
Hoja de registro	123		
Indicador 14 			
Número de presiones antrópicas	69		
Hoja de registro	124		



Indicador 15 

Productividad de hojarasca

75

Hoja de registro

125

Indicador 16 

Productividad de raíces

81

Hoja de registro

126

Indicador 17 

*Tasa de mortalidad de los individuos del manglar

85

Hoja de registro

127

Indicador 18 

*Tasa de crecimiento de los individuos del manglar

89

Hoja de registro

128

Indicador 19 

Presencia de cangrejos

95

Hoja de registro

129

Indicador 20 

Riqueza de peces

99

Transectos al azar

101

Monitoreo mediante capturas por pescadores

102

Monitoreo mediante entrevistas a pescadores

103

Hoja de registro

130

Indicador 21 

Diversidad de aves

105

Censo por área

107

Puntos de conteo de dos bandas

107

(Para aquellos sitios con hábitats continuos)

107

Hoja de registro

131

Indicador 22 

*Proporción de especies exóticas-invasoras
de alto impacto

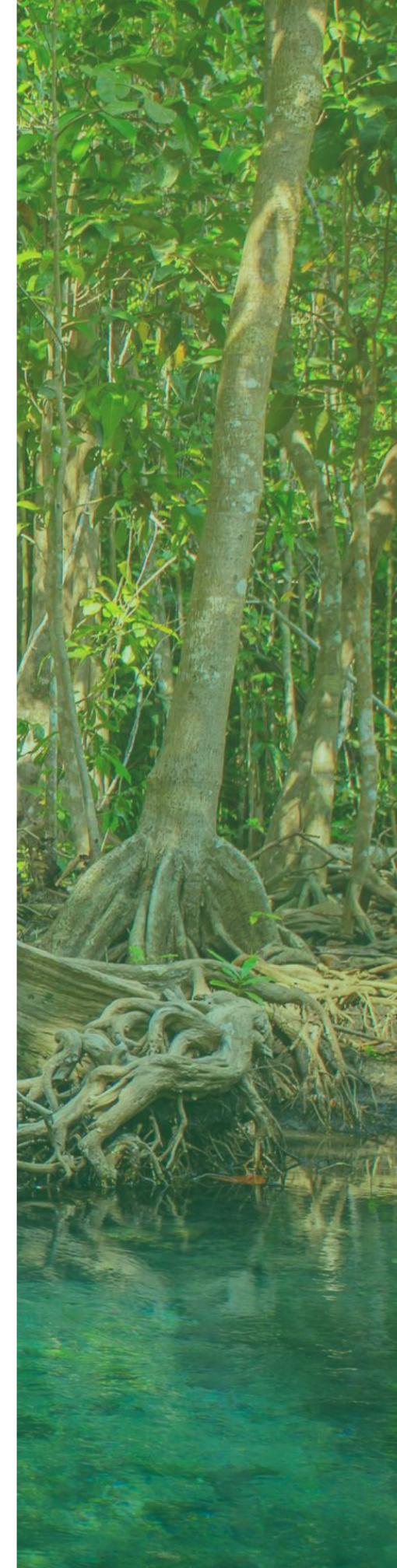
111

Recomendaciones

133

Agradecimientos

135



Introducción

El siguiente protocolo de manglares 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 (composición, estructura, función, presiones y amenazas).

1 Herrera *et al.*, 2004
2 Komar *et al.*, 2014
3 Carrillo-García, 2018; Macías-Caballero *et al.*, 2014
4 Andrello *et al.*, 2021
5 Parrish *et al.*, 2003

Basado en:

- Carrillo-García, D. M. (2018). *Indicadores para monitorear la integridad ecológica de los arrecifes de coral: el caso del caribe mexicano* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México. https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000769592
- Herrera, B., y Corrales, L. (2004). *Manual para la evaluación y monitoreo de la integridad ecológica en áreas protegidas*. Programa Ambiental Regional para Centroamérica. https://www.researchgate.net/publication/308202055_Manual_para_la_evaluacion_y_monitoreo_de_la_integridad_ecologica_en_areas_protegidas
- 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*. Sistema Nacional de Investigación Forestal (SINFOR), Escuela Agrícola Panamericana (EAP /Universidad Zamorano) y Proyecto USAID. https://www.researchgate.net/publication/306611581_Guia_para_el_monitoreo_de_integridad_ecologica_en_el_Sistema_Nacional_de_Areas_Protegidas_y_Vida_Silvestre_de_Honduras
- Macías, C., Contreras, S., Martínez, E., Alba, M. P., Cárdenas, O. G., Alcántara, P. C., García, G., González, J., Monroy, A. G., Cruz, N. N., Salazar, A., Torres, L. F., Cervantes, 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* (TNC). https://www.researchgate.net/publication/279931131_Diseño_de_protocolos_de_monitoreo_para_estimar_la_integridad_ecologica_en_selvas_y_bosques_de_sitios_prioritarios_de_la_Alianza_Mexico_REDD
- 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. doi: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053BioScience,53\(9\),851-860](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053BioScience,53(9),851-860).

Indicadores que requieren trabajo de campo

Elementos fundamentales de los ecosistemas	Indicador	Tipo de muestreo	Equipo necesario	Frecuencia de monitoreo
Función	1. *Parámetros fisicoquímicos del agua intersticial	Toma de muestra de agua intersticial, monitoreo y observacional	GPS, formatos de registro impresos, sonda multiparamétrica en caso de no contar con ella utilice un termómetro, refractómetro y potenciómetro	Cada tres meses
	2. Concentración de sulfuros	Toma de muestra de agua intersticial y química del azul de metileno	GPS, formatos de registro impresos, azul de metileno, cloruro férrico, pipetas, espectrofotómetro de campo y ampollitas	
	3. *Potencial redox intersticial	Electrodo de platino	GPS, formatos de registro impresos y electrodo de platino	Al menos cada tres meses, de ser posible una vez al mes
	4. Nutrientes del suelo (carbono, nitrógeno y fósforo)	Toma de muestra de suelo y análisis de laboratorio	GPS, formatos de registro impresos, nucleador de metal partido con un diámetro de 6 a 1 m de largo y bolsas	Anual
	5. *Densidad aparente del suelo	Toma de muestra de suelo	GPS, formatos de registro impresos, pequeños cilindros de 100 ml, bolsas de plástico, balanza y secador	
	6. *Porcentaje de materia orgánica del suelo	Transectos y toma de muestras de suelo	GPS, formatos de registro impresos, nucleador o barrenador, bolsas ziploc, dicromato de potasio, ácido sulfúrico concentrado, sulfato ferroso y difenilamina	
		7. *Hidroperiodo	Sensores de presión permanentes	GPS, formatos de registro impresos, sensores de presión permanente y tubos de PVC con tapa
Composición	8. *Diversidad de manglares	Parcelas	GPS, formatos de registro impresos, estacas o tubos de PVC, cinta diamétrica de preferencia, cinta de marcar (<i>flaggin</i>) y flexómetro	Dos veces al año
Estructura	9. *Área basal		GPS, formatos de registro impresos, regla, cinta de 50 m, cinta métrica de preferencia, cinta de marcar y flexómetro	Mínimo una vez al año, si es posible dos veces al año
Estructura	10. *Densidad de árboles	Parcelas	GPS, formatos de registro impresos	Mínimo una vez al año, si es posible dos veces al año
	11. Altura total, del fuste limpio y del tocón		GPS, formatos de registro impresos, flexómetro, cinta métrica o hipsómetros	
	12. *Densidad y altura de neumatóforos		GPS, formatos de registro impresos, regla, cinta métrica y vernier	
Función	13. *Regeneración del manglar	Subparcelas	GPS, formatos de registro impresos, cinta de 50 m, cinta diamétrica de preferencia, cinta de marcar (<i>flaggin</i>) y flexómetro	Mensual
Perturbaciones y amenazas	14. Número de presiones antrópicas	Parcelas	GPS, formatos de registro impresos	

Elementos fundamentales de los ecosistemas	Indicador	Tipo de muestreo	Equipo necesario	Frecuencia de monitoreo
Función	15. Productividad de hojarasca	Trampas de hojarasca	GPS, formatos de registro impresos, horno, trampas de hojarasca, guantes de carnaza y bolsa negra para coleccionar hojarasca	Al menos cada tres meses, o si es posible una vez al mes
	16. Productividad de raíces	Crecimiento de raíces en contenedor	GPS, formatos de registro impresos, horno, vernier, malla, sustrato y pala	Mínimo una vez al año, si es posible dos veces al año
	17. *Tasa de mortalidad de los individuos del manglar	Registro de los patrones de mortalidad de los individuos de manglar	GPS, formatos de registro impresos, libreta de campo y pluma	En bosque maduro, la escala temporal es anual; en áreas de repoblación natural o restauración la escala temporal debe ser trimestral
	18. *Tasa de crecimiento de los individuos del manglar	Registro de métricas de altura y DAP en distintos periodos de tiempo	GPS, formatos de registro impresos, regla de 30 cm, vernier, cinta métrica (flexómetro), etiquetas y cinchos de plástico	Trimestral o cuatrimestral
Composición	19. Presencia de cangrejos	Cuadrantes	GPS, formatos de registro impresos, cinta de 50 m, cinta diamétrica de preferencia, cinta de marcar (<i>flaggin</i>) y flexómetro	Dos veces al año
	20. Riqueza de peces	Transecto en banda	GPS, formatos de registro impresos, flexómetro, cinta para transecto, cámaras acuáticas y memorias SD de amplia capacidad	
	21. Diversidad de aves	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	Dos veces al año (temporada de sequía y lluviosa)
	22. *Proporción de especies exóticas-invasoras de alto impacto	Transecto en banda	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	Dos veces al año

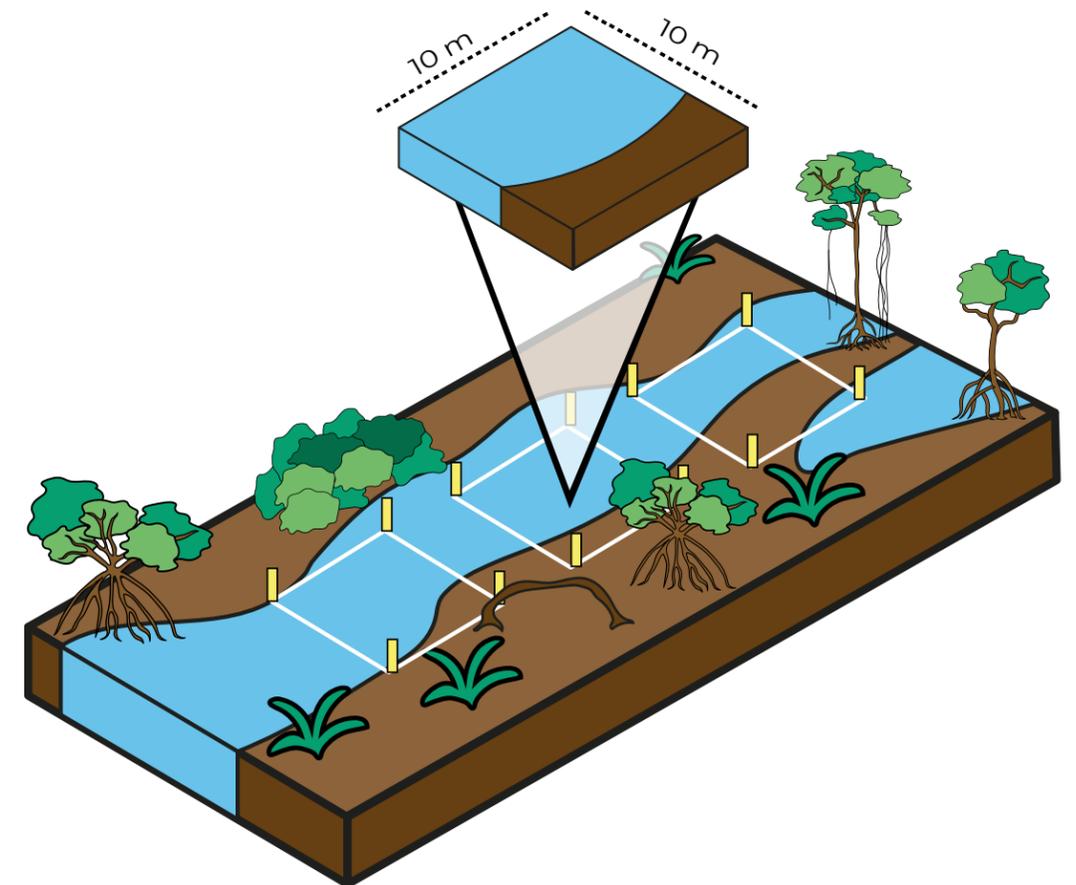
Tabla 1. Indicadores que requieren trabajo de campo.

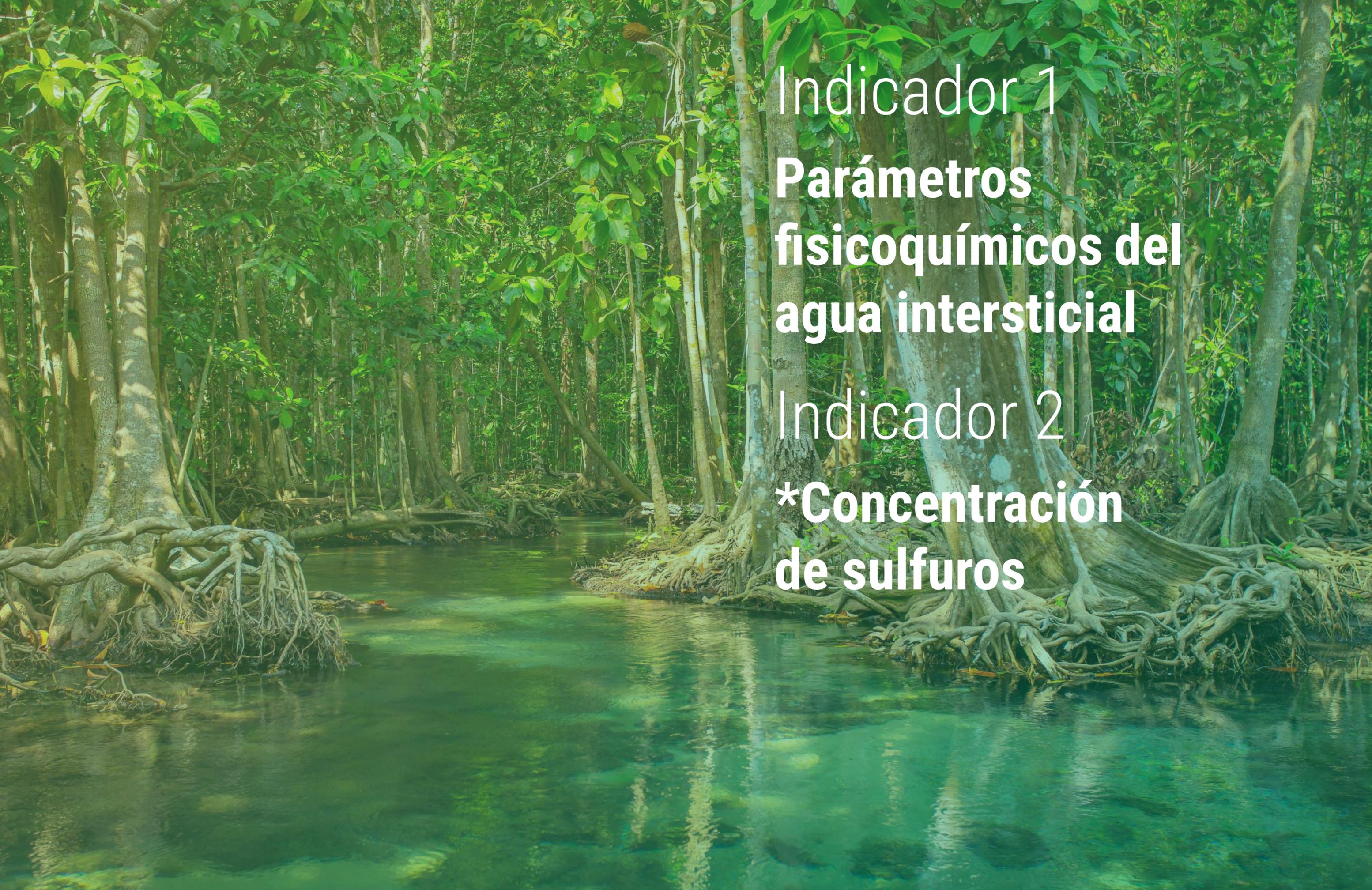
Nota: debido a que el objetivo de este protocolo es realizar un muestreo estandarizado, es de suma importancia que el esfuerzo de muestreo se mantenga para el caso particular de cada indicador.

Modelo metodológico de manglares

El siguiente protocolo se medirá en tres Unidades de Muestreo (UM) permanentes de 10 x 10 m; el muestreo debe ser representativo del manglar de estudio, a menos que el método de cada indicador mencione lo contrario. Es importante que las unidades se marquen con ayuda de estacas o tubos de PVC marcados con cinta *flaggin*, pintura fluorescente u otra marca que le resulte efectiva para visualizarlas fácilmente. Para realizar un manejo estricto de los datos de las UM es necesario que se realice y se registren las coordenadas de los vértices. De la misma manera, marque los árboles identificados en las UM.

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.





Indicador 1

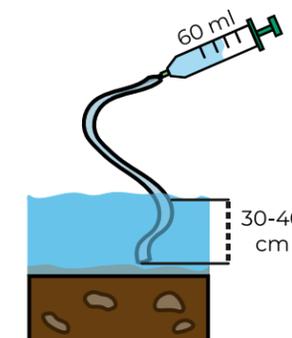
**Parámetros
fisisicoquímicos del
agua intersticial**

Indicador 2

***Concentración
de sulfuros**

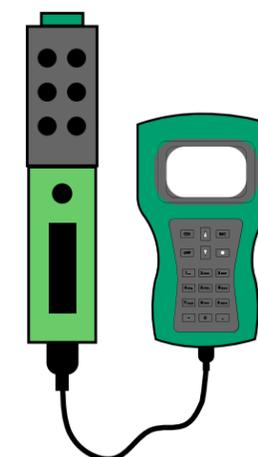
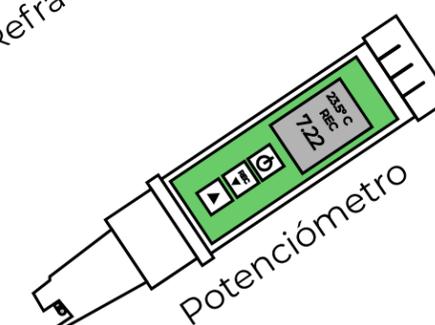
Para poder realizar la **medición** del indicador 2 se recomienda identificar un laboratorio local o foráneo y establecer un convenio de colaboración entre el ANP y el laboratorio que cuente con el equipo y la experiencias para el análisis de las muestras.

- 1 Para llevar a cabo la medición de estos parámetros, extraiga una muestra de agua intersticial a 30 o 40 cm de profundidad con ayuda de un sifón y jeringa (consiste en un tubo de acrílico conectado a una jeringa de 60 ml). Etiquete correctamente y mantenga la muestra de agua.

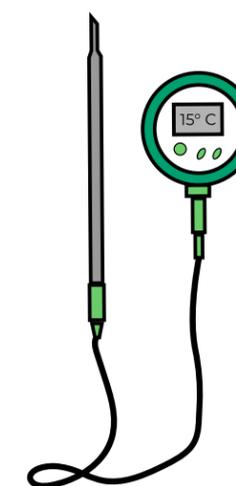


Parámetros fisicoquímicos del agua intersticial

- 1 A partir de la muestra de agua colectada anteriormente, tome la medición de la salinidad, temperatura y pH con ayuda de una sonda multiparamétrica. En caso de no contar con esta sonda, utilice un termómetro, un refractómetro y un potenciómetro para tomar las mediciones.



Sonda multiparamétrica

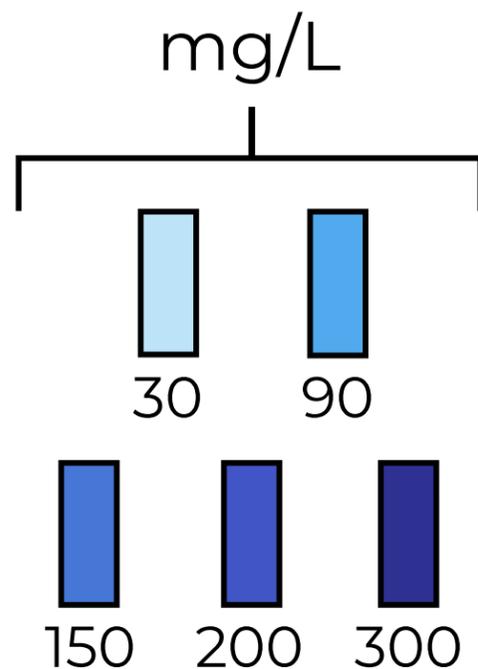
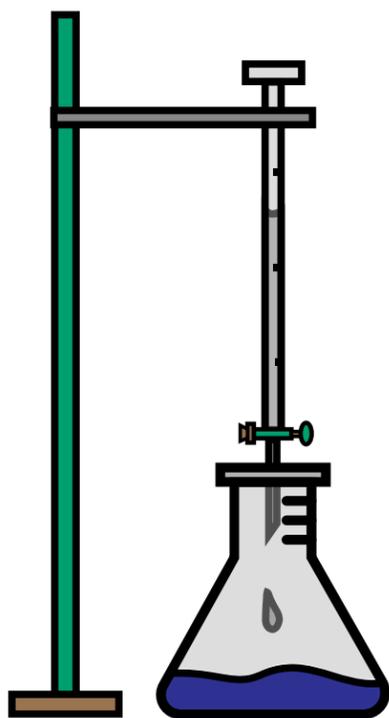


Termómetro

*Concentración de sulfuros

1 Colecte una muestra de agua exclusiva para la evaluación de la concentración de sulfuros, se empleará el método por espectrofotometría a través de la química del azul de metileno. La cual será realizada en el laboratorio con el que se haya hecho el acuerdo.

2 Registre datos.



Datos a registrar:

- Coordenadas geográficas del punto donde se tomen las muestras de agua
- Valor de la salinidad expresado en PPM
- Observaciones que pueden influir en la salinidad (lluvias, inundaciones y estancamientos)
- Valor de temperatura en grados Celsius (°C)
- Valor de pH
- Concentración de sulfuros
- Cualquier observación relacionada con las condiciones ambientales y locales que se presentaron durante el monitoreo de los parámetros
- Observaciones

Basado en:

- Álvarez, R. (2003). Los manglares de Colombia y la recuperación de sus áreas degradadas: revisión bibliográfica y nuevas experiencias. *Madera y Bosques*, 9(1), 3-25. <https://doi.org/10.21829/myb.2003.911286>
- Ball, M. C. (2002). Interactive effect of salinity and irradiance of growth: implications for mangrove forest structure along salinity gradients. *Trees* 16, 126-139. <https://doi.org/10.1007/s00468-002-0169-3>
- Lewis, R. R. (1980). Techniques for restoring mangroves. En Lewis, R. (Ed.), *Proceedings of Wetland Restoration. Conference on Wetlands Restoration and Creation Conference*. <https://search.library.wisc.edu/digital/A4FKL-T63H6WQ4D8I>
- Olguín, E. J., Hernández, M. E., y Sánchez-Galván, G. (2007). Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 23(3), 139-154. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992007000300004
- Orem, W. y A., Bates. (2013). Characterization of sulfur forms and isotopic compositions in wetland soils. En DeLaune, R. D., Reddy, K. R., Richardson, C. J. y Megonigal, J. P. (eds.), *Methods in Biogeochemistry of wetlands* (741-764). Soil Science Society of America. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.2136/sssabookser10>
- Reddy, K. R., y De Laune, R. D. (2008). *Biogeochemistry of wetlands: science and applications* (1era edición). <https://doi.org/10.1201/9780203491454>
- Rodríguez-Zúñiga, M. T., Villeda-Chávez, A. D., Vázquez-Lule, M. Bejarano, M., Cruz-López, M., Olguín, S. A., Villela-Gaytán y Flores, R. (2018). *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). https://www.researchgate.net/publication/323847310_Metodos_para_la_caracterizacion_de_los_manglares_mexicanos_un_enfoque_espacial_multiescala

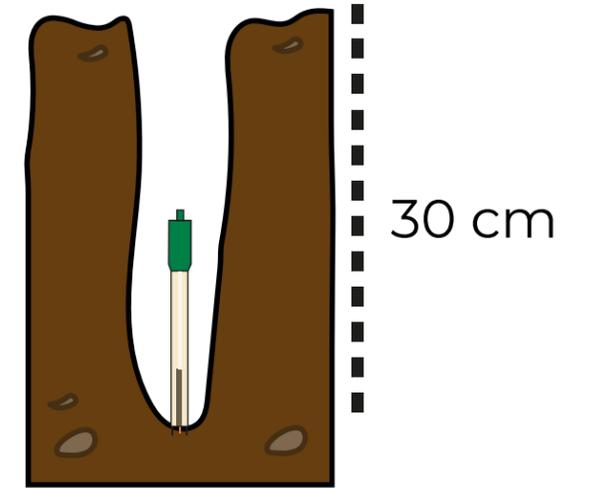
A photograph of a mangrove forest with a narrow water channel. The trees have prominent, gnarled roots extending into the water. The water is clear and reflects the surrounding greenery. The text is overlaid on the right side of the image.

Indicador 3

***Potencial
redox intersticial**



- 1** Seleccione un sitio dentro del área de manglar.
- 2** Inserte un electrodo de platino inerte en el suelo.
- 3** Tome la medida a una profundidad de 30 cm.
- 4** Registre datos.



Potenciales redox y sus efectos en diferentes elementos

Eh (mV)	Efectos
330	Desaparición de O ₂
250	Aparición de N ₂ O, N ₂ , NH ₄ ⁺
220	Desaparición de NO ₃ ⁻
200	Aparición de Mn ₂ ⁺
120	Aparición de Fe ₂ ⁺
-75- a -150	Aparición de S-
-150	Desaparición de SO ₄ ⁻
-250	Aparición de CH ₄

Datos a registrar:

- Coordenadas del punto donde se tome la medida del potencial redox
- Valor de potencial redox (mV)
- Observaciones

Fuente: Moreno-Casasola *et al.*, (2009), Rodríguez-Zúñiga *et al.*, (2018)

Basado en:

- Gutiérrez-Mendoza, J., y Herrera-Silveira, J. (2014). Almacenes de Carbono en manglares de tipo Chaparro en un escenario cárstico. En Paz, F. y R. Torres (Eds), *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2017* (460-469). https://www.uv.mx/personal/hevive-ros/files/2018/04/Cap%C3%ADtulo_CarbonoSintesis_Nacional_2017.pdf
- Megonigal, P. y M. Rabenhorst. (2013). Reduction-Oxidation Potential and oxygen. En DeLaune, R. D., Reddy, K. R., Richardson, C. J. y Megonigal, J. P. (eds.), *Methods in Biogeochemistry of wetlands* (71-85). Soil Science Society of America. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.2136/sssabookser10>
- Moreno-Casasola, P. y Warner, B. (2009). *Breviario para describir, observar y manejar humedales*. Serie Costa Sustentable no 1. RAMSAR, Instituto de Ecología a. c., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. http://www1.inecol.edu.mx/inecol/libros/Breviario_Humedales.pdf
- Rodríguez-Zúñiga, M. T., Villeda-Chávez, A. D., Vázquez-Lule, M. Bejarano, M., Cruz-López, M., Olguín, S. A., Vilella-Gaytán y Flores, R. (2018). *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). https://www.researchgate.net/publication/323847310_Metodos_para_la_caracterizacion_de_los_manglares_mexicanos_un_enfoque_espacial_multiescala

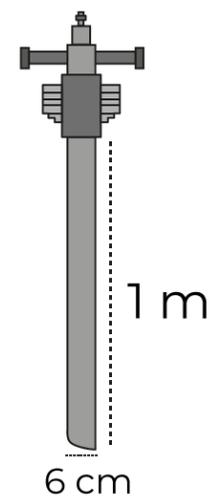


Indicador 4

Nutrientes del suelo (carbono, nitrógeno y fósforo)

Para poder realizar la **medición** del indicador se recomienda identificar un laboratorio local o foráneo y establecer un convenio de colaboración entre el ANP y el laboratorio que cuente con el equipo y la experiencias para el análisis de las muestras.

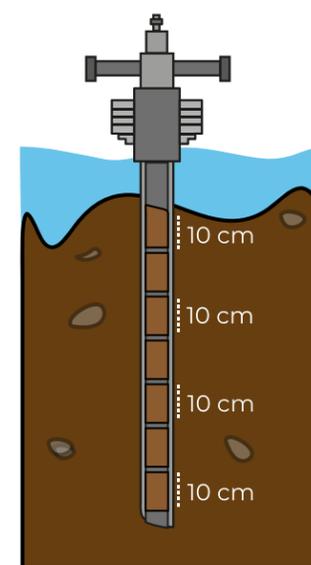
1 En cada sitio de muestreo, tome una muestra de suelo con ayuda de un nucleador de metal partido con un diámetro de 6 cm y 1 m de largo.



3 Las submuestras se colocarán en bolsas Ziploc®, se etiquetarán con el nombre de quien colectó la muestra, la fecha de colecta, sitio y profundidad de colecta de la muestra. Posteriormente, se trasladarán al laboratorio para determinar estos parámetros.



2 La muestra de sedimento se seccionara en intervalos de 10 cm.



4 Registre datos.

Datos a registrar:

- Coordenadas del punto donde se tomen las muestras de suelo
- ID
- Carbón ton/ha
- Nitrógeno ton/ha
- Fósforo ton/ha
- Observaciones

Basado en:

- Alongi, D. M. y Brinkman, R. (2011). Hydrology and biogeochemistry of mangrove forests. En Levia, D. F., Carlyle-Moses, D. y Tanaka, T. (Eds), *Forest hydrology and biogeochemistry, synthesis of past research and future directions, ecological studies* (203-219.). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-007-1363-5>
- Rodríguez-Zúñiga, M. T., Villeda-Chávez, A. D., Vázquez-Lule, M. Bejarano, M., Cruz-López, M., Olgún, S. A., Villeda-Gaytán y Flores, R. (2018). *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). https://www.researchgate.net/publication/323847310_Metodos_para_la_caracterizacion_de_los_manglares_mexicanos_un_enfoque_espacial_multiescala

Indicador 5

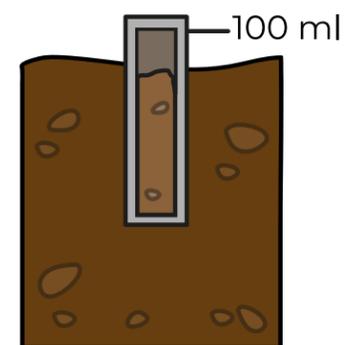
*Densidad aparente del suelo



Para este indicador se proponen dos métodos, de los cuales, su selección estará sujeta a la disponibilidad de recursos del ANP.

Método con cilindro

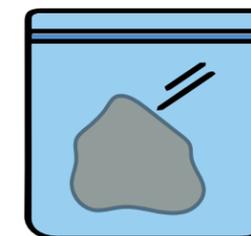
1 Obtenga una muestra de suelo de cada sitio con ayuda de pequeños cilindros de 100 ml.



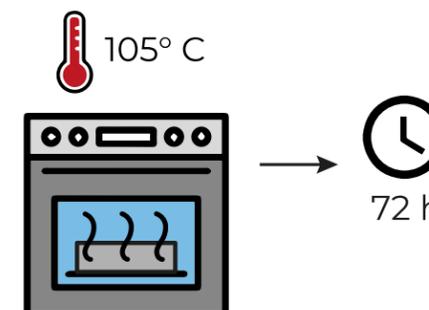
2 Pese el suelo húmedo.



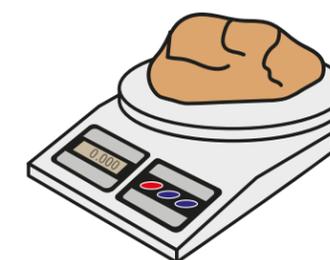
3 Etiquete las muestras correctamente con el nombre de quien colectó la muestra, la fecha de colecta, sitio y coordenadas de muestreo.



4 Lleve la muestra al laboratorio donde se secará a 105 °C por 72 horas.

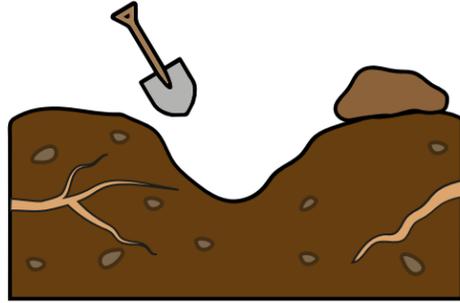


5 Pese el suelo seco y registre datos (página 37).

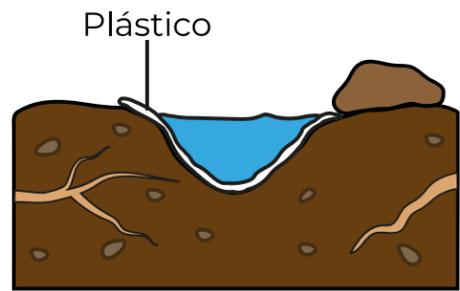


Método con pala

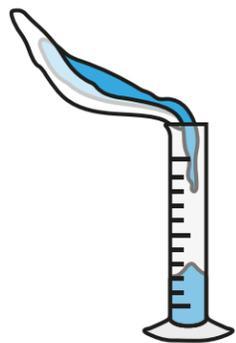
- 1** Extraiga un volumen determinado de suelo.



- 2** Cubra el espacio creado con una bolsa de plástico y llénelo con agua.



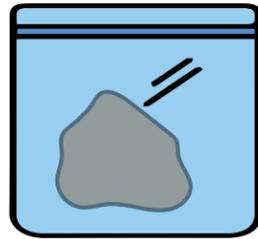
- 3** Vacíe el agua en una probeta y mida el volumen.



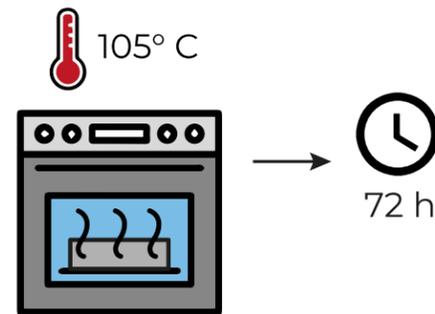
- 4** Pese el suelo removido con una báscula de campo.



- 5** Guarde una muestra de suelo para la determinación del peso seco.



- 6** Lleve la muestra al laboratorio donde se secará y coloque la muestra en el horno a 105 °C por 72 horas.



- 7** Pese el suelo seco y registre datos.



Datos a registrar:

- Coordenadas de los puntos en los que se extraigan las muestras de suelo
- Volumen del cilindro/agua
- Peso del suelo húmedo (g)
- Peso del suelo seco (g)
- Observaciones

Basado en:

- Rodríguez-Zúñiga, M. T., Villeda-Chávez, A. D., Vázquez-Lule, M. Bejarano, M., Cruz-López, M., Olgún, S. A., Villela-Gaytán y Flores, R. (2018). *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). https://www.researchgate.net/publication/323847310_Metodos_para_la_caracterizacion_de_los_manglares_mexicanos_un_enfoque_espacial_multiescala
- Siebe, C., Jahn, R. y Stahr, K. (2006). *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo* (Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo). <https://biblioteca.ecosur.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=000012981>

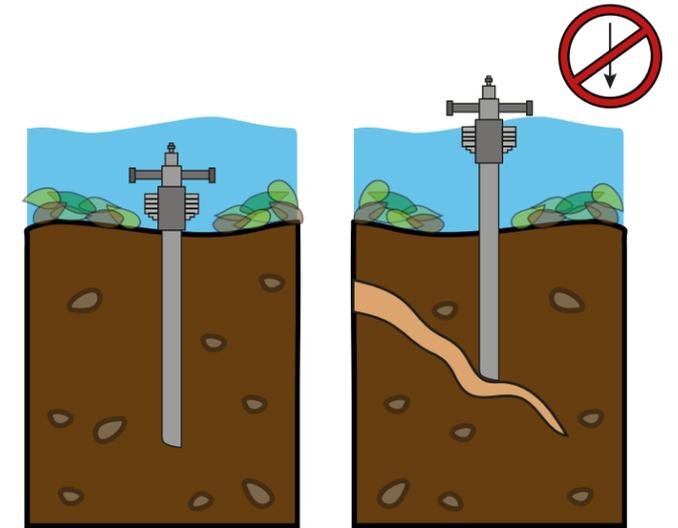
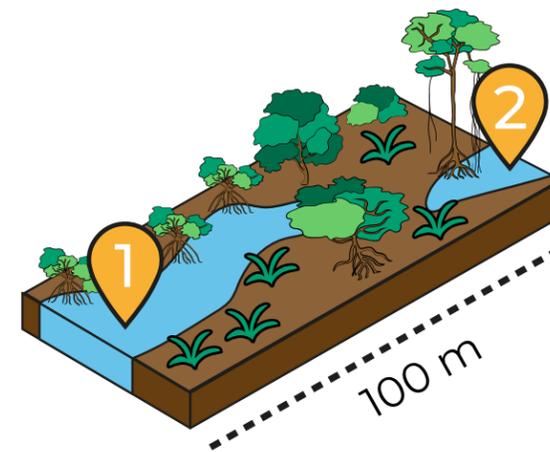


Indicador 6

*Porcentaje de materia orgánica del suelo

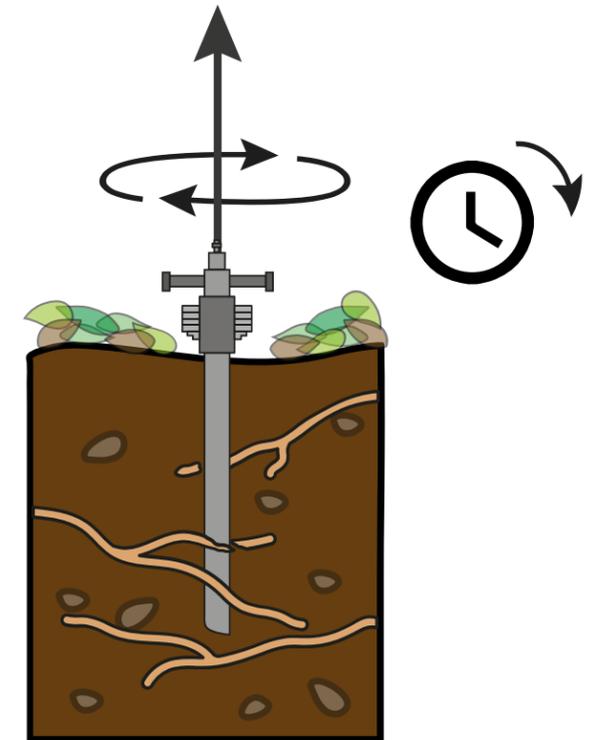
Para poder realizar la **medición** del indicador se recomienda identificar un laboratorio local o foráneo y establecer un convenio de colaboración entre el ANP y el laboratorio que cuente con el equipo y la experiencias para el análisis de las muestras.

- 1 Establezca un transecto de 100 m a lo largo de los manglares.

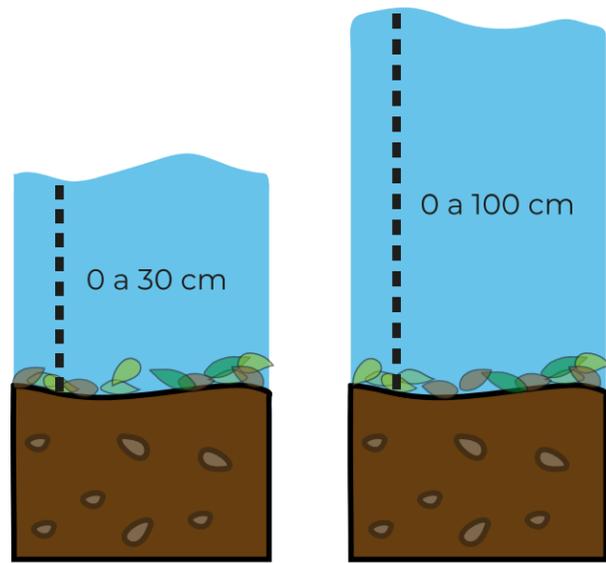


- 2 Tome una muestra de suelo al inicio del transecto y otra muestra al final de este. Para tomar las muestras, quite la hojarasca presente en el suelo e inserte el nucleador de forma vertical hasta que la parte superior del nucleador esté al nivel del suelo. Si no logra penetrar hasta el fondo no hay que forzarlo, ya que es probable que una raíz esté obstruyendo el paso, por lo cual se recomienda realizarlo en otro sitio dentro del transecto.

- 3 Una vez introducido el nucleador, rótelos en dirección a las manecillas del reloj un par de veces para cortar las raíces delgadas.



4 Jale la muestra al mismo tiempo que se gira. Las muestras se deberán tomar a una profundidad de 0 a 30 cm en sustratos a baja profundidad (30 cm o menos), y de 0 a 100 cm en sitios como sustratos a más de 1 m de profundidad.



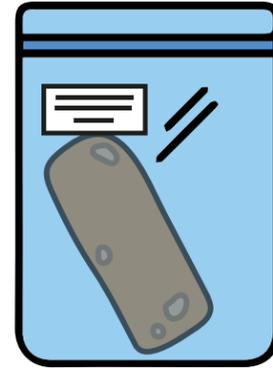
Suelo poco profundo

Suelo mayor a 1 m de profundidad

Nota: de acuerdo con Kauffman, y colaboradores (2011), se sugiere que se tomen muestras de las siguientes divisiones del suelo: 0-15 cm, 30-50 cm, 50-100 cm, y > 100 cm. Para profundidades mayores a 100 cm, se recomienda tomar muestras a un intervalo de 1 metro.

5 Una vez que se obtuvieron las muestras de suelo, colóquelas en bolsas de plástico, etiquételas correctamente con el nombre de quien colectó la muestra, la fecha de colecta, sitio y profundidad de colecta de la muestra.

6 Transportelas al laboratorio y se realice el análisis correspondiente para conocer el porcentaje de carbono orgánico del suelo.



7 Registre datos.

Datos a registrar:

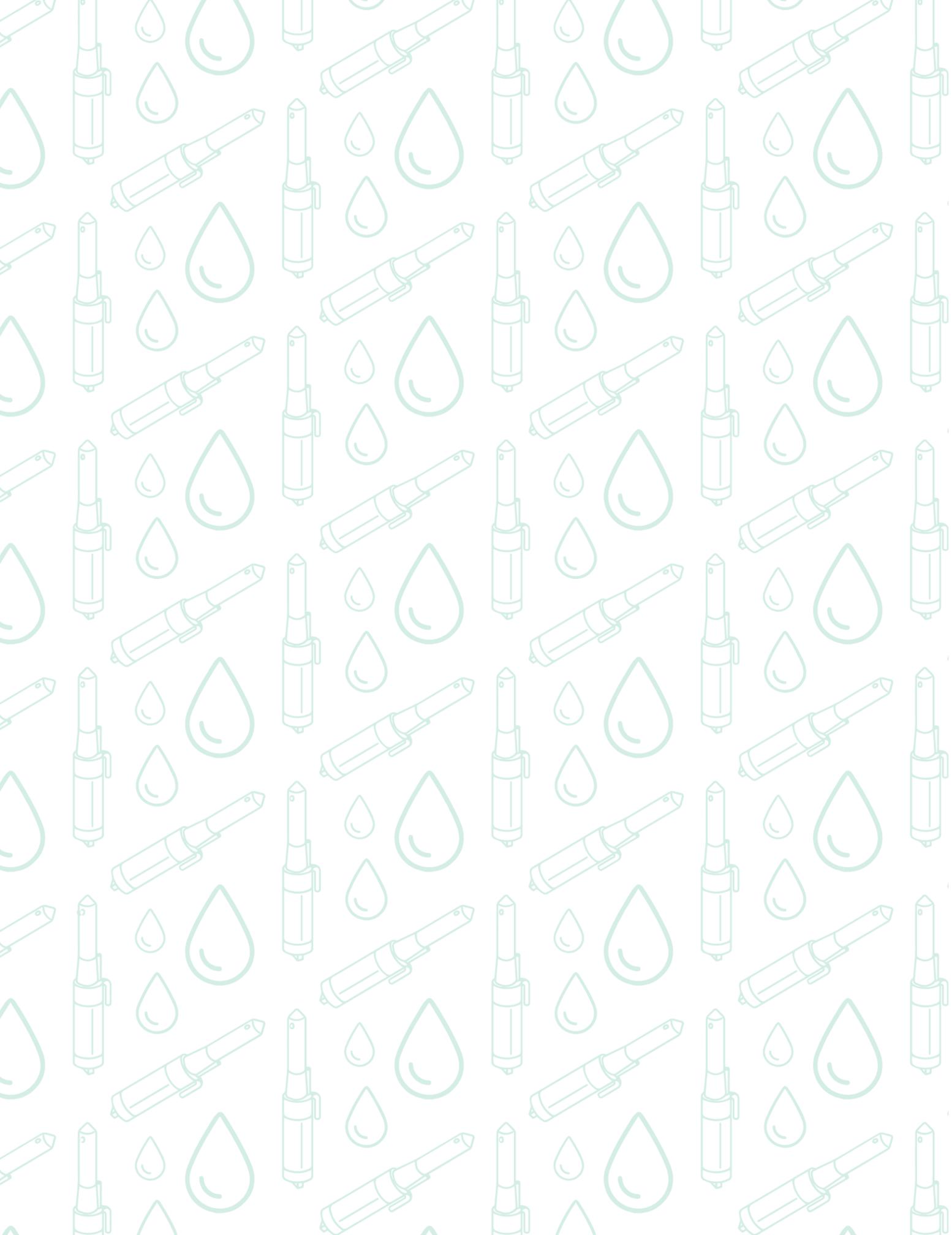
- Coordenadas geográficas de los puntos en los que se tomen las muestras de suelo
- Profundidad del suelo
- Identificador (ID)
- Porcentaje de carbono orgánico
- Observaciones

Basado en:

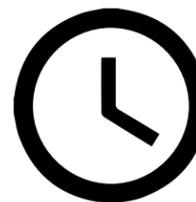
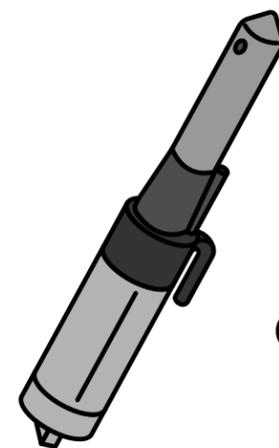
- Aguilera, S. (2000). *Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos* [tesis de licenciatura, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la Universidad de Chile <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121065>
- Kauffman, J. B., Donato, D. C. y Adame, M. F. (2013). *Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares*. Documento de Trabajo. Center for International Forestry Research (CIFOR). https://www.cifor.org/publications/pdf_files/WPapers/WP117Kauffman.pdf
- Mitsch, J. y Gosselink, G. (2000). The Values of Wetlands: Importance of Scale and Landscape Setting. *Ecological Economics*, 35, 25-33. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(00\)00165-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00165-8)
- Santiago, L. (2018). *Estimación del potencial de captura de carbono (C) del bosque de manglar de Tumulco de Tuxpan, Veracruz, México* [tesis de maestría, Universidad Veracruzana]. Repositorio académico de la Universidad Veracruzana <https://www.uv.mx/pozarica/mmemc/files/2020/02/LuisAlbertoSantiagoMolina.pdf>



Indicador 7
***Hidroperiodo**

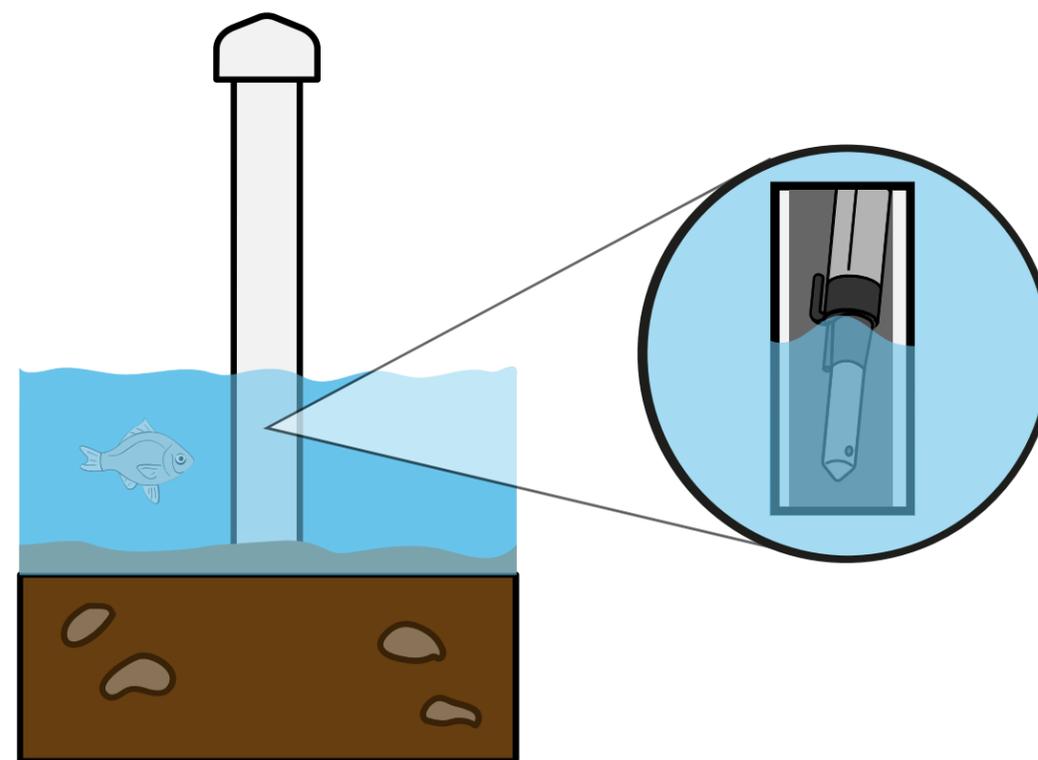


1 Utilice los sensores de presión permanentes programados para tomar registros cada dos horas.



Cada dos horas

2 Coloque el sensor dentro de un tubo de PVC cerrado en la parte superior, de tal manera que el sensor flote al nivel del agua.



3 Obtenga los datos del sensor.

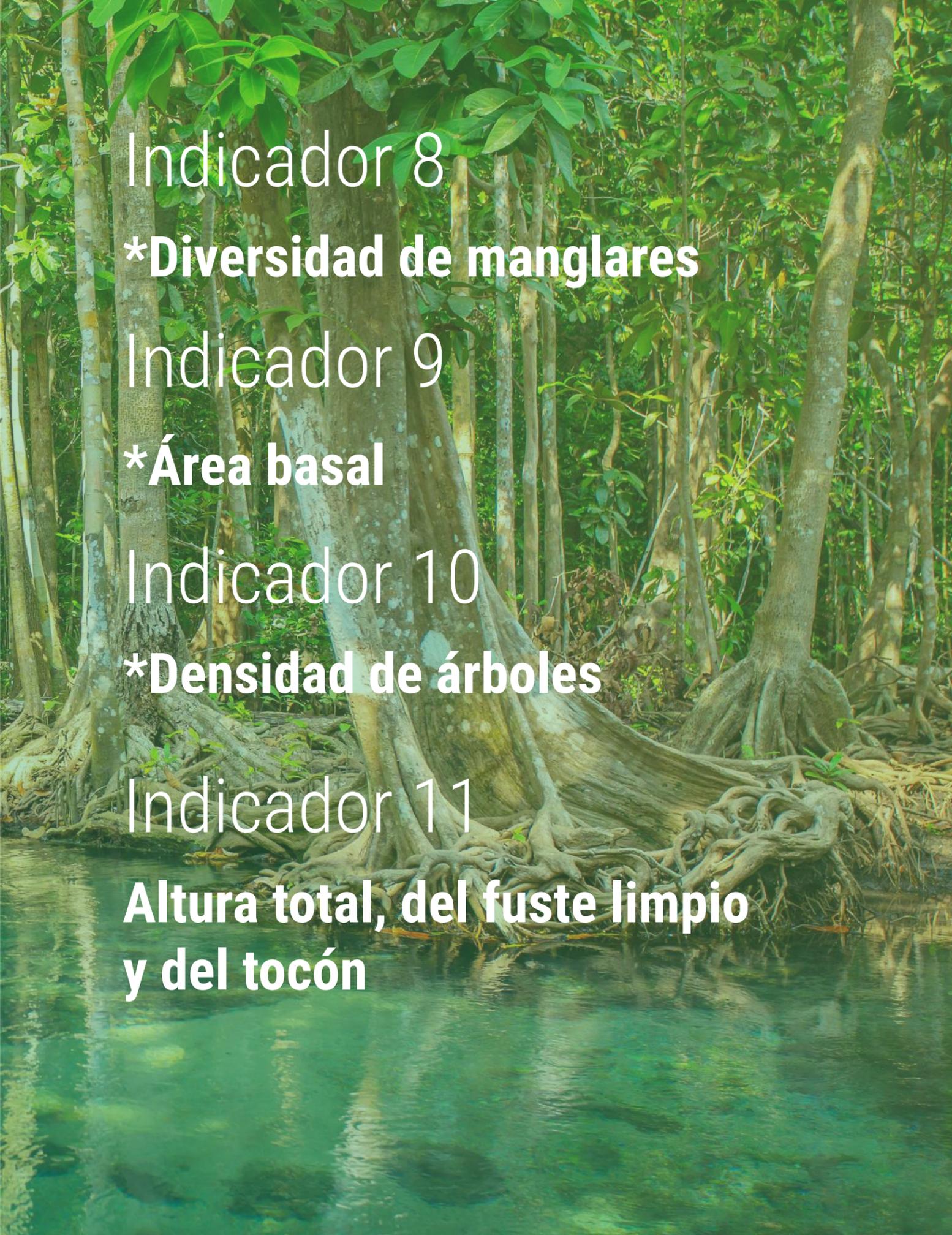
4 Registre datos.

Datos a registrar:

- Coordenada del sensor
- Nivel de inundación
- Frecuencia de inundación
- Duración de la inundación
- Observaciones

Basado en:

- Flores-Verdugo, F., Moreno-Casasola, P., Agraz-Hernández, C. M., López-Rosas, H., Benítez-Pardo, D., y Travieso-Bello, A. C. (2007). La topografía y el hidropériodo: dos factores que condicionan la restauración de los humedales costeros. *Botanical Sciences*, (80), 33-47. doi: 10.17129/botsci.1755
- Mitsch, J. y Gosselink, G. (2000). The Values of Wetlands: Importance of Scale and Landscape Setting. *Ecological Economics*, 35, 25-33. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(00\)00165-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00165-8)
- Gutiérrez-Mendoza, J., y Herrera-Silveira, J. (2014). Almacenes de Carbono en manglares de tipo Chaparro en un escenario cárstico. En Paz, F. y R. Torres (Eds), *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2017* (460-469). https://www.uv.mx/personal/hevive-ros/files/2018/04/Cap%C3%ADtulo_CarbonoSintesis_Nacional_2017.pdf
- Salas Rabaza, J. A. (2019). *Modulación del crecimiento inicial y la fisiología de Rhizophora mangle L. mediante cambios en el hidropériodo* [tesis de doctorado, Centro de Investigación Científica de Yucatán]. Repositorio cicy https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1574/1/PCB_M_Tesis_2019_Julio_Salas_Rabaza.pdf



Indicador 8

***Diversidad de manglares**

Indicador 9

***Área basal**

Indicador 10

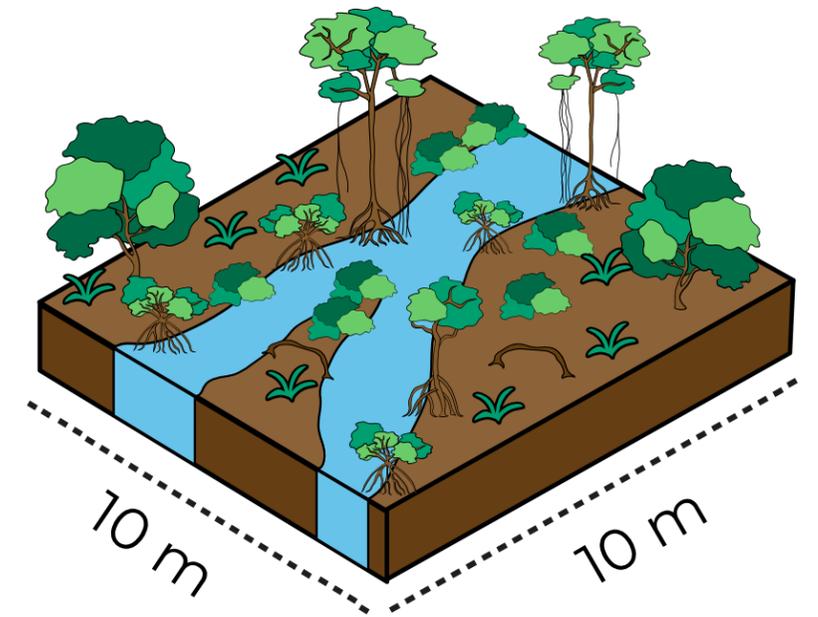
***Densidad de árboles**

Indicador 11

Altura total, del fuste limpio y del tocón

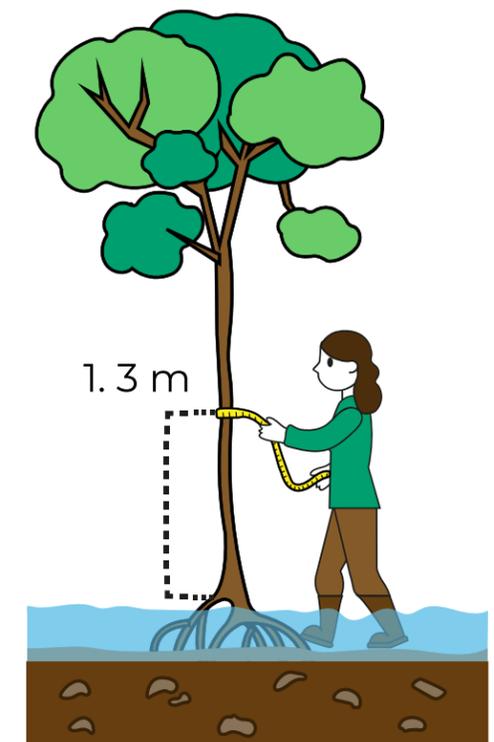
Para todos los indicadores

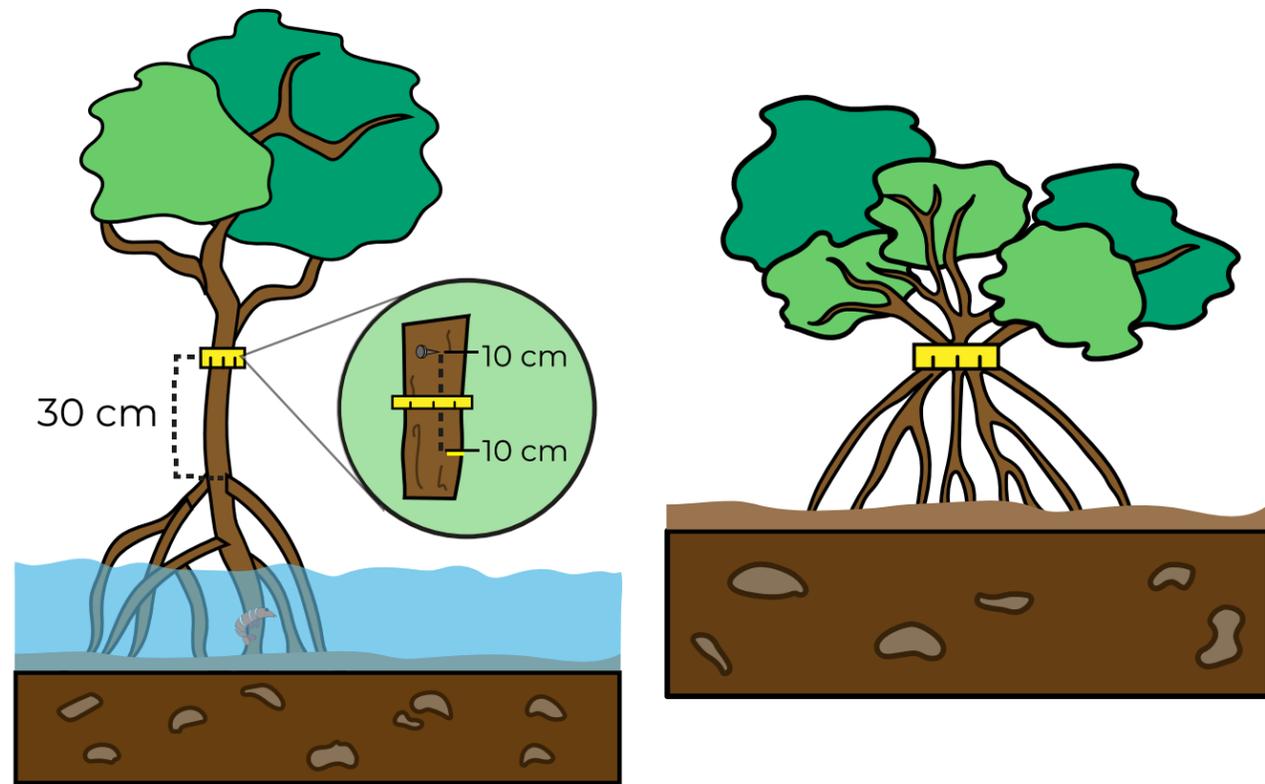
- 1 Dentro de la UM registre y asigne ID a cada individuo, identificando la especie a la que corresponde con ayuda de una guía de campo.
- 2 De las especies registradas dentro de la UM se registra el Diámetro Normal (DN) o diámetro a la altura del pecho (DAP).



*Área basal

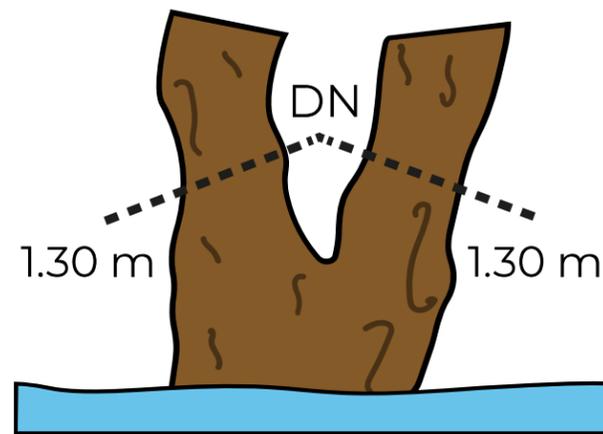
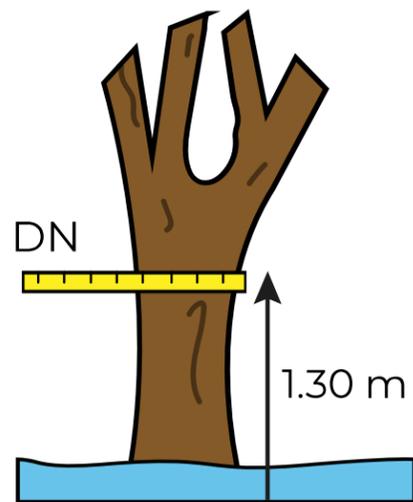
Nota: en manglares arbóreos se establece un diámetro mínimo de 2.5 cm. En estos, el diámetro debe medirse 30 cm arriba de la prolongación de las raíces. Se recomienda marcar con un clavo 10 cm arriba de la zona de medición para tener la referencia de ésta. Obtenga una segunda medida bajo la primera (respetando siempre los sitios de medición), ambas medidas se promedian para obtener el DN (Diámetro Normal) para evitar sesgos por posibles deformaciones del tronco. Para la obtención del DN en manglares arbustivos (< 2 m) debe medir los tallos de forma independiente realizar la suma de cada uno y obtener el promedio. En variaciones como árboles irregulares, vivos-caídos o dañados siga las siguientes indicaciones (Zúñiga et al., 2018).



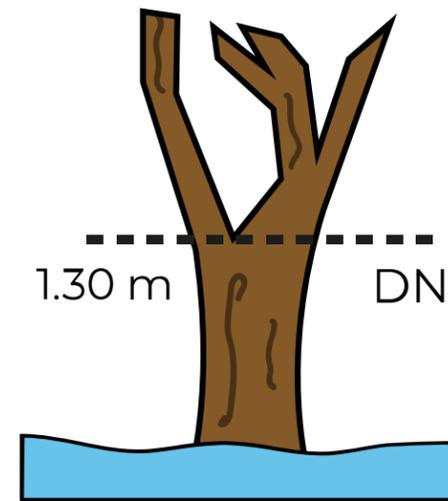


I. Medida del DN en manglares arbóreos

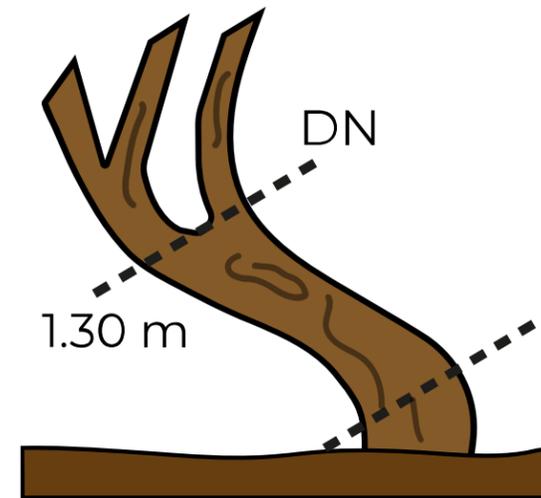
- 1 Tome la medida del DN a 1.30 m del suelo.
- 2 Por otro lado, si a la altura de 1.30 m, se encuentra el tronco bifurcado, se sumarán los DN de los troncos y se obtendrá el promedio.



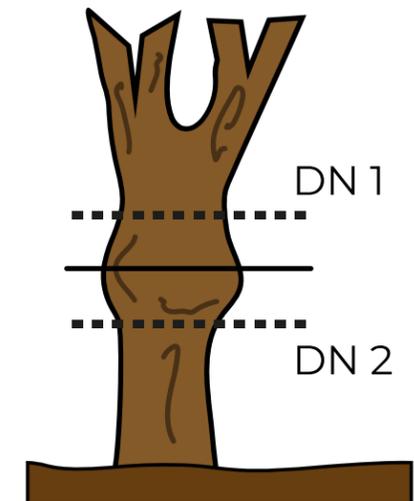
- 3 Si la bifurcación comienza inmediatamente después de los 1.30 m, se tomará el DN bajo la bifurcación exactamente en los 1.30 m.



- 5 Si el mangle está inclinado, tome la medida a 1.30 m siguiendo el eje del árbol y aplique las consideraciones expuestas anteriormente.

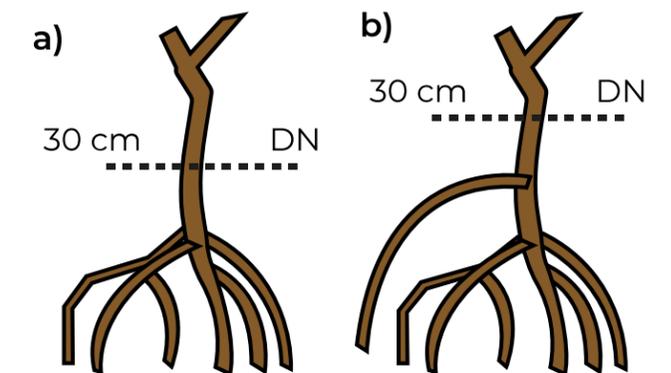


- 4 Si llegara a encontrar un nudo en la medida de 1.30 m obtenga el DN justo en la parte superior e inferior del nudo.

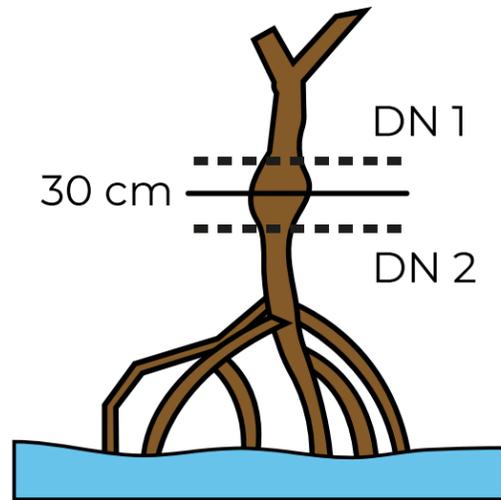


II. Para las medidas de *Rizophora mangle*

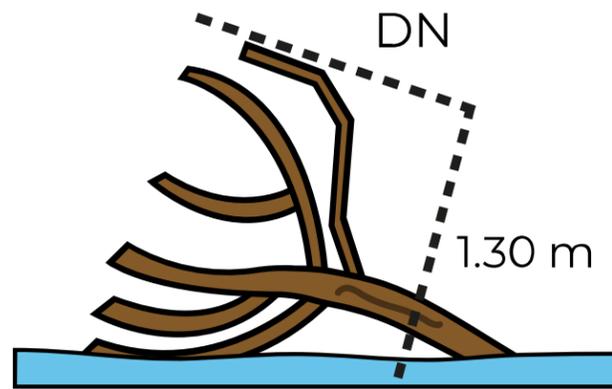
- 1 Tome el DN a los 30 cm a partir del nudo de las raíces expuestas (ilustración a) o inmediatamente después de la última raíz que toque el suelo (ilustración b). En caso de encontrar raíces que no han tocado el suelo, no las considere.



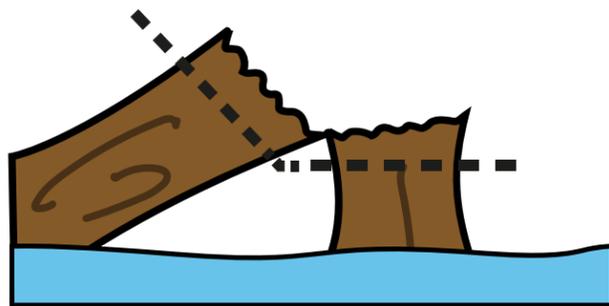
2 Si encuentra un nudo a la altura de 30 cm tome la medida del DN en la parte inmediata superior e inferior.



3 Por otro lado, si encuentra un árbol caído, vivo con la raíz expuesta y sin anclaje al suelo, mida desde la base de la raíz y hasta los 1.30 m.

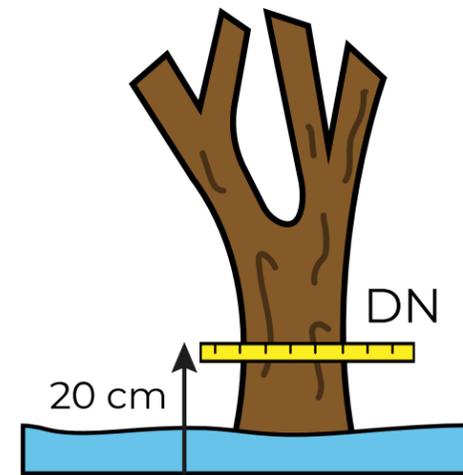
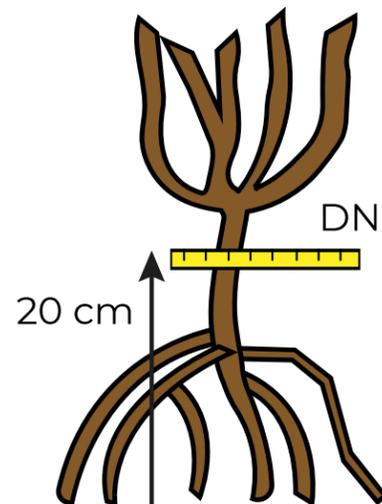


4 En caso de encontrar el árbol vivo partido o derribado que continúe anclado al suelo, mida el DN a una distancia de 30 cm a partir de la última raíz. En caso de que el tronco esté partido bajo los 30 cm mida bajo el corte anclado al suelo y el superior.

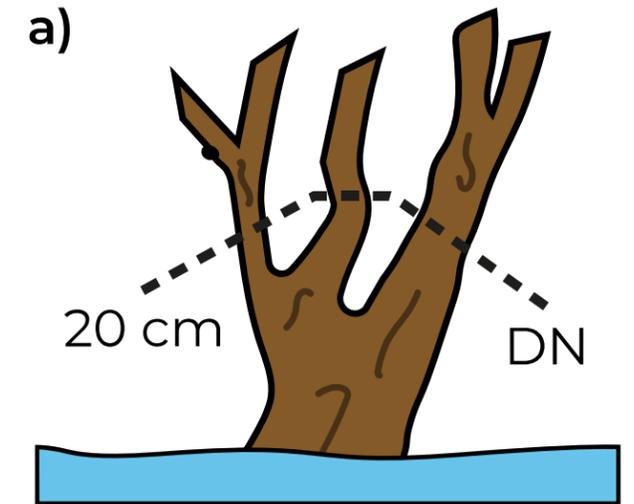


III. En los manglares arbustivos

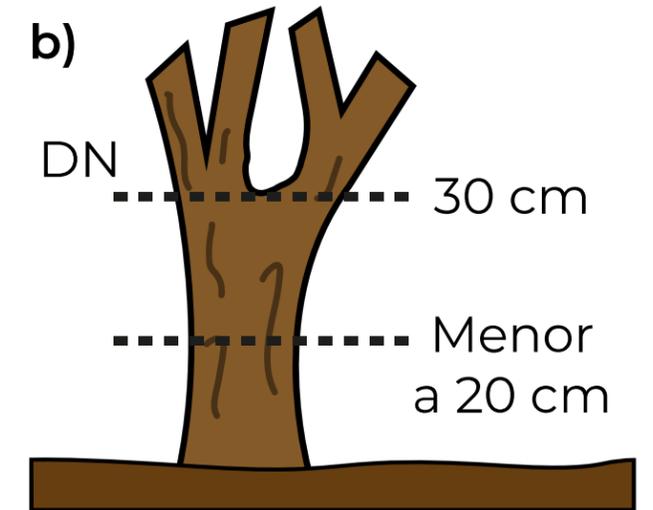
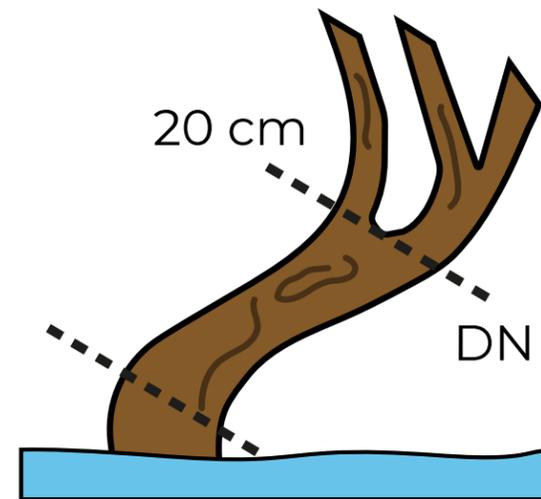
1 En el caso de *R. mangle*, a 20 cm del suelo o a 20 cm inmediatamente posterior a la raíz, mida el DN.



2 Si encuentra bifurcaciones en el tronco a la altura de 20 cm mida cada uno y obtenga el promedio (**ilustración a**). Si la bifurcación se encuentra a más de 20 cm, mida el DN justo en los 20 cm (bajo la bifurcación) (**ilustración b**).



3 En caso de que encuentre el mangle inclinado, tome la medida a 20 cm siguiendo el eje del árbol y aplique las consideraciones expuestas anteriormente.

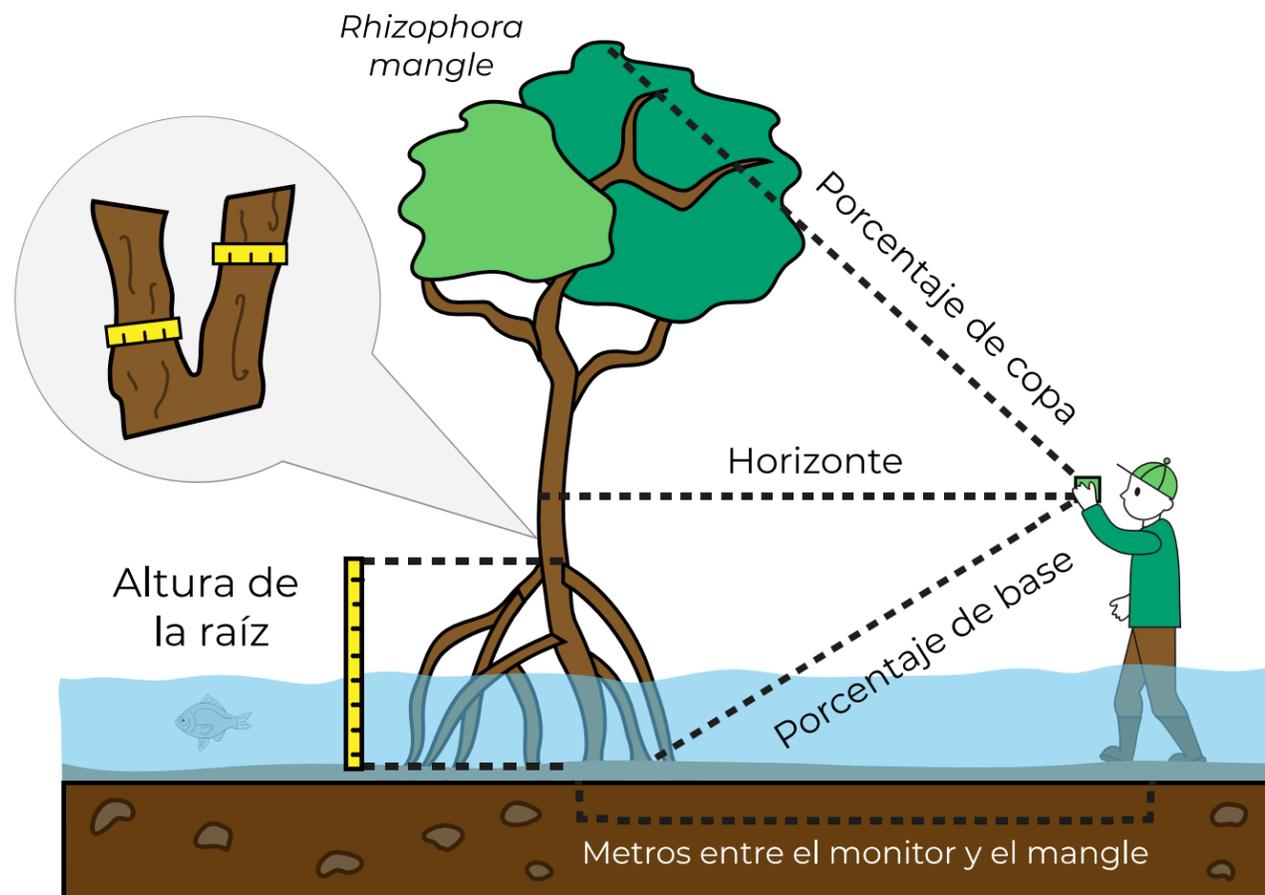


Altura total, del fuste limpio y del tocón

1 Mida la altura de la raíz (sólo para *R. mangle*).

2 Mida la altura total utilizando un clinómetro o una pistola Haga.

Nota: medición desde el nivel del suelo hasta la terminación de la copa. Dependiendo de la posición del árbol se deben seguir las recomendaciones de la FAO (2004). Si el individuo presenta dos fustes, si hubo una bifurcación antes de 1.30 m, tomarlo como 2 individuos separados.

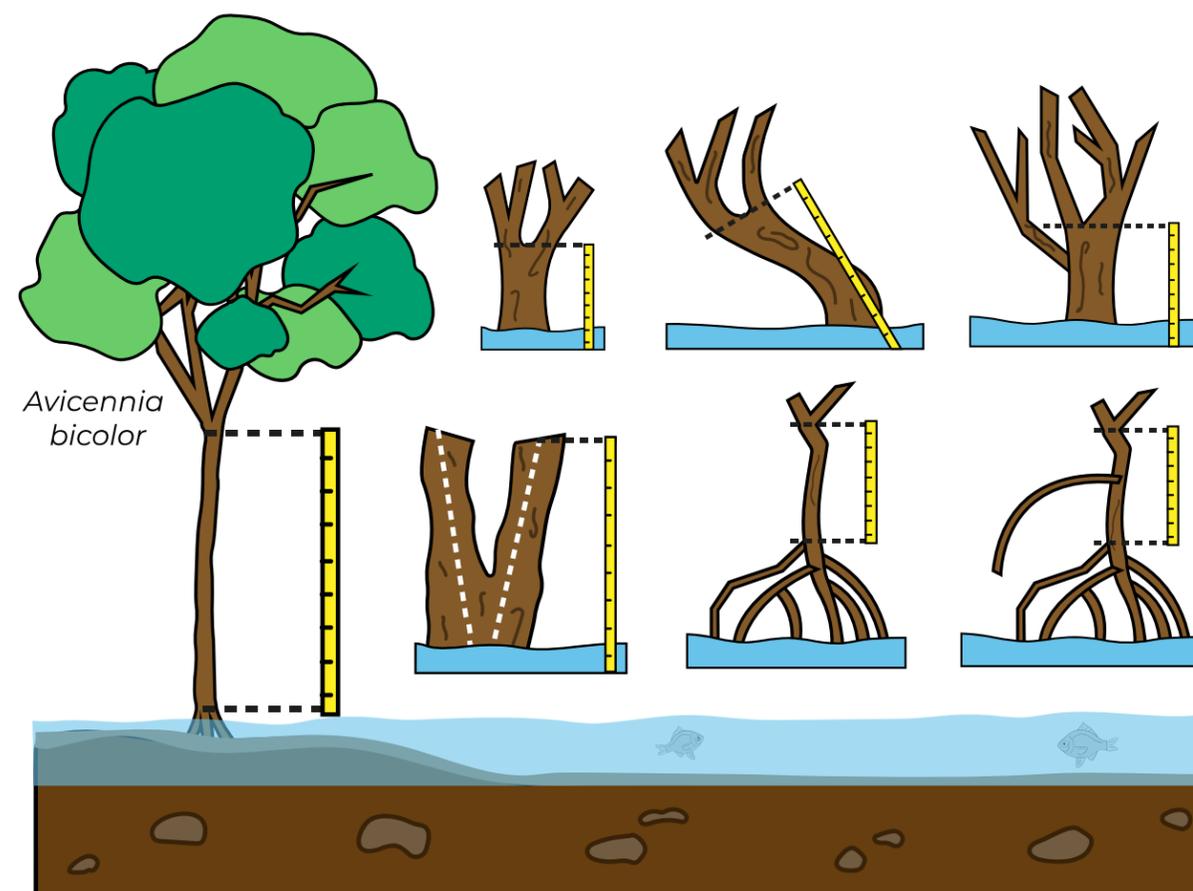


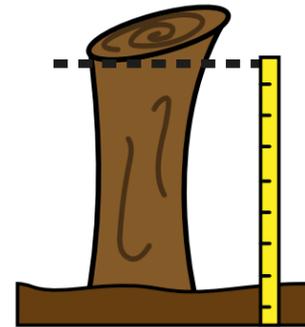
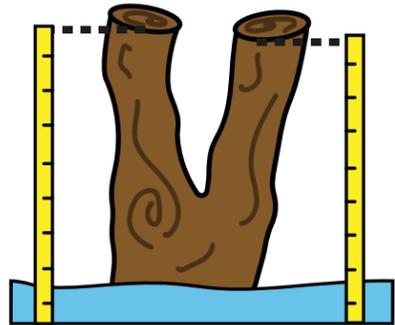
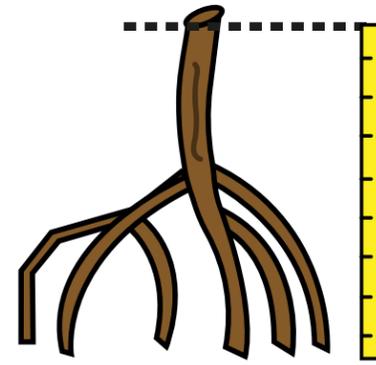
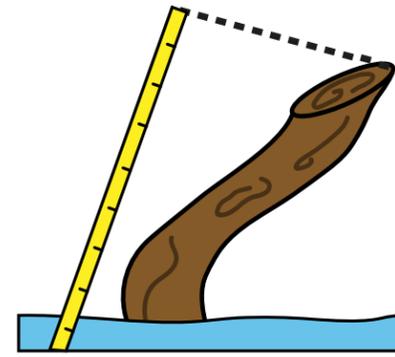
3 Altura del fuste limpio (para *Avicennia germinans*, *Avicennia bicolor*, *Conocarpus erectus*, y *Laguncularia racemosa*).

Nota: se mide cuando el objetivo es calcular la biomasa que aporta cada especie o evaluar la estructura forestal. Se mide entre el nivel del suelo y la porción del fuste en el que se insertan las ramas (donde comienza la copa). Para *R. mangle* se mide a partir de la última raíz que se inserta en el suelo (sin considerar las raíces adventicias que no tocan el suelo).

4 Altura del tocón.

Nota: si se quiere estudiar la tala y las características de los árboles que se extraen. Se mide la altura del segmento del individuo que quedó inserto en el suelo después del corte, desde el nivel del suelo. Si el corte del tocón es irregular medir hasta la parte más alta del tronco.





Basado en:

- Alonzo, P. D. (2011). *Mejoramiento de humedales de zonas cársticas y semiáridas de la Península de Yucatán-subzona de recuperación II de la Reserva de la Biosfera Ría Celestún (Isla Arena)*. (Informe Final SNIB-CONABIO. Proyecto HH002, México). Ducks Unlimited de México, AC. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfHH002.pdf>
- Herrera-Silveira, J. A., Camacho-Rico, A., Pech, E., Pech, M., Ramírez, J., y Teutli-Hernández, C. (2016). Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 61-72. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000100061
- Kauffman, J. B., Donato, D. C. y Adame, M. F. (2013). *Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares*. Documento de Trabajo. Center for International Forestry Research (CIFOR). https://www.cifor.org/publications/pdf_files/WPapers/WP117Kauffman.pdf
- Komiyama, P. K., A. Komiyama y S. K. Pongparn (2005). Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology* 21,471 – 477. doi:[10.1017/S0266467405002476](https://doi.org/10.1017/S0266467405002476)
- López-Portillo, J. A. (2012). *Programa regional para la caracterización y el monitoreo de ecosistemas de manglar del Golfo de México y Caribe mexicano: inicio de una red multi- institucional*. (Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. FN007). Veracruz. Instituto de Ecología A. C. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/cgibin/datos2.cgi?Letras=FN&Numero=7>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2004). *National Forest Inventory-Field Manual Template*. Forest Resources Assessment Programme of FAO. <https://www.fao.org/3/ae578e/ae578e.pdf>
- Perera-Valderrama, S., Cerdeira-Estrada, S., Martell-Dubois, R., Rosique-de la Cruz, L. O., Caballero-Aragón, H., Ressler, R., ... y Francisco-Ramos, V. (2020). *Protocolos de monitoreo de la biodiversidad marina en áreas naturales protegidas del Caribe mexicano*. Primera edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). <https://repository.oceanbestpractices.org/handle/11329/1409>
- Portillo, J. L., y Ezcurra, E. (2002). *Los manglares de México: una revisión. Madera y bosques*, 8, 27-51. <https://doi.org/10.21829/myb.2002.801290>
- Rodríguez-Zúñiga, M. T., E. Villeda-Chávez, A. D., Vázquez-Lule, M., Bejarano, Troche-Souza, C., Vázquez-Lule, A. D., Márquez-Mendoza, J. D., Vázquez-Balderas, B., Valderrama-Landeros, L., Velázquez-Salazar, S., Uribe-Martínez, A., Acosta-Velázquez, J., Díaz-Gallegos, J., Cruz-López, M. I. y Ressler, R. (2012). *Los*

5 Registre la siguiente información de acuerdo con el indicador que desea medir:

Datos a registrar (para todos los indicadores):

- Especie
- Identificador (ID)
- Observaciones

Datos a registrar (indicador 9):

- Diámetro normal (DN) o diámetro a la altura del pecho (DAP)

Datos a registrar (indicador 11):

- Altura de la raíz
- Altura total
- Altura del fuste limpio (para *A. germinans*, *A. bicolor*, *C. erectus*, *C. erectus var. sericeus* y *L. racemosa*)
- Altura del tocón

manglares de México: estado actual y establecimiento de un programa de monitoreo a largo plazo: 2ª y 3era etapas. (Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. GQ004). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfGQ004.pdf>

- Rodríguez-Zúñiga, M. T., Villeda-Chávez, A. D., Vázquez-Lule, M. Bejarano, M., Cruz-López, M., Olguín, S. A., Villela-Gaytán y Flores, R. (2018). *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). https://www.researchgate.net/publication/323847310_Metodos_para_la_caracterizacion_de_los_manglares_mexicanos_un_enfoque_espacial_multiescala
- Schaeffer-Novelli, Y. y G., Cintrón (1986). Guía para estudio de áreas de manguezal: estructura, função e flora. *Caribbean Ecological Research*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Guia-para-estudo-de-areas-de-manguezal-%3B-estrutura%2C-SchaefferNovelliCintr%C3%B3n/27bd-553519868ba484e-8fd857d76fd892056e46d>

Indicador 12

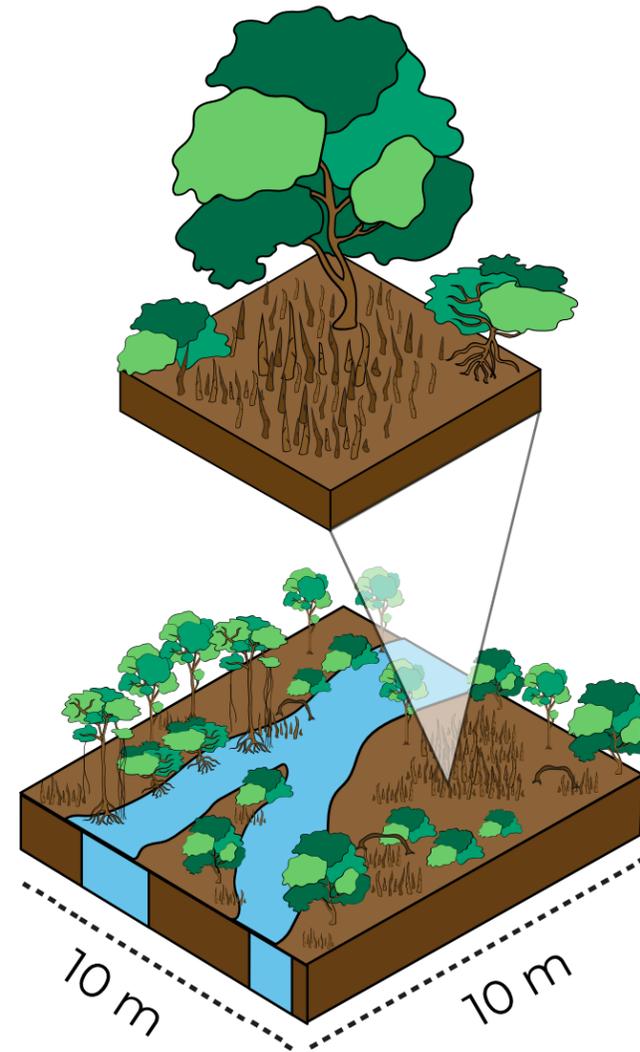
*Densidad y altura de neumatóforos





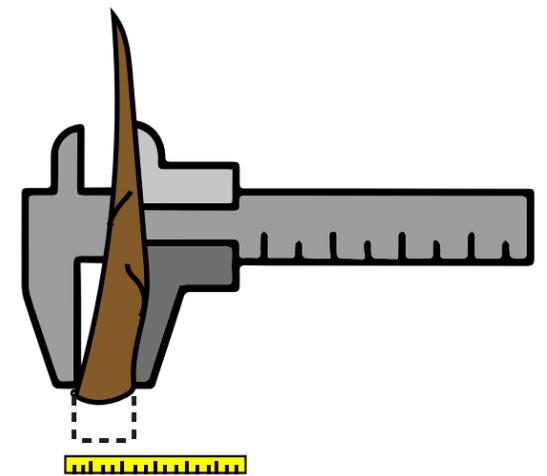
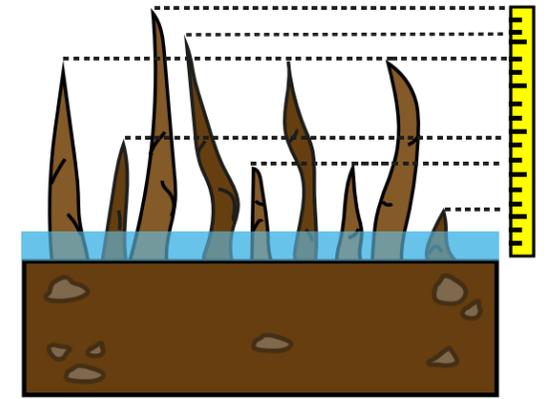
1 Establezca dentro de cada UM una subparcela de 1 x 1 m.

2 Realice el conteo total de cada uno de los neumatóforos.



3 Para cada uno de los neumatóforos estime con ayuda de una regla o cinta métrica la altura y el diámetro con un vernier.

4 Registre datos.



Datos a registrar:

- Punto de subparcela (al centro de ésta)
- Identificador (ID)
- Coordenadas de la UM
- Altura de neumatóforos
- Diámetro del neumatóforo
- Observaciones

Basado en:

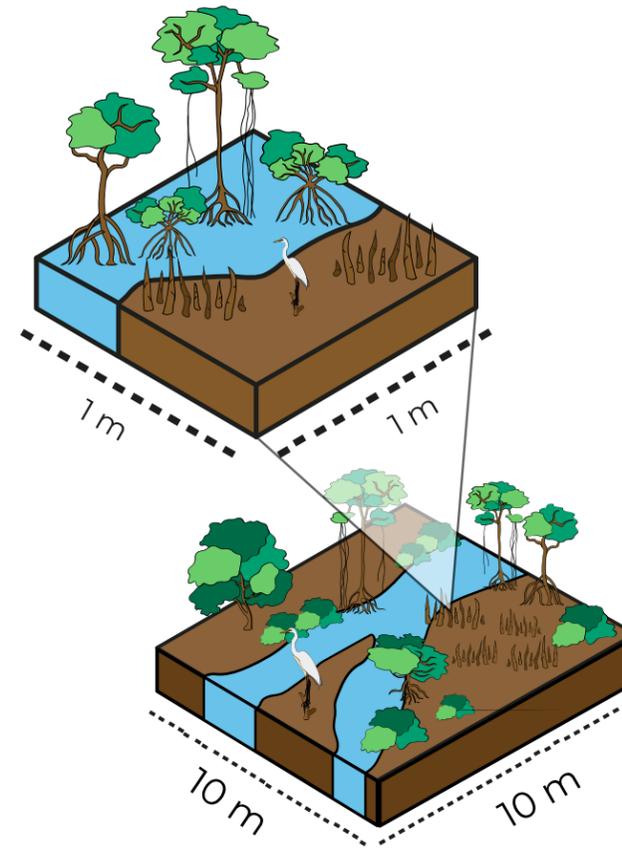
- Rodríguez-Zúñiga, M. T., Villeda-Chávez, A. D., Vázquez-Lule, M. Bejarano, M., Cruz-López, M., Olgún, S. A., Villela-Gaytán y Flores, R. (2018). *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). https://www.researchgate.net/publication/323847310_Metodos_para_la_caracterizacion_de_los_manglares_mexicanos_un_enfoque_espacial_multiescala

Indicador 13

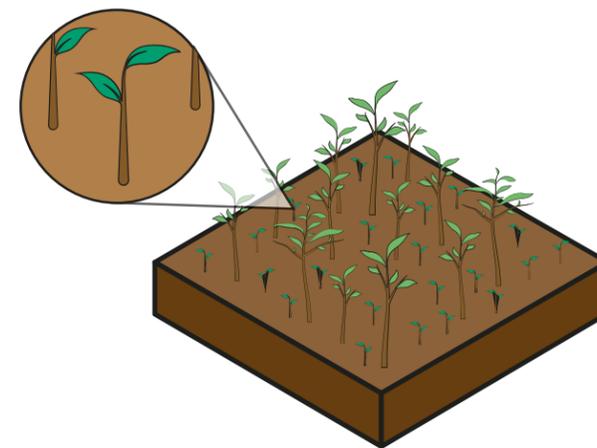
*Regeneración del manglar



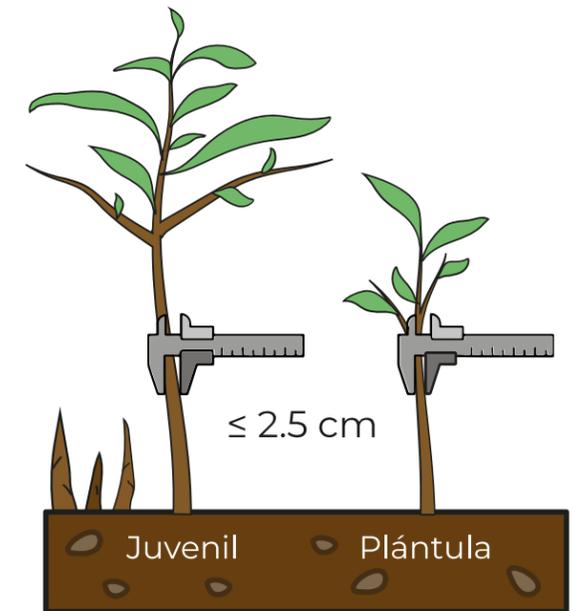
1 Establezca dentro de cada UM una subparcela de 1 x 1 m.



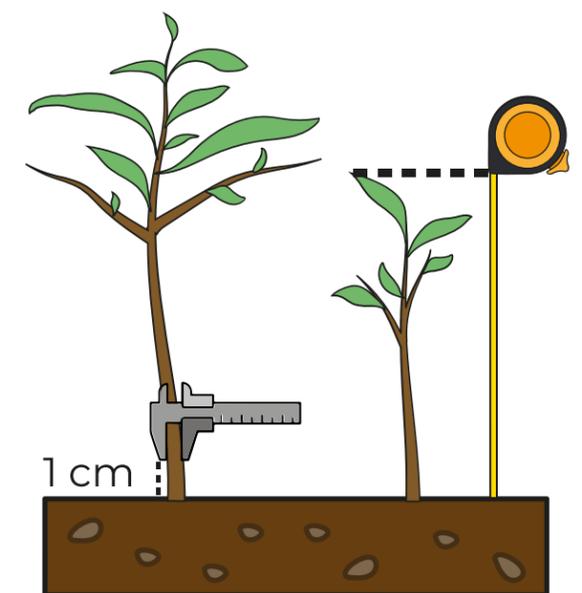
2 Cuente los propágulos de todas las especies de mangle.



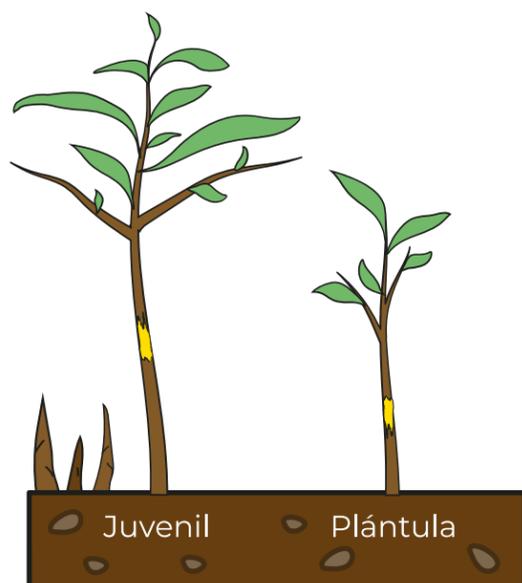
3 Después, identifique 10 plántulas y 10 juveniles por especie con diámetro igual o menor a 2.5 cm.



4 Mida el diámetro basal (a 1 cm del suelo) con un vernier y la altura total desde la base del tallo hasta la parte más alta del individuo con un flexómetro.



- 5** Marcar con cinta o pintura las plántulas y juveniles medidos para seguimiento posterior.



- 6** Registre datos.

Datos a registrar:

- Punto de subparcela (al centro de ésta)
- ID de plántulas y juveniles
- Medida del diámetro basal de plántulas y juveniles
- Medida de la altura total de plántulas y juveniles
- Observaciones

Basado en:

- Centanaro-Martínez, D., J. E. Guerrero-Trujillo, J. N. Ganem-Robles, H. Quiroz-Ramos y E. Ramírez-Campos. (1997). *Diagnóstico integral del sistema manglar de la ciénaga de La Caimanera* (Informe final), Corporación Autónoma Regional de Sucre (CARSUCRE)-Fundación para el desarrollo social y protección del medio ambiente (FUNDESA).
- Delgado, P., P. F. Hensel, J. A. Jiménez y J. W. Day. (2001). The Importance of Propagule Establishment and Physical Factors in Mangrove Distributional Patterns in a Costa Rican Estuary. *Aquat. Bot.* 71, 157-178. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(01\)00188-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(01)00188-7)
- Krauss, K. W., C. E. Lovelock, K. L. McKee, L. LópezHoffman, S. M. L. Ewe y W. P. Sousa (2008). Environmental Drivers in Mangrove Establishment and Early Development: A Review. *Aquat. Bot.* 89, 105-127. <https://doi.org/10.1016/j.aqua-bot.2007.12.014>
- Hoyos, R., Urrego, L. E., y Lema, Á. (2013). Respuesta de la regeneración natural en manglares del Golfo de Urabá (Colombia) a la variabilidad ambiental y climática intra-anual. *Revista de Biología Tropical*, 61(3),1445-1461. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442013000400035
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (invemar) (2010). *Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2009* (Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta). http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/IER_2009.pdf
- Valle, A. G., Arango, A. M. O., y Agudelo, D. L. G. (2011). Estructura y Regeneración Del Bosque De Manglar De La Ciénaga De Cholón, Isla Barú, Parque Nacional Natural Corales. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 40(1), 115-130. <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v40n1/v40n1a07.pdf>

A lush mangrove forest with a narrow waterway. The water is a clear, greenish-blue color, reflecting the surrounding greenery. The trees have thick, gnarled trunks and extensive, exposed prop roots that create a complex network of structures in the water and on the ground. The foliage is dense and vibrant green, filling the upper portion of the frame. The overall scene is a serene and natural representation of a mangrove ecosystem.

Indicador 14
**Número de
presiones antrópicas**

- 1 Recorra la UM.
- 2 Observe y registre cada que detecte algún impacto en el ecosistema.
- 3 Registre datos.

Grado de afectación:

No perceptible	Quando aun estando presente, el daño no afecta la calidad y cantidad de los recursos forestales
Menor	Quando los efectos negativos causados a los recursos no son permanentes y se pueden recuperar sin intervención del hombre
Mediana	Quando 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

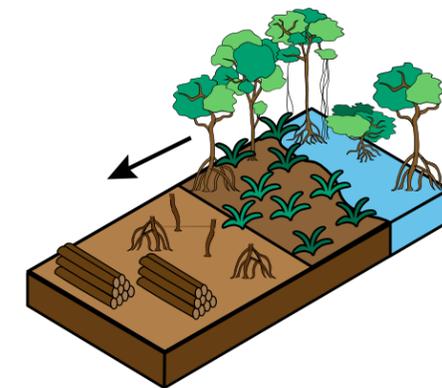
Tabla 1. Grado de afectación.

Datos a registrar:

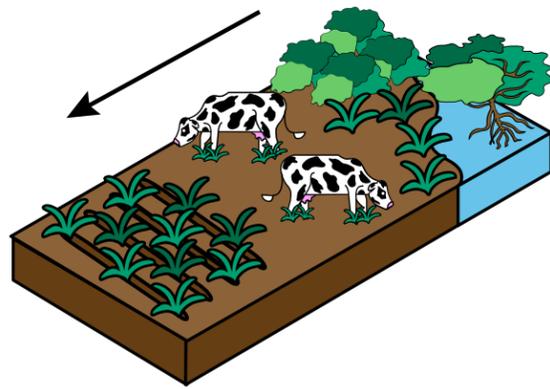
- UM
- Coordenadas del impacto
- Tipo de impacto: apertura de caminos, aprovechamiento forestal, cambio de uso de suelo, pastoreo, líneas eléctricas, asentamientos humanos, residuos sólidos
- Si el impacto se presenta en la vegetación, en el suelo o en el agua
- Grado de afectación (Tabla 1)
- En caso de observar evidencia de cacería (casquillos, trampas, entre otros), registre la coordenada de cada una de las evidencias
- Observaciones



Cacería



Aprovechamiento forestal



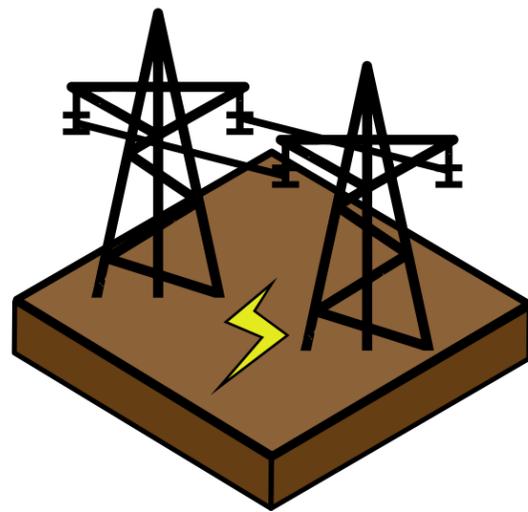
Cambio de uso de suelo



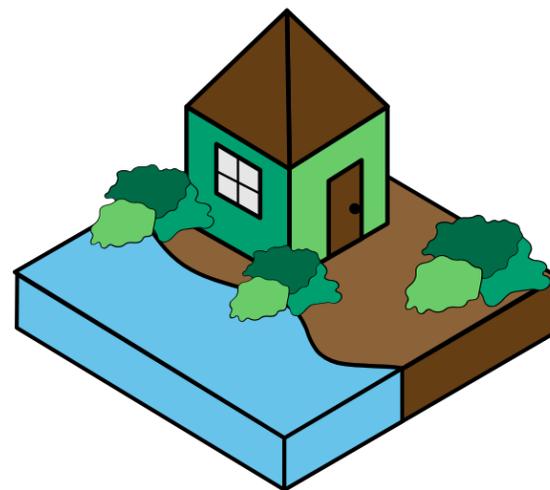
Pastoreo

Basado en:

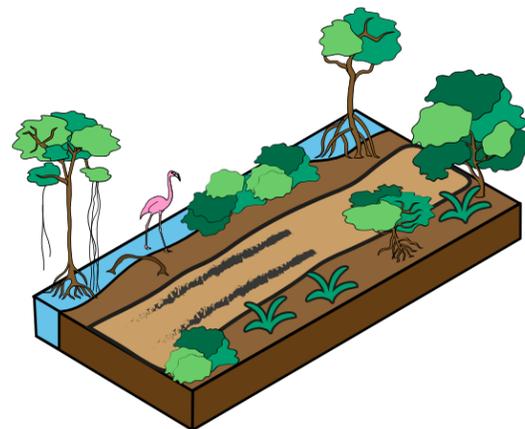
- Balvanera, P., Arias, E., Rodríguez-Estrella, R., Almeida, L., y Schmitter, J. J. (2016). *Una mirada al conocimiento de los ecosistemas de México*. CONACYT y UNAM. <https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/1954>
- FMCN, CONAFOR, USAID Y USFS (2018). *Manual para muestrear la fauna 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. <https://biocomuni.mx/descargas/>
- Montoya Agudelo, J. A., y Montoya Nieto, D. V. (2019). *Efectos de la inversión en el turismo y las acciones del gobierno federal en la deforestación del manglar de tajamar, México entre 2005-2016* [tesis de licenciatura, Universidad Católica de Pereira]. Repositorio Institucional de la Universidad Católica de Pereira <https://repositorio.ucp.edu.co/handle/10785/5213>



Líneas eléctricas



Asentamientos humanos



Apertura de caminos



Residuos sólidos

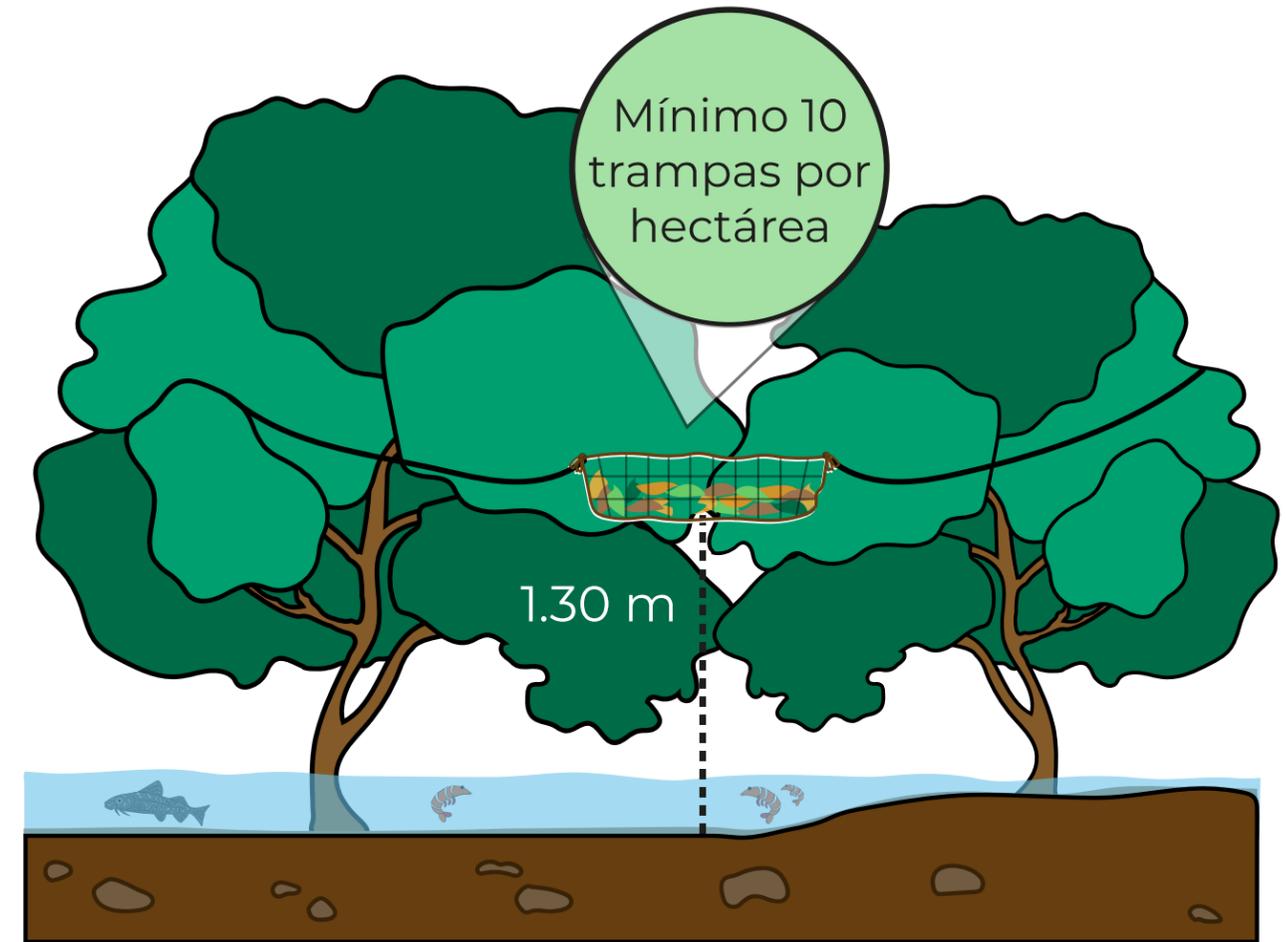
A lush mangrove forest with a narrow waterway. The water is clear and reflects the surrounding greenery. The trees have prominent, gnarled prop roots extending into the water. The overall scene is vibrant and natural.

Indicador 15
**Productividad
de hojarasca**



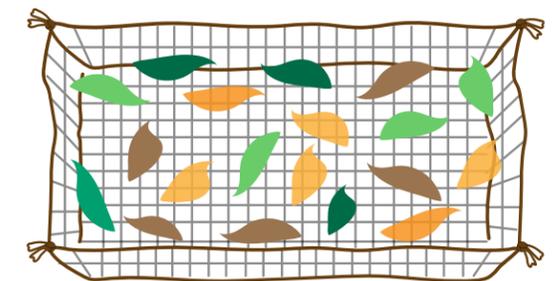
1 En cada UM se colocarán mínimo 10 trampas de hojarasca por hectárea a una altura de 1.30 m del nivel del suelo.

2 Las trampas se deberán dejar fijas y cambiarlas cuando se dañen.



3 Se recomienda usar material resistente para la elaboración de las trampas.

Nota: de acuerdo con Rodríguez-Zúñiga y colaboradores (2018) se deberá usar malla mosquitera con máximo 66 % de apertura, su colocación se recomienda con hilo cáñamo o hilo de pescar.



66 %
apertura

Hilo cáñamo
o hilo de
pescar

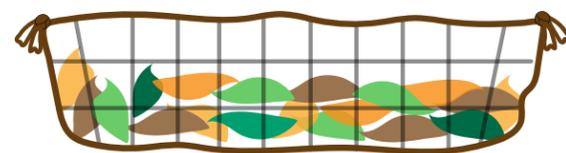
4 El material en las trampas se colecta al menos una vez al mes, se recomienda que la fecha de colecta sea fija todos los meses.

5 Almacene en bolsas de plástico negras la hojarasca colectada, etiquete correctamente y posteriormente, lleve las muestras a un laboratorio para su pesaje.

6 Registre datos.

Datos a registrar:

- Coordenada de trampa
- Identificador (ID)
- Gramos obtenidos
- Observaciones



Al menos una vez al mes



Basado en:

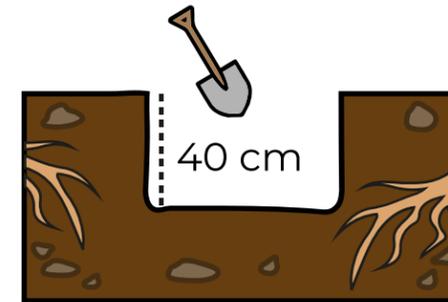
- Herrera-Silveira, J. A., Camacho-Rico, A., Pech, E., Pech, M., Ramírez, J., y Teutli-Hernández, C. (2016). Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 61-72. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000100061
- Rodríguez-Zúñiga, M. T., Villeda-Chávez, A. D., Vázquez-Lule, M. Bejarano, M., Cruz-López, M., Olguín, S. A., Villela-Gaytán y Flores, R. (2018). *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). https://www.researchgate.net/publication/323847310_Metodos_para_la_caracterizacion_de_los_manglares_mexicanos_un_enfoque_espacial_multiescala



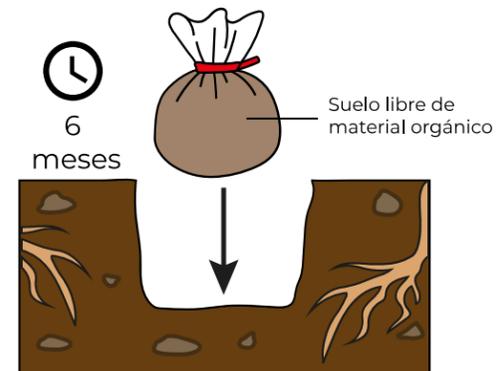
Indicador 16
**Productividad
de raíces**

1 Se recomienda que los puntos de muestreo sea uno en cada UM.

2 Extraiga un perfil de suelo a 40 cm de profundidad.

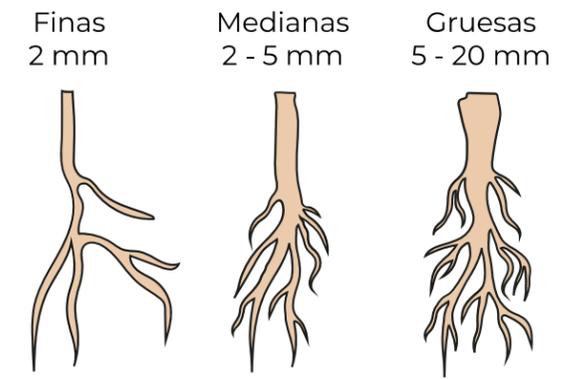


3 Instale un contenedor, de polímero resistente y que se encuentre relleno de material inerte como peat moss, arena o del mismo suelo cernido y libre de material orgánico.

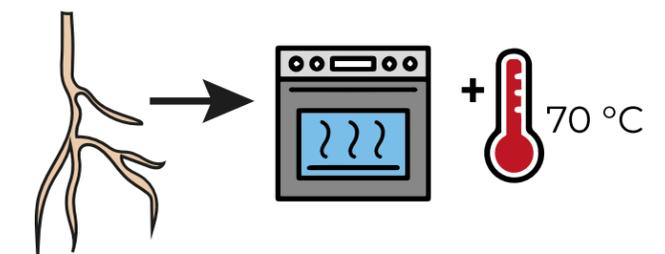


4 Se recomienda que el contenedor se mantenga en la zona hasta los seis meses, pasado este tiempo se cosechan las raíces.

5 Una vez que se colectaron las raíces finas, en el laboratorio separe las raíces en distintas categorías con base en su diámetro y clasifíquelas como se indica a continuación:



6 Posterior a la separación, seque las raíces a una temperatura de 70 °C y estime el peso acumulado de las clases diamétricas de cada contenedor y registre datos.



- Datos a registrar:**
- Sitio de UM
 - Identificador (ID)
 - Coordenada del contenedor
 - Fecha de colocación del contenedor
 - Fecha de retiro del contenedor
 - Número de raíces por grupo
 - Peso seco de cada grupo
 - Observaciones generales sobre la medición del indicador en campo
 - Observaciones

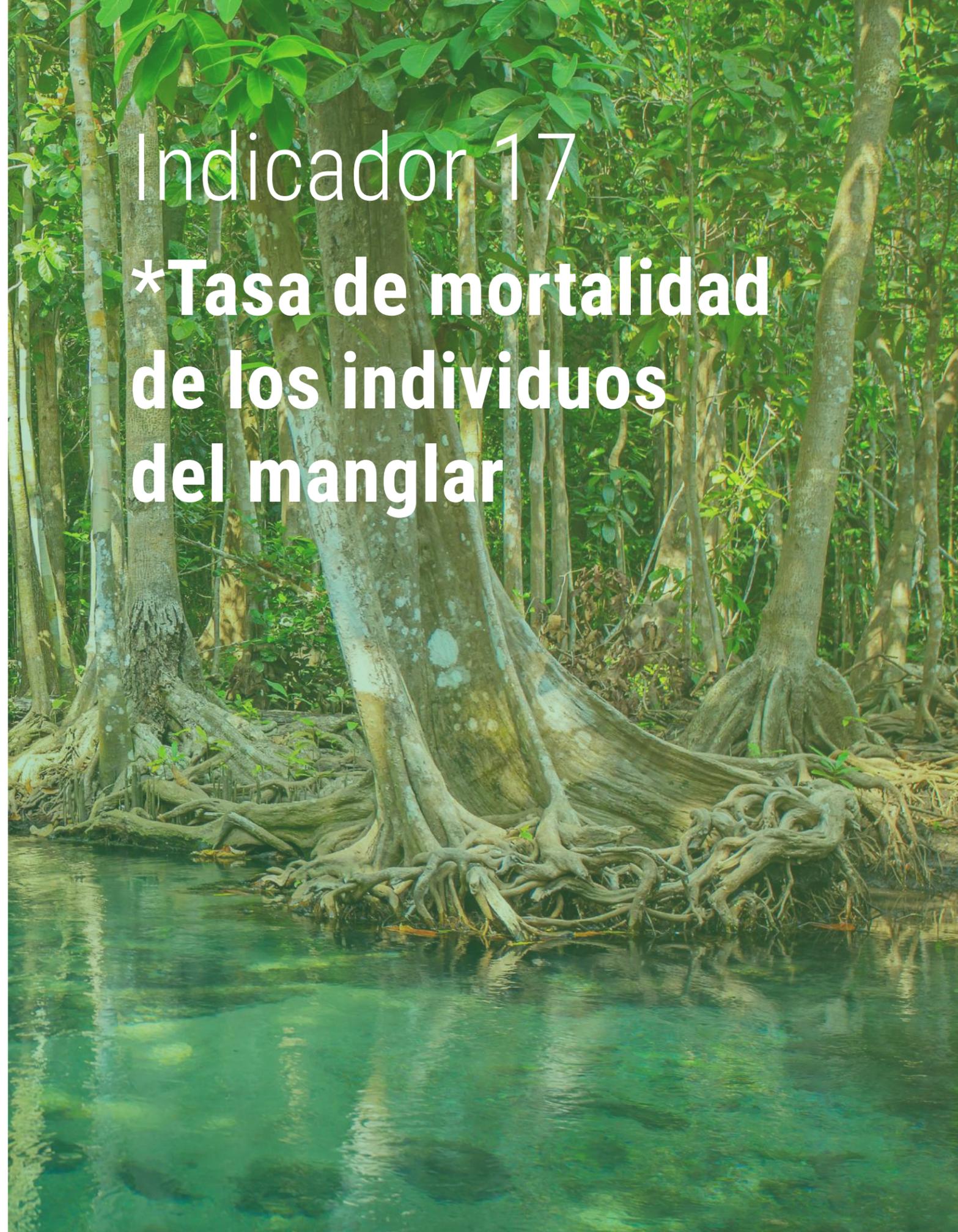
.....
• **Nota:** se recomienda realizar el muestreo
• considerando los gradientes de microtopografía.
.....

Basado en:

- Alongi, D. M. y Brinkman, R. (2011). Hydrology and biogeochemistry of mangrove forests. En Levia, D. F., Carlyle-Moses, D. y Tanaka, T. (Eds), *Forest hydrology and biogeochemistry, synthesis of past research and future directions, ecological studies* (pp. 203-219.). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-007-1363-5>
- Chmura, G. L., Anisfeld, S. C., Cahoon, D. R. y Lynch, J. C. (2003). Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. *Global Biogeochemical Cycles* 17, 1111. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2002GB001917>
- McKee, K. L. (2011). Biophysical controls on accretion and elevation change in Caribbean mangrove ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 91, 475-483. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.05.001>
- Pérez-Ceballos, R., Rivera-Rosales, K., Zaldivar-Jiménez, A., Canales-Delgadillo, J., Brito-Pérez, R., Amador del Ángel, L., y Merino-Ibarra, M. (2018). Efecto de la restauración hidrológica sobre la productividad de raíces subterráneas en los manglares de Laguna de Términos, México. *Botanical Sciences*, 96(4), 569-581. <https://doi.org/10.17129/botsci.1989>
- pnud y miambiente (2017). *Guía de Buenas Prácticas para la Restauración de Áreas degradadas de Manglar*. Proyecto Protección de Reservas y Sumideros de Carbono en los Manglares y Áreas Protegidas de Panamá. PNUD. <https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/05B386D2-5BCD-A52D-6097-F853803CC619/attachments/205221/Gu%C3%ADa%20restauraci%C3%B3n%20%C3%A1rea%20del%20manglar.pdf>

Indicador 17

*Tasa de mortalidad de los individuos del manglar

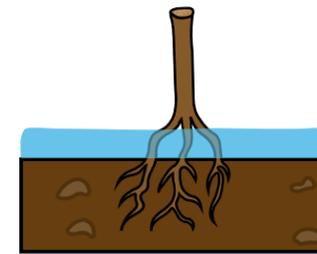




Para conocer la **tasa de mortalidad de los individuos del manglar**, deberá realizar el **monitoreo continuo** de los individuos marcados permanente para la medición de los indicadores 8, 9, 10 y 11.

1 Para estimar esta tasa agrupe por patrones de mortalidad de acuerdo con lo propuesto por Londoño y Álvarez (1997): muerto en pie (MP), tronco partido (TP), caído de raíz (CR), individuos desaparecidos (DE), cortados (CR) y sin clasificación (SCL).

2 Registre datos.



Cortados (CR)

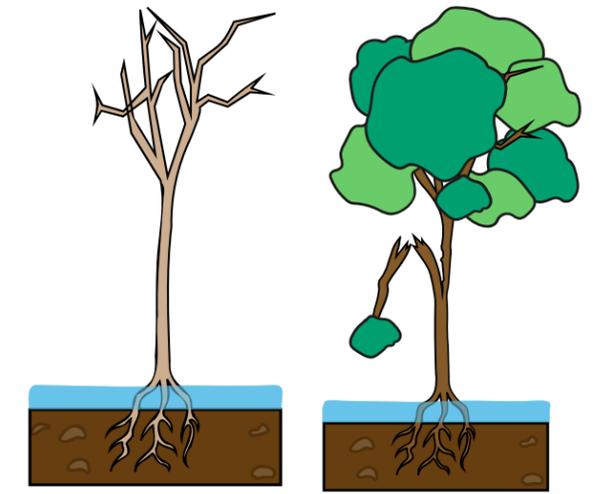


Sin Clasificación (SCL)



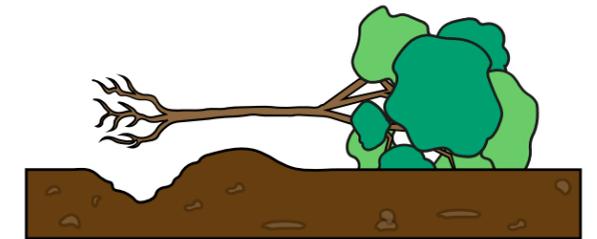
Individuos Desaparecidos (DE)

Nota: para los bosques maduros el monitoreo será anual, en el caso de que el bosque se encuentre en repoblación natural o restauración, el monitoreo deberá hacerse cada 3 meses.



Muerto en Pie (MP)

Tronco Partido (TP)



Caído de Raíz (CR)

Datos a registrar:

- Sitio de UM
- Coordenadas
- Especie de mangle
- Identificador (ID)
- Número de individuos que se registraron en cada clasificación de patrones de mortalidad (muerto en pie (MP), tronco partido (TP), caído de raíz (CR), individuos desaparecidos (DE), cortados (CR) y sin clasificación (SCL))
- Periodo de tiempo que se está considerando (fecha 1-fecha 2)
- Cualquier señal de enfermedad o disturbio (fuego, enfermedad, tala, remoción de individuos o viento)
- Observaciones

Basado en:

- Díaz, J. (2011). Una revisión sobre los manglares: características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema lagunar de Topolobampo. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 7(3), 355-369. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46121063005>
- Flores, L. (2010). Tasa de crecimiento de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) (Bivalvia: Arcidae) en la reserva ecológica manglares Cayapas-Mataje (remacam): Un análisis basado en sistemas de cajas suspendidas. *Revista Ciencias del Mar y Limnología*, 4 (1), 89-98 <http://hdl.handle.net/1834/4838>

Indicador 18

*Tasa de crecimiento de los individuos del manglar

1 Marque los individuos juveniles o brinzales presentes para el estudio de la dinámica de crecimiento.

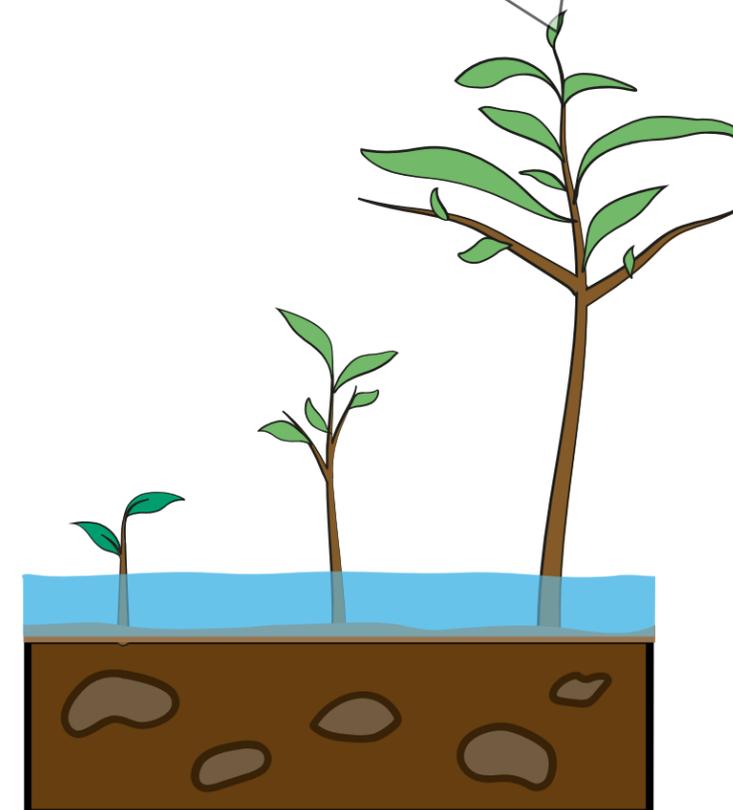
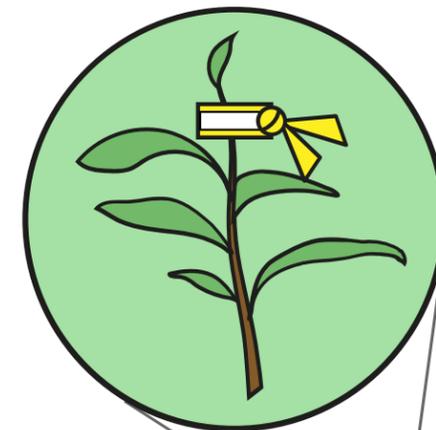
2 Para realizar el marcado de los individuos sujete la etiqueta con un pequeño cincho de plástico en el extremo distal del ápice de crecimiento (sin ajustarlo para evitar dañar al individuo) o por arriba del primer nudo (correspondiente a los cotiledones).

3 Tome las medidas de diámetro del tallo (cm); longitud del tallo principal (cm); elongación internodal (cm por internodo por plántula); producción de nodos (número de nodos por plántula).

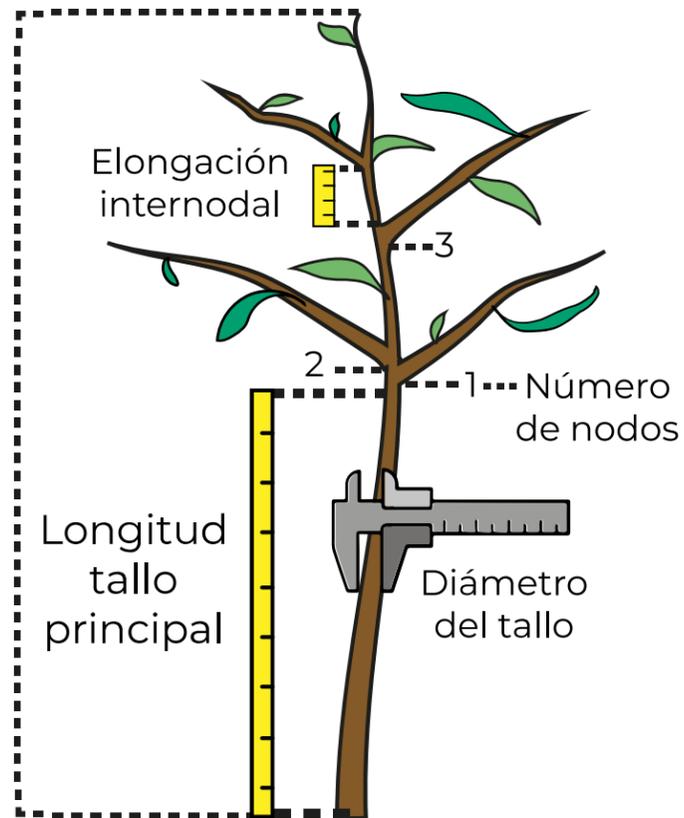
4 El diámetro del tallo principal de la plántula o brinjal (individuo juvenil) midalo con un vernier por arriba del primer nudo de la plántula (correspondiente al par de cotiledones); en brinzales o árboles jóvenes la medida se hace a la mitad de la distancia de su altura. Se recomienda medir plántulas mayores a 10 o 15 cm de altura para evitar confusiones con otras especies que pueden estar creciendo en el sotobosque.

5 Registre datos.

Nota: de una muestra de 50 individuos, se puede seleccionar una submuestra de 20 %.



Plántulas mayores a 10 o 15 cm de altura



Nota: debido a la dinámica de crecimiento y mortalidad de las plántulas, se recomienda marcar las plántulas nuevas que se identifiquen en cada visita, para mantener un tamaño de muestra representativo y obtener variables demográficas como natalidad, mortalidad y reclutamiento dentro de la misma UM secundaria.

En caso de tener los recursos tomar las medidas de cada plántula.

Datos a registrar:

- Punto de subparcela (al centro de ésta)
- Periodo de tiempo que se está considerando
- Número total de plántulas por subunidad
 - Número de nodos por plántula
 - Longitud del tallo principal
 - Diámetro del tallo
 - Longitud de elongación internodal
- Número de plántulas muertas, rotas por efectos mecánicos, degradadas por herbivoría, tocones, entre otros
- Número de plántulas nuevas
- Observaciones

Basado en:

- Arnaud-Haond, S., Duarte, C. M., Teixeira, S., Massa, S. I., Terrados, J., Tri, NH, ... y Serrão, EA (2009). La recolonización genética de los manglares: la diversidad genética sigue aumentando en el delta del Mekong 30 años después del Agente Naranja. *Serie Progreso de la Ecología Marina*, 390, 129-135.



Indicador 19
**Presencia
de cangrejos**



1 En cada uno de los sitios, identifique aquellos en los que se observen cangrejos.

2 Posteriormente, defina un área de muestreo y seleccione al azar un cuadrante de 20 x 25 metros (500 m²).

3 Delimite este cuadrante con cinta plástica o pintura.

4 En este cuadrante, verifique la presencia de cangrejos en las cuevas y haga excavaciones o extraiga manualmente los cangrejos observados en estas cuevas, identifique las especies apoyándose en una guía de campo o clave.

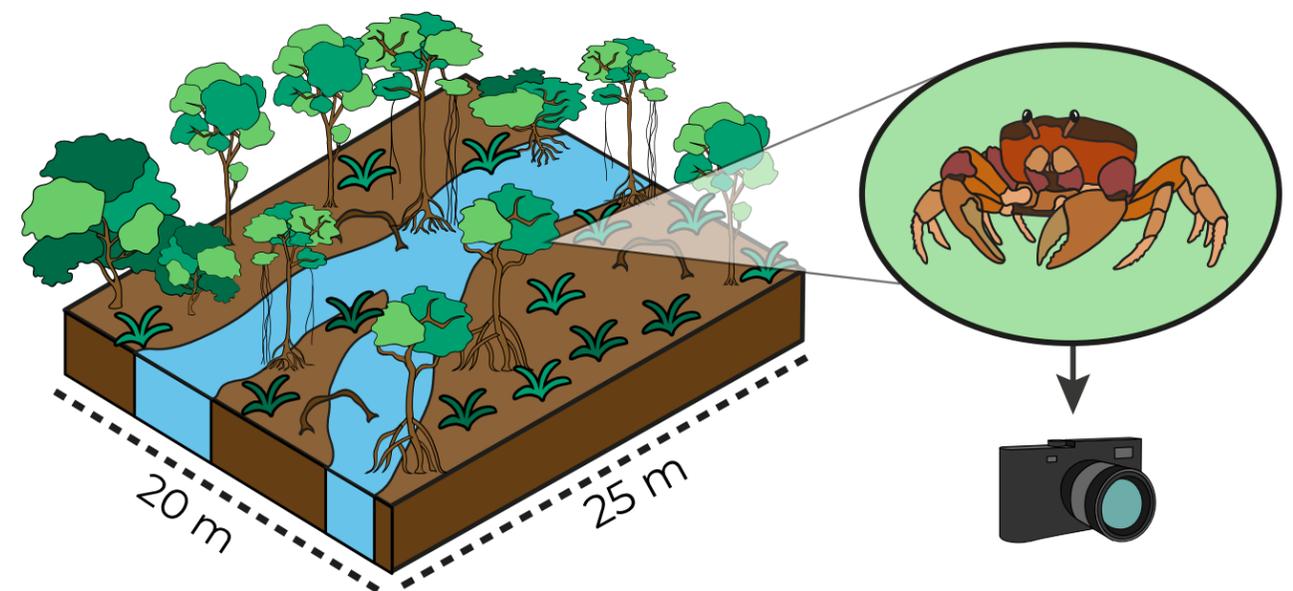
5 Una vez identificados los individuos en el cuadrante, tomé varias fotografías en las que se puedan observar caracteres

distintivos que permitan la determinación de los individuos, sexo y tamaño aproximado. Si es posible capturelos momentáneamente.

6 Registre datos.

Datos a registrar:

- Coordenadas geográficas del cuadrante
- Número de individuos observados
- Nombre común
- Género o especie (en caso de conocerla) de los individuos observados
- Fotografías relacionadas con la observación de cangrejos
- Si le es posible colectarlos mida el ancho del caparazón en centímetros (cm) a la altura del primer par de patas (tome las medidas con ayuda de un vernier)
- Peso (balanza)
- Observaciones

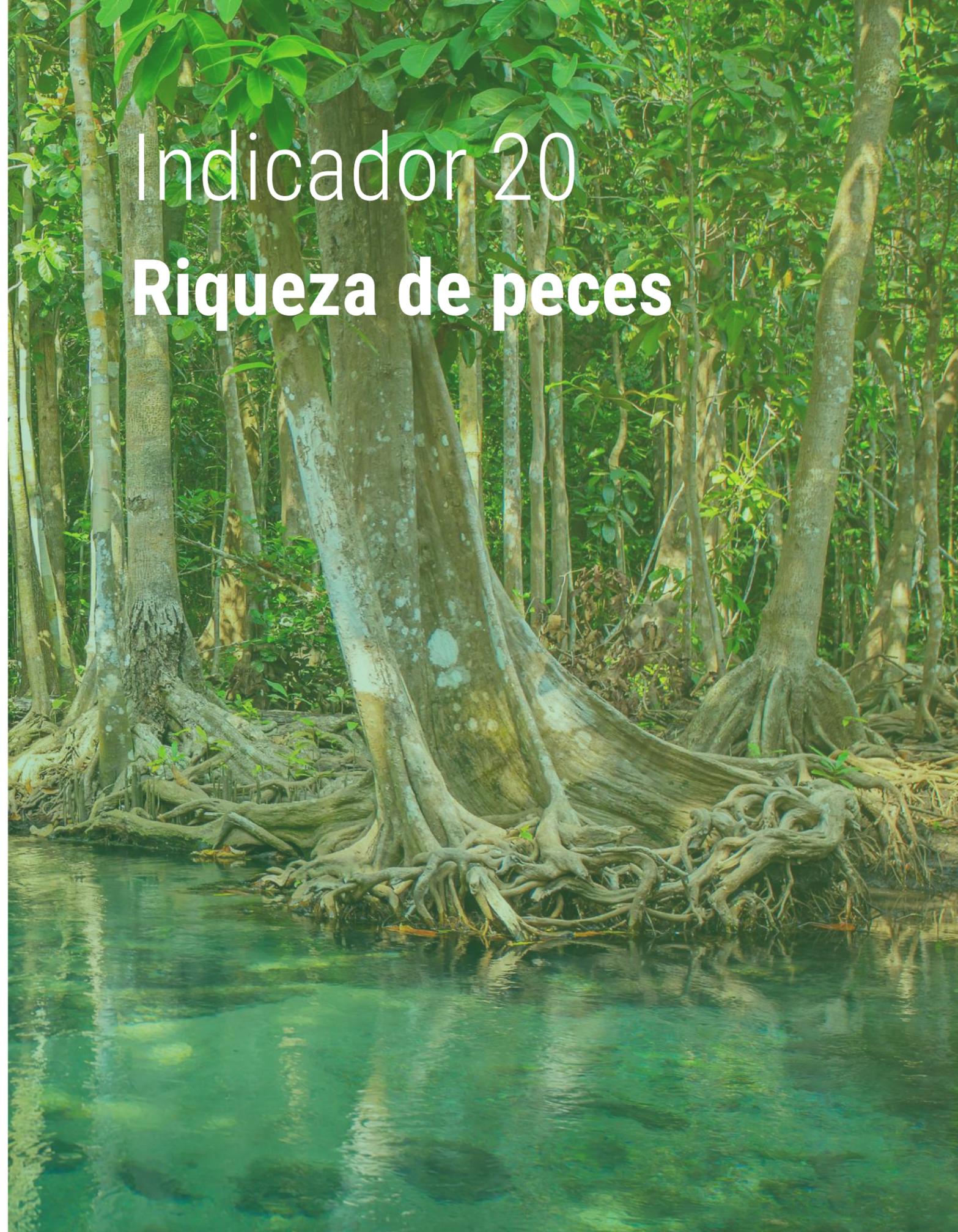


Basado en:

- Bosire, J., Kairo, J., Kazungu, J., Koedam, N., y Dahdouh-Guebas, F. (2005). Predation on propagules regulates regeneration in a high-density reforested mangrove plantation. *Marine Ecology Progress Series*, 299(3), 149-155. <http://doi.org/10.3354/meps299149>
- Cannicci, S., Burrows, D., Fratini, S., Smith, T. J., Offenberg, J., y Dahdouh-Guebas, F. (2008). Faunal impact on vegetation structure and ecosystem function in mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 186-200. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2008.01.009>
- Capistrán, B. y L., Utrera. (2006). *Los cangrejos semiterrestres. Entornos Veracruzanos: La Costa de la Mancha*. (Primera edición). http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/ENTORNOS_VERACRUZANOS.htm
- Felder Darryl, L., F., Álvarez, J., Goy, y R., Lemaitre (2009). *Decapoda (Crustacea) of the Gulf of Mexico, with Comments on the Amphionidacea*. Gulf of Mexico Origin, Waters, and Biota: Biodiversity (First edition). https://www.researchgate.net/publication/286031639_Decapoda_Crustacea_of_the_Gulf_of_Mexico_with_comments_on_the_Amphionidacea
- Hernández, A. (2013). *Aspectos biológicos y poblacionales de Cardisoma guanhumi (Latreille, 1825), en la Laguna de Tampamachoco y Majahual en Tuxpan, Veracruz* [tesis de maestría, Universidad Veracruzana]. Repositorio Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/pozarica/mmemc/files/2012/10/Annelis-Hernandez-Maldonado.pdf>
- 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*. Sistema Nacional de Investigación Forestal (SINFOR), Escuela Agrícola Panamericana (EAP /Universidad Zamorano) y Proyecto USAID. https://www.researchgate.net/publication/306611581_Guia_para_el_monitoreo_de_integridad_ecologica_en_el_Sistema_Nacional_de_Areas_Protegidas_y_Vida_Silvestre_de_Honduras
- Pleités, A. (2017). *Herbívora del cangrejo arborícola Aratus sp. en el mangle rojo (Rhizophora mangle L.), en bahía Magdalena y zona núcleo Balandra, BCS, México* [tesis de maestría, Universidad Autónoma de Baja California Sur]. Repositorio Universidad Autónoma de Baja California Sur. <http://rep.uabcs.mx/bitstream/23080/202/1/te3602.pdf>

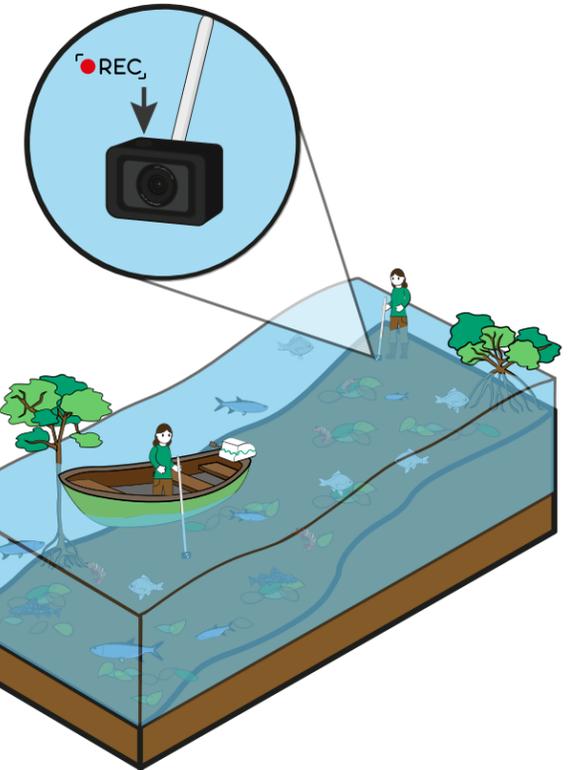
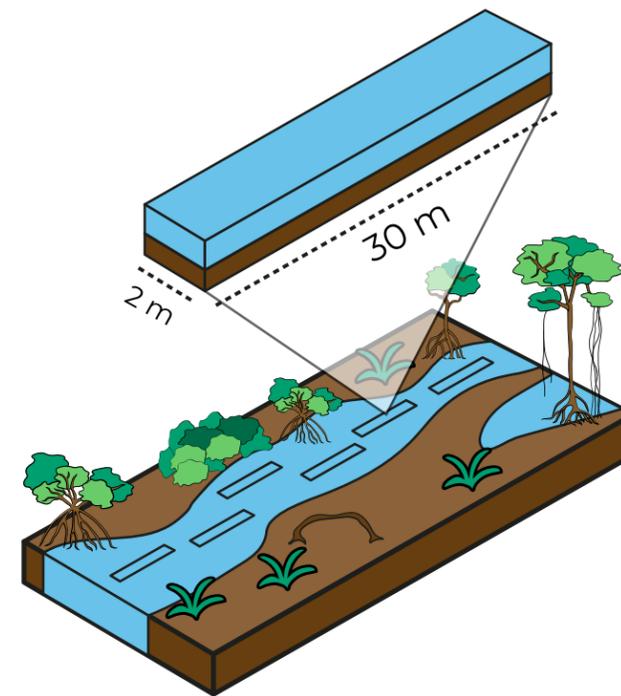
Indicador 20

Riqueza de peces



Transectos al azar

- 1 Establezca al azar 6 transectos de 30 m de largo por 2 m de ancho a lo largo del canal existente entre los manglares.



- 2 Asegure una cámara acuática a un tubo de PVC, active la opción de video y sumerja la cámara.



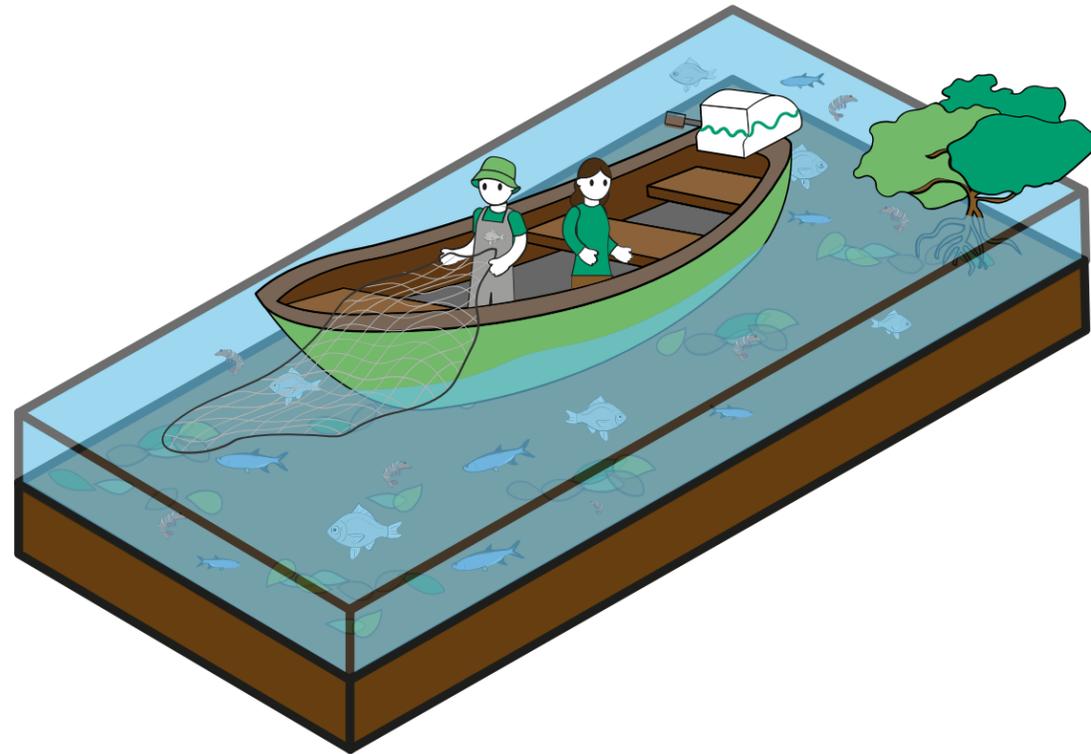
- 3 Recorra el transecto a pie, si la profundidad lo permite, o con ayuda de una lancha.
- 4 Terminando los transectos, guarde los videos para su posterior revisión e identificación de especies.
- 5 Revise los videos y registre datos.

Datos a registrar:

- Coordenadas geográficas de los transectos
- Especies identificadas de peces
- Número de individuos de especies observadas
- ID del video asociado
- Cualquier observación relacionada con el monitoreo de peces
- Observaciones

Monitoreo mediante capturas por pescadores

- 1 Realice **acompañamiento** a pescadores o en sitios de pesca.
- 2 Registre datos.



Durante el **levante del arte**, haga registros para cada individuo de los peces capturados.

Datos a registrar (por evento de pesca):

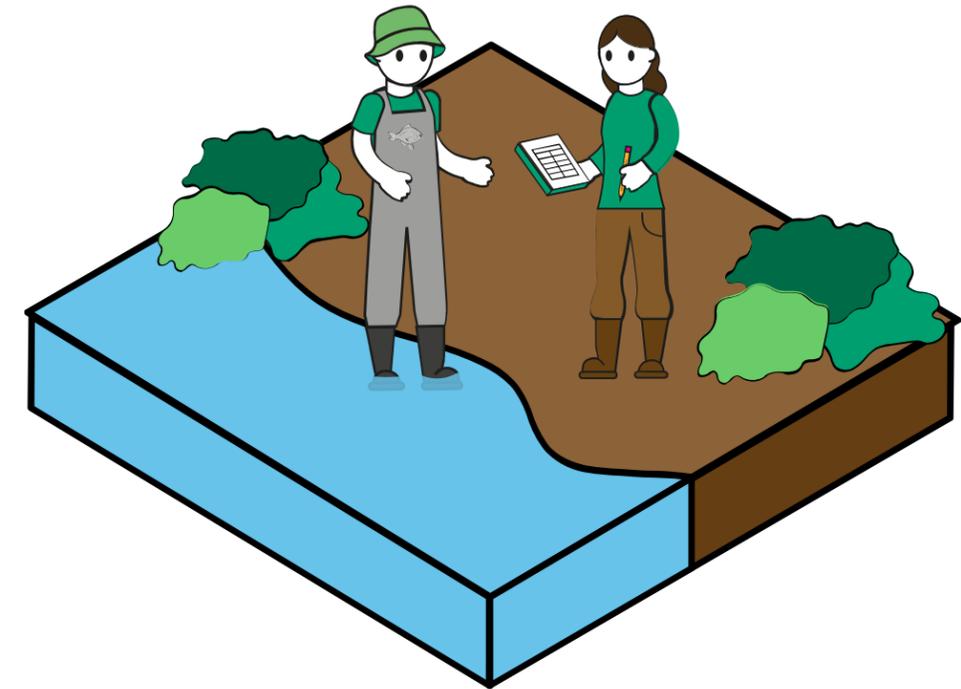
- Fecha de captura
- Tipo de pesquería
- Volumen de captura kg
- Fauna acompañante de la captura
- Esfuerzo de pesca (tamaño del arte, número de anzuelos, tiempo de calado)
- Observaciones

Datos a registrar (por captura):

- Fecha de la captura
- Hora de la captura
- Coordenadas geográficas de la zona de pesca
- Especies identificadas de peces
- Número de individuos de especies observadas
- Cualquier observación relacionada con el monitoreo de peces
- Observaciones

Monitoreo mediante entrevistas a pescadores

- 1 A los pescadores identificados de la localidad, realice las siguientes preguntas y registre las respuestas:



Datos a registrar (por entrevista):

- Nombre del entrevistado
- Tipo de arte de pesca que realiza
- Cuantas veces a la semana
- Cuantas horas por evento
- Nombre común de peces que captura
- Nombre científico de peces que captura
- Número de individuos por evento de pesca (aproximado)
- Fauna acompañante de la captura
- Cualquier observación relacionada con el monitoreo de peces
- Observaciones

Basado en:

- Arceo-Carranza, D., Gamboa, E., Teutli-Hernández, C., Badillo-Alemán, M., y Herrera-Silveira, J. A. (2016). Los peces como indicador de restauración de áreas de manglar en la costa norte de Yucatán. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(2), 489-496. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.03.001>
- 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*. Sistema Nacional de Investigación Forestal (SINFOR), Escuela Agrícola Panamericana (EAP /Universidad Zamorano) y Proyecto USAID. https://www.researchgate.net/publication/306611581_Guia_para_el_monitoreo_de_integridad_ecologica_en_el_Sistema_Nacional_de_Areas_Protegidas_y_Vida_Silvestre_de_Honduras
- Velázquez-Velázquez, E. y Vega-Cendejas, M. E. (2004). Los peces como indicadores del estado de salud de los sistemas acuáticos. *Biodiversitas* 57, 12-5. https://www.researchgate.net/publication/303230376_Los_peces_como_indicadores_del_estado_de_salud_de_los_ecosistemas_acuaticos

Indicador 21

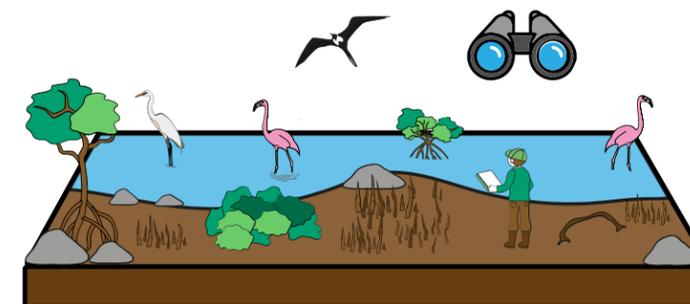
Diversidad de aves



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

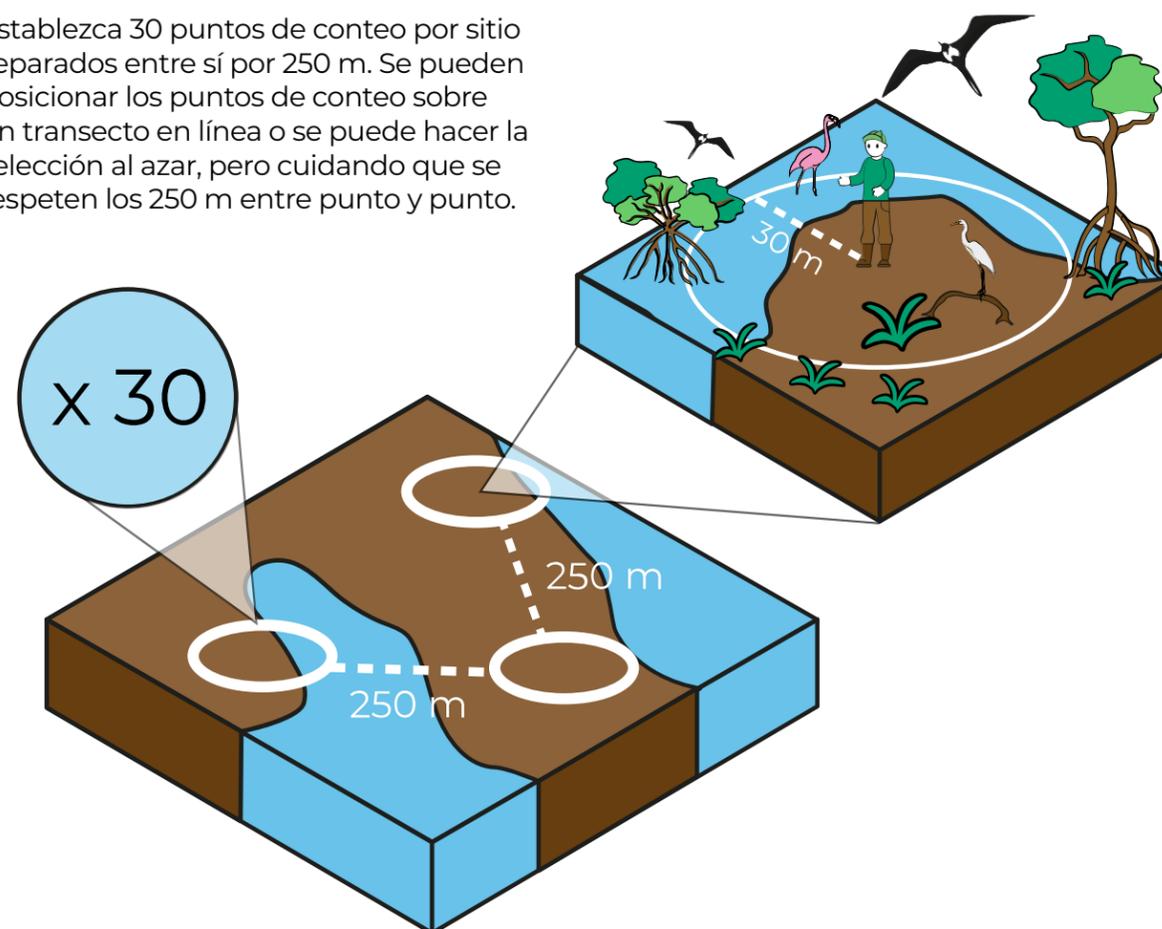
Censo por área

- 1 Para los sitios que son pequeños o bien delimitados. Realice un censo completo e intensivo de todas las aves de un sitio.



Puntos de conteo de dos bandas (Para aquellos sitios con hábitats continuos)

- 1 Establezca 30 puntos de conteo por sitio separados entre sí por 250 m. 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.



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

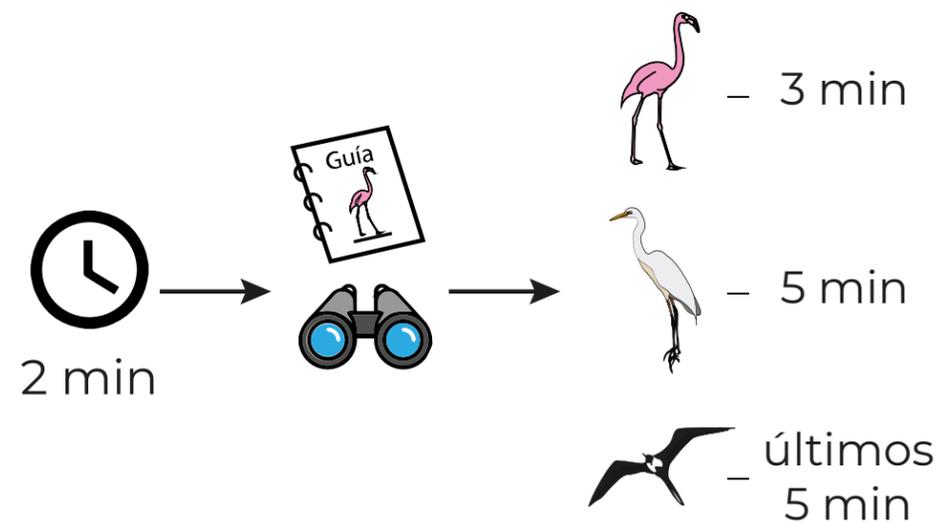
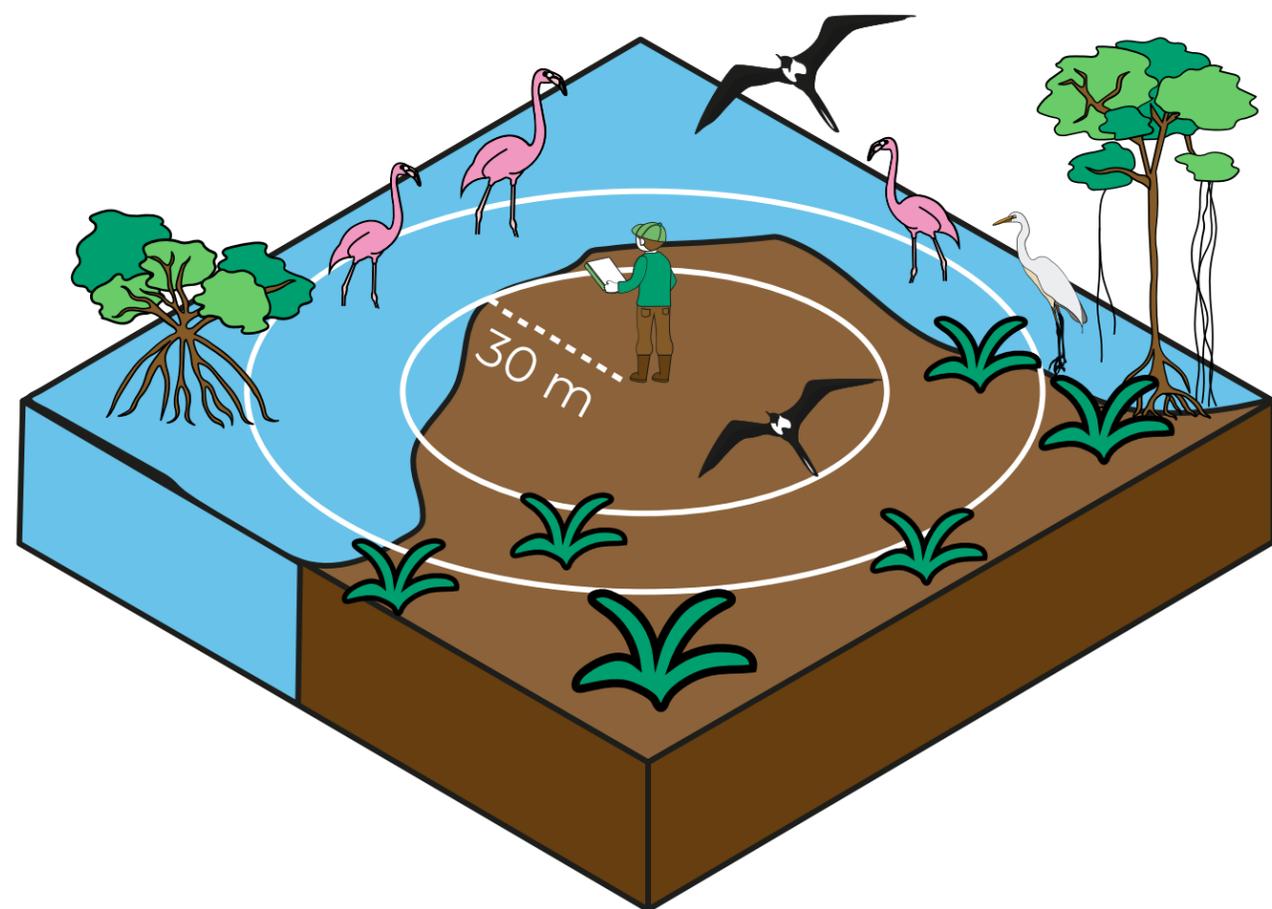
3 Pasados los 2 minutos, con ayuda de binoculares registre los individuos que observe durante 10 minutos, apóyese en guías de campo para identificar a las especies.

4 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.

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

6 Posteriormente, salga del radio de muestreo de 30 m y repita la observación y registro de aves. La primera banda corresponde al área dentro de los 30 m y la segunda, al área fuera de los 30 m.

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 (ID)
- Hora de inicio y final
- Número de individuos por especie (nombre científico y/o común) observados por punto
- Indique si corresponde a una especie migratoria o residente
- Si le es posible, por 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, cangrejos, organismos del sedimento
- 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)
- Fotografía del individuo
- Observaciones

Nota: es 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 en la plataforma o formato.

Basado en:

- Arizmendi, M. C. (2001). Multiple ecological interactions: nectar robbers and hummingbirds in a highland forest in Mexico. *Canadian Journal of Zoology* 79, 997-1006. http://coroarizmendi.com.mx/uploads/9/6/7/4/96742330/arizmendi_2001.pdf
- Chesser, R. T., Billerman, S. M., Burns, K. J., Cicero, C., Dunn, J. L., Hernández-Baños, B. E., Jiménez, R. A., Kratter, A. W., Mason, N. A., Rasmussen, P. C., Remsen, J. V., Stotz, D. F. y Winker, K. (2022). Check-list of North American Birds (online). *America Ornithological Society*. <https://checklist.aou.org/taxa>
- Gill, F. y Donsker, D. (eds.). (2013). *IOC World Bird Names* (version 12.2). <https://www.worldbirdnames.org/new>
- 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*. Sistema Nacional de Investigación Forestal (SINFOR), Escuela Agrícola Panamericana (EAP /Universidad Zamorano) y Proyecto usaid. https://www.researchgate.net/publication/306611581_Guia_para_el_monitoreo_de_integridad_ecologica_en_el_Sistema_Nacional_de_Areas_Protegidas_y_Vida_Silvestre_de_Honduras
- 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. <https://doi.org/10.1073/pnas.0408049101>

Indicador 22

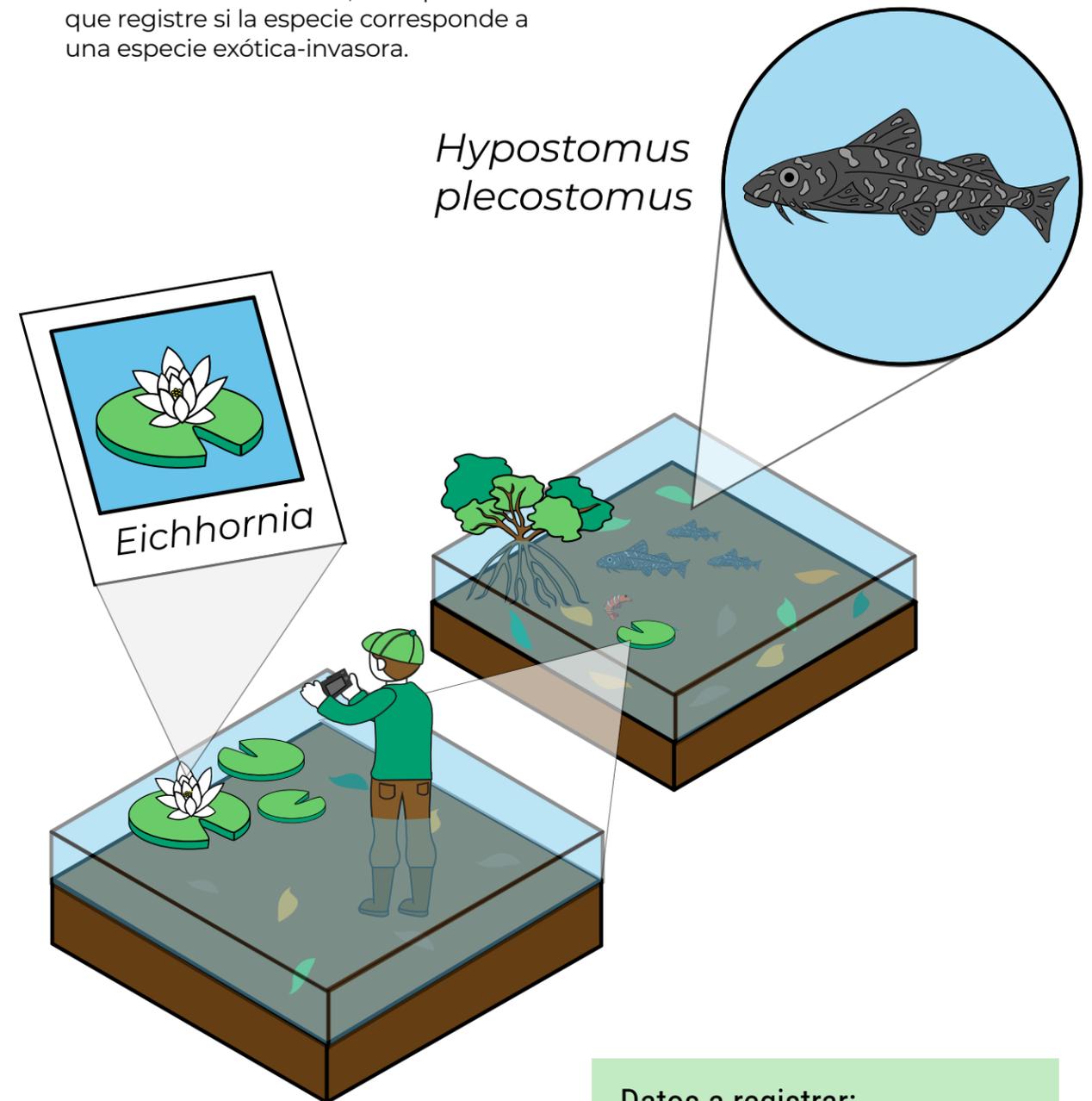
*Proporción de especies exóticas-invasoras de alto impacto





1 Durante el monitoreo de los distintos componentes de vegetación y fauna, además de la información solicitada en los distintos indicadores, es importante que registre si la especie corresponde a una especie exótica-invasora.

2 Registre datos.



Hypostomus plecostomus

Datos a registrar:

- Coordenadas geográficas
- Nombre común
- Especie o género
- Número de individuos observados
- Observaciones

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. Sistema Nacional de Investigación Forestal (SINFOR), Escuela Agrícola Panamericana (EAP /Universidad Zamorano) y Proyecto USAID. https://www.researchgate.net/publication/306611581_Guia_para_el_monitoreo_de_integridad_ecologica_en_el_Sistema_Nacional_de_Areas_Protegidas_y_Vida_Silvestre_de_Honduras
- Woodley, S. (2010). Ecological Integrity and National Parks of Canada. *The George Wright Forum* 27(2), 151-160. <http://www.georgewright.org/272woodley.pdf>



Hojas de registro para el monitoreo de indicadores de los ecosistemas manglares

Agradecimientos

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

- Alejandra Guadalupe Moo Archi
- Amantina Lavalle
- Alejandro Vicente Santos
- Carlos Domínguez Rodríguez
- Denisse Ángeles Solís
- Eduardo Chaires Montecinos
- Elva Ivonne Bustamante Moreno
- Everardo Mariano Melendez
- Ignacio J. March Mifsut
- Jorge Brambila Navarrete
- Jorge Herrera Silveira
- José Antonio Machado Arias
- Katya Andrade Escobar
- Lidia Granados Bárcenas
- Maira Abigail Ortíz Cordero
- Martha Patricia Lozada R.
- Norma Angélica Figueroa S.
- Oscar Javier Salazar Méndez

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

