

**Informe final\* del Proyecto LM019**  
**Impacto de la variabilidad climática y actividades humanas en la estructura de manglares de Marismas Nacionales\***

**Responsable:** Dra. Mercedes Marlene Manzano Sarabia  
**Institución:** Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar  
**Correo electrónico:** mmanzano@uas.edu.mx  
**Fecha de inicio:** 28 de febrero de 2018  
**Fecha de término:** 30 de enero de 2024  
**Principales resultados:** Informe final, Hojas de cálculo, Fotografías  
**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Manzano Sarabia M. M., O.G. Millán Aguilar, I. Castillo Cruz, L.E. Rodríguez Arredondo, E. Valdez Murillo, M. Ruiz Domínguez, M.A. Hurtado Oliva, M. del P. Torres García. 2023. Impacto de la variabilidad climática y actividades humanas en la estructura de manglares de Marismas Nacionales. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. LM019. Ciudad de México.

Manzano Sarabia M. M., O.G. Millán Aguilar, I. Castillo Cruz, L.E. Rodríguez Arredondo, E. Valdez Murillo, M. Ruiz Domínguez, M.A. Hurtado Oliva, M. del P. Torres García. 2023. Impacto de la variabilidad climática y actividades humanas en la estructura de manglares de Marismas Nacionales. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar. Hojas de Cálculo Coordinadas\_completas\_parcelas SNIB-CONABIO, Proyecto No. LM019. Ciudad de México.

Manzano Sarabia M. M., O.G. Millán Aguilar, I. Castillo Cruz, L.E. Rodríguez Arredondo, E. Valdez Murillo, M. Ruiz Domínguez, M.A. Hurtado Oliva, M. del P. Torres García. 2023. Impacto de la variabilidad climática y actividades humanas en la estructura de manglares de Marismas Nacionales. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar. Hojas de Cálculo Estructura\_regeneración\_extracción\_mortalidad SNIB-CONABIO, Proyecto No. LM019. Ciudad de México.

Manzano Sarabia M. M., O.G. Millán Aguilar, I. Castillo Cruz, L.E. Rodríguez Arredondo, E. Valdez Murillo, M. Ruiz Domínguez, M.A. Hurtado Oliva, M. del P. Torres García. 2023. Impacto de la variabilidad climática y actividades humanas en la estructura de manglares de Marismas Nacionales. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar. Hojas de Cálculo Base\_resumen\_estructura SNIB-CONABIO, Proyecto No. LM019. Ciudad de México.

Manzano Sarabia M. M., O.G. Millán Aguilar, I. Castillo Cruz, L.E. Rodríguez Arredondo, E. Valdez Murillo, M. Ruiz Domínguez, M.A. Hurtado Oliva, M. del P. Torres García. 2023. Impacto de la variabilidad climática y actividades humanas en la estructura de manglares de Marismas Nacionales. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar. Hojas de Cálculo Parámetros-ambientales\_productividad\_elevación\_subsidencia SNIB-CONABIO, Proyecto No. LM019. Ciudad de México.

## **Resumen:**

Los manglares son considerados como uno de los ecosistemas más productivos del planeta, además de proporcionar múltiples servicios ambientales a la sociedad. Sus características estructurales están influenciadas por la magnitud y periodicidad de funciones forzantes relacionadas con variables ambientales. Los sistemas forestales son considerados como mosaicos de parches que varían en tamaño y que contienen individuos de diferente edad o etapa de desarrollo y que son resultado de eventos de disturbios -naturales o humanos- que ocasionan fragmentación de la cobertura original. La evaluación de los manglares respecto a su estructura, así como de la influencia de la variabilidad climática y la identificación del impacto de las dimensiones humanas, coadyuvará en el conocimiento de su estado de conservación, vulnerabilidad y resiliencia. La Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit (decretada el 12 de mayo de 2010) se integra por un complejo de ecosistemas diversos, contando con una cobertura de manglares que corresponde al 15 y 20% del total nacional; sin embargo, factores diversos asociados a las actividades humanas y la variabilidad climática han propiciado cambios significativos en las últimas décadas.

La presente propuesta tiene como objetivo principal realizar una evaluación en comunidades de manglar localizadas en Marismas Nacionales, a partir del análisis de su estructura, la caracterización ambiental y el impacto de las dimensiones humanas que permitirá identificar el estado actual y tendencias en esta Reserva de la Biósfera.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

# Informe final

## Proyecto LM019

### Impacto de la variabilidad climática y actividades humanas en la estructura de manglares de Marismas Nacionales



Dra. Mercedes Marlenne Manzano Sarabia<sup>1</sup>. Responsable técnico.

Dra. Olivia Guadalupe Millán Aguilar<sup>1</sup>

Biól. Isaac Castillo Cruz<sup>2</sup>

cDra. Lidia Esther Rodríguez Arredondo<sup>1</sup>

C. Efraín Valdez Murillo<sup>2</sup>

Dr. Marcelino Ruiz Domínguez<sup>1</sup>

Dr. Miguel Angel Hurtado Oliva<sup>1</sup>

M. en C. María del Pilar Torres García<sup>3</sup>

Estudiantes participantes:

M. en C. María Luisa Ordóñez Rosas<sup>1</sup>

M. en C. Brenda Elicet Giles Miranda<sup>1</sup>

M. en C. Victoria Sabrina Pérez Hernández<sup>1</sup>

Ecol. Nancy Galván Arroyo<sup>1</sup>

B.P. Ehimar Ceja Beltrán<sup>1</sup>

Asesor: Dr. Jorge López Portillo<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa.

<sup>2</sup> Centro de Investigación e Innovación Integral Empresarial, Mar Bermejo S.C.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>4</sup>Instituto de Ecología, A.C.

## AGRADECIMIENTOS

A la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad por el financiamiento otorgado al proyecto LM019, especialmente a las diferentes áreas y personal que dieron seguimiento y asesoría en cada una de las etapas, M. en C. Yvonne Simms del Castillo, M. en A. E. G. Alberto Alcántara Maya, M. en C. María del Carmen Vázquez Rojas, Dra. María Isabel Cruz López, M.V.Z. Sebastián Ortiz, Dr. Rainer Ressler.

A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit y su Director Biól. Víctor Hugo Vázquez Morán por el apoyo otorgado y permisos para realizar trabajo de campo.

Se agradece la participación de los estudiantes de servicio social de la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa: David Reyes Villanueva, Erick Osiel Nájera Segura, Karime A. Ahumada Chávez, María F. Osuna Zambrano, Luis Uriel Bernal Morales, Esmeralda Zamudio Martínez.

A la Dirección General de Vinculación y Relaciones Internacionales de la Universidad Autónoma de Sinaloa, especialmente al Ing. César Quintana Corrales por el apoyo y seguimiento administrativo del proyecto.

A Experiencias Ecoturísticas Mata, particularmente a Julio Mata y Roberto Mata por las facilidades brindadas en los muestreos realizados en Boca de Camichín, Nayarit.

A la familia Durán y a los pescadores de las comunidades de Pericos y Puerta de Palapares quienes apoyaron los traslados a los sitios de muestreo.

## ÍNDICE GENERAL

*Resumen ejecutivo*

*Análisis de efectividad*

Introducción	1
Antecedentes	3
Objetivo general	5
Objetivos particulares	5
Materiales y métodos	5
Resultados	18
Conclusiones	88
Literatura citada	92
Anexos	98

## RESUMEN EJECUTIVO

Los manglares son considerados como uno de los ecosistemas más productivos del planeta, además de que proporcionan múltiples servicios ambientales. Sus características estructurales están influenciadas por la magnitud y periodicidad de funciones forzantes relacionadas con variables ambientales. Los sistemas forestales son considerados como mosaicos de parches que varían en tamaño y que contienen individuos de diferente edad o etapa de desarrollo y que son resultado de eventos de disturbios -naturales o humanos- que ocasionan fragmentación de la cobertura original. La evaluación de los manglares respecto a su estructura, así como de la influencia de la variabilidad climática y la identificación del impacto de las dimensiones humanas, coadyuvará en el conocimiento de su estado de conservación, vulnerabilidad y resiliencia. La Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit (decretada el 12 de mayo de 2010) se integra por un complejo de ecosistemas diversos, contando con una cobertura de manglares que corresponde al 15 y 20% del total nacional; sin embargo, factores diversos asociados a las actividades humanas y la variabilidad climática han propiciado cambios significativos en las últimas décadas. El objetivo principal del proyecto fue realizar una evaluación de comunidades de manglar localizadas en Marismas Nacionales, a partir del análisis de su estructura, la caracterización ambiental y el impacto de las dimensiones humanas, con el objetivo de identificar las tendencias en el estado actual de conservación en esta Reserva de la Biósfera.

*Análisis de efectividad:* Se completó la recopilación de literatura especializada (100%), se realizó la recolección de hojarasca, registro de variables ambientales y se integró al informe la caracterización correspondiente (100%). Se incorporaron observaciones realizadas al quinto informe y se actualizaron las bitácoras electrónicas (100%), así como el catálogo fotográfico (100%).

### ***Resultados principales:***

Se finalizó el análisis de calidad de agua de muestras obtenidas durante la quinta y sexta etapas con un equipo colorímetro Hach DR900. Se integró el análisis de las dimensiones humanas a partir del análisis de productos cartográficos y encuestas aplicadas. Se realizaron nuevos ortomosaicos correspondientes a la etapa seis del proyecto.

***Palabras clave:*** Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, manglares, fotografía aérea, percepción remota.

## INTRODUCCIÓN

Los manglares son comunidades vegetales definidas como humedales costeros con una alta productividad al generar una gran cantidad de materia orgánica ( $16\text{-}26 \text{ kg C ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ; Vega-Rodríguez, 2008) que permite la supervivencia de diversas especies, además de estar caracterizados por los bienes y servicios que ofrecen a las comunidades, principalmente a las aledañas (Acosta-Velázquez y Ruiz-Luna, 2007). Estos ecosistemas se encuentran en zonas limítrofes entre el mar y la tierra, como las lagunas costeras o esteros, en la línea de costa o en desembocaduras de ríos, por lo que son considerados como una fuente importante de recursos para el planeta (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1998). Numerosas pesquerías litorales dependen de la presencia de las lagunas costeras y de las áreas de manglar como zonas de crianza y refugio para diferentes especies en al menos una parte de su ciclo de vida (Faunce y Serafy, 2006; Aburto-Oropeza *et al.*, 2008). Por su ubicación geográfica, México se coloca como una zona de gran biodiversidad (CONABIO, 2006), posicionándolo en el cuarto lugar con mayor superficie de manglar a nivel mundial, sólo después de Indonesia, Brasil y Australia (Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013). Por otra parte, las ciudades costeras en el país han crecido aceleradamente en los últimos años, observándose una tendencia positiva en las próximas décadas, por lo que se estima que la vulnerabilidad y presión sobre los ecosistemas costeros también se incrementa.

De acuerdo a la última actualización del Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM), en el 2020 la extensión de manglares en México abarcó una cobertura de 905,086 ha (Velázquez-Salazar *et al.*, 2021), observando un incremento de 129,531 ha (equivalente a un 16.7%) en comparación con lo reportado en 2015 (Valderrama-Landeros *et al.*, 2017). El estado de Nayarit, dentro de la región del Pacífico Norte de México, ha presentado una disminución en la cobertura de manglar desde la década de 1970 (78,024 ha) a 2020 (66,849 ha), con un aumento de 0 a 2,736 ha de manglar perturbado en ese periodo, destacando que hubo una disminución de esta condición en los últimos 5 años (2015-2020) (Velázquez-Salazar *et al.*, 2021). En Marismas Nacionales las principales actividades económicas están relacionadas a la pesca, agricultura, ganadería, acuicultura (principalmente camaricultura) y desarrollo turístico. Es considerado sitio Ramsar, y en la región se tienen registradas 14 UMAS (Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre).

Según el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2010), el complejo lagunar de Marismas Nacionales fue decretado como Área Natural Protegida en 2010, siendo Nayarit la tercera entidad federativa con mayor extensión protegida (83%) después de Baja California (100%) y Campeche (89%) (Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013). Sin embargo, los manglares en esta entidad han sido amenazados en las últimas décadas por la apertura del canal de Cuautla en 1972 y la consecuente erosión registrada, la construcción de infraestructura que interrumpe el flujo de mareas como canales, bordos y caminos, por el cambio de uso de suelo en las inmediaciones del sistema, y por otros eventos de perturbación que han tenido impactos considerables en los manglares de esta región (Berlanga-Robles, 1999; Berlanga-Robles y Ruiz-Luna, 2002; Acosta-Velázquez, 2003; Carrera y De la Fuente, 2003; Kovacs *et al.*, 2001, 2004, 2005).

En estructura forestal, la altura y diámetro de un bosque no están distribuidos al azar, ya que son el resultado de diversos factores como competencia, crecimiento, regeneración, mortalidad (UNESCO, 1980), así como al forzamiento de las condiciones climáticas predominantes y otros agentes de disturbio (Saenger, 2002), por esto, el conocer el desarrollo estructural de los bosques de manglar en el tiempo, permiten tener un conocimiento amplio del nivel de vulnerabilidad en que se encuentran, para la implementación de medidas adecuadas para su protección y desarrollo sustentable. El presente informe incluye el estudio de la estructura de comunidades de manglar en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, así como la caracterización ambiental, siendo sitios seleccionados a partir de su cobertura, su relevancia ecológica y su importancia socio-económica.

## ANTECEDENTES

La zona de estudio en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales (RBMNN, 12 unidades de muestreo permanente) fue dividida en tres secciones en el presente proyecto: Canal de Cuautla, Laguna Agua Brava y Boca de Camichín, cuyos antecedentes se resumen a continuación.

### *Canal de Cuautla*

En 1972 y con el objetivo de incrementar la producción pesquera, se abrió el Canal de Cuautla en el complejo de Marismas Nacionales para conectar el sistema lagunar con el Océano Pacífico, permitiendo un mayor flujo comercial, pero también la construcción de canales, drenes y granjas acuícolas. La inadecuada planeación ha provocado una erosión constante del canal, modificando así los patrones de circulación y propiedades fisicoquímicas (*e.g.* temperatura, salinidad) del agua, y afectando directamente a las comunidades de manglar, lo que ha ocasionado -entre otras cosas- una sucesión de especies (Flores-Verdugo *et al.*, 1997; Berlanga-Robles y Ruiz-Luna, 2007). Eventos naturales como los huracanes (*e.g.* el huracán Rosa en 1994, registrado como uno de los más intensos) han sido otros agentes perturbadores cuya presión se ha visto reflejada en la estructura y condición de salud de los manglares. Aunque en menor proporción, la camaricultura tuvo un crecimiento exponencial y representa un agente de estrés para el ecosistema de manglar, no sólo por el cambio de uso de suelo, sino por el aporte de nutrientes y descargas contaminantes a los cuerpos lagunares (Hopkins *et al.*, 1995; Páez-Osuna, 2001).

### *Laguna Agua Brava*

Laguna Agua Brava era considerada anteriormente como parte del sistema denominado Teacapán-Agua Brava (Sinaloa/Nayarit) y que se encontraba conformado por marismas Las Cabras, lagunas Los Cerritos, Laguna Grande, Los Cañales y Agua Grande y los esteros, Agua Grande del Maíz, Teacapán y Puerta del Río y las lagunas Agua Brava, Pescaderos y Grande de Mexcaltitán. Sin embargo, la delimitación actual como Reserva de la Biósfera excluye las zonas correspondientes al estado de Sinaloa.

La importancia de la laguna Agua Brava, ha motivado la realización de múltiples estudios a través del uso de imágenes satelitales. De acuerdo con Kovacs *et al.* (2001), en 1999 se calculó una cobertura de ~15,200 ha de manglar muerto en la zona de Agua Brava. Esta tendencia de cambio también fue registrada por Berlanga-Robles y Ruiz-Luna (2007) quienes reportaron una extensión de mangle muerto de 8,349 ha con una cobertura total de manglar de 75,042 ha y una tasa de deforestación anual de 0.64% entre 1973 y 2000. En diferentes investigaciones científicas se ha enfatizado sobre el impacto de la apertura del canal de Cuautla en el sistema lagunar y su constante erosión, sugiriendo la gran expansión del manglar muerto cerca de la comunidad El Pescadero como posible resultado de dicha modificación, así como un aumento en la salinidad del agua como otro factor de deterioro (Flores-Verdugo *et al.*, 1997).

#### *Boca de Camichín*

Ubicada en la desembocadura del río San Pedro-Mezquital, la Boca de Camichín se conforma por una gran área de marismas y esteros dentro del complejo de Marismas Nacionales. Pertenece a la región hidrológica Presidio-San Pedro, que reporta una precipitación anual de 818 mm y una escorrentía superficial de 8,299 hm<sup>3</sup> (CONAGUA, 2012). Este sistema se caracteriza por ser el principal productor de ostión *Crassostrea corteziensis* en el Pacífico mexicano (se estima una producción anual de 2,400 ton/año) (Toledo-Ibarra *et al.*, 2016), además de que se encuentra ubicado en una zona agrícola, en la que también se realizan otras actividades humanas, como la acuicultura, ganadería y minería, impactando su estado de conservación como sucede en otros sistemas lagunares de la región (CONAPESCA, 2013). Dada la problemática de los sistemas lagunares con respecto de las descargas contaminantes por actividades antropogénicas, estos moluscos han sido utilizados como bioindicadores para evaluar las concentraciones de metales pesados dentro de la Boca de Camichín, los cuales podrían representar un peligro para las comunidades asentadas alrededor de la RBMNN. Algunos autores han señalado la presencia de estos contaminantes como un problema tanto ambiental como de salud para los organismos acuáticos (Weng y Wang, 2014; Yun-Ru *et al.*, 2011).

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la estructura forestal de comunidades de manglar en doce parcelas establecidas en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, así como el impacto de las actividades humanas y la variabilidad climática local-regional.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Evaluar la estructura de comunidades de manglares en Marismas Nacionales a través del análisis de doce unidades de muestreo fijas (20 × 20 m).
- Evaluar la variabilidad ambiental de los sitios de estudio a través de mediciones *in situ* de variables físico-químicas, información satelital histórica, cartografía y bases de datos derivadas de estaciones climatológicas.
- Analizar el impacto de las dimensiones humanas en los manglares de Marismas Nacionales.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Descripción del área de estudio**

La Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales (decretada en 2010; Figura 1) tiene una extensión de ~113,000 ha de manglares en zonas correspondientes a los municipios de Acaponeta, Rosamorada, Santiago Ixcuintla, Tecuala y Tuxpan (DOF, 2010). Cuenta con un tipo de clima semi-cálido y sub-húmedo, con una temperatura media anual de 26 a 28°C, una máxima promedio anual de 30 a 34°C, y una precipitación anual de 300–1,000 mm, con una humedad relativa anual mayor de 75%. Presenta suelos con acumulación de sales solubles con alto contenido de sodio, y suelos corrosivos. Marismas Nacionales es considerada también como sitio Ramsar, y en la región se tienen registradas 14 UMAS (Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre).

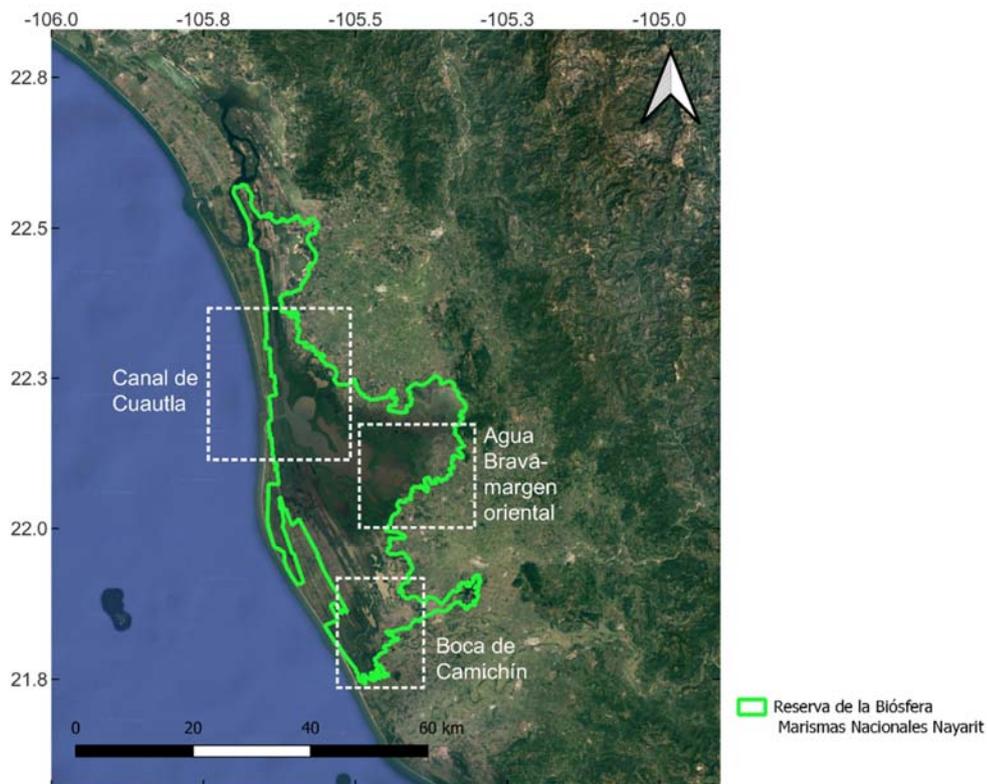


Figura 1. Ubicación geográfica de la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales (polígono verde). Imagen de referencia: Google Earth. Fuente del polígono: <http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/> (Consulta: agosto, 2023). Datum: WGS 1984. Sistema de referencia: coordenadas geográficas. Mapa base: Google Earth.

### Fotografía de campo

Durante la primera etapa, se integró un catálogo de fotografías georreferenciadas con apoyo de diferentes equipos (cámara Fuji XT-1 con georreferencia vinculada al GPS de un celular vía WiFi y cámara de equipo iPhone 6 y GoPro 3+). La georreferencia de las imágenes fue revisada y corregida cuando fue necesario con el programa PIE Studio (<http://www.picmeta.com/products/pie-studio.htm>). Posteriormente se utilizaron otros equipos, tales como GoPro 10 y cámaras de equipos celulares Samsung S10+ y S22+.

### Fotografía aérea

Se utilizó un dron Phantom 4 marca DJI (Figura 2) en la primera y segunda etapas, mientras que a partir de la tercera se utilizó un dron Phantom 4 Pro marca DJI, en las primeras etapas se utilizó la aplicación PIX4D. A partir de la cuarta etapa se utilizó un dron DJI mini

2, y los vuelos fueron realizados en modo vuelo libre. Cada vuelo fue realizado con la participación de un piloto y copiloto (cuando las condiciones del sitio lo requerían). Los vuelos fueron programados para realizar un barrido sobre la ubicación de las parcelas (Figura 3), con configuración automática, sin filtros y las imágenes obtenidas fueron incorporadas al catálogo fotográfico y posteriormente integradas en ortomosaicos (Figura 4), con el programa Agisoft PhotoScan Profesional Versión 1.4.0 build 5076. Los detalles de cada vuelo se muestran en la sección de resultados.



Figura 2. Programación de vuelo de dron Phantom DJI 4 (panel izquierdo) y recepción del mismo (panel derecho).



Figura 3. Ejemplo de área barrida realizada con Dron Phantom 4 para realizar fotografías verticales georreferenciadas. Parcela ID 9.



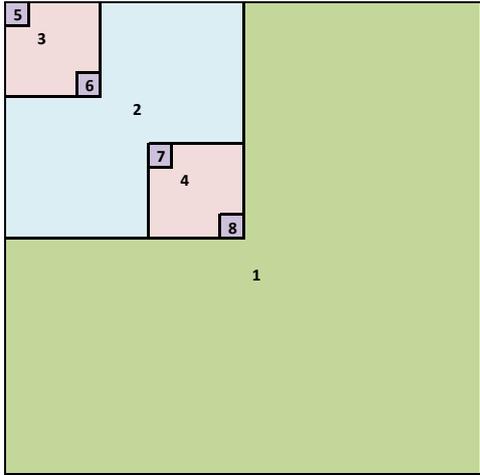
Figura 4. Ortomosaico correspondiente a la parcela ID 9.

## Estructura forestal

Para el estudio de la estructura y caracterización ambiental del manglar en Marismas Nacionales, Nayarit se analizaron doce unidades permanentes de muestreo de 20×20 m. Se utilizó el método modificado propuesto por Valdez-Hernández (2002) y que se describe y esquematiza en la Tabla 1.

Tabla 1. Esquema y descripción de la unidad de muestreo de 20×20 m.

Número de parcelas y subparcelas	Tamaño	Identificador	¿Qué se mide?	Observaciones
1 parcela de	20 x 20 m	1-1	Todos los individuos mayores a 2.5 cm de D130	
1 subparcela de	10x10 m	1-2	Todos los individuos mayores a 2.5 cm de D130 Todos los individuos menores de 2.5 de D130 pero mayores de 1.3 m de altura	Parte de esta información ya se midió en la parcela de 20 x 20m, solo es necesario replicar la información correspondiente para esta subparcela en la hoja de cálculo correspondiente en el archivo:2 Estrutura_regeneration_extraccion_mortalidad_F.xls
2 subparcelas de	4x4 m	1-3a 1-4b	Todos los individuos menores de 2.5 de D130 pero mayores de 1.3 m de altura	Parte de esta información ya se midió en la parcela de 10x10m, solo es necesario replicar la información correspondiente para estas subparcelas en la hoja de cálculo correspondiente en el archivo:2 Estrutura_regeneration_extraccion_mortalidad_F.xls
4 subparcelas de	1x1 m	1-5c 1-6d 1-7e 1-8f	Abundancia de todos los individuos menores de 1.3m de altura pero mayores a 30 cm de altura Total de individuos menores a 30 cm de altura	



La caracterización por tipos de manglar presentes en los sitios de estudio con base en las características fisonómicas se realizará de acuerdo con Lugo y Snedaker (1974).

#### *Diámetro a la altura del pecho a 130 cm (D130)*

El Diámetro Normal, Diámetro a la Altura del Pecho o DAP es una variable importante para cuantificar la estructura y composición de los rodales (Tovilla-Hernández *et al.*, 2013). El registro de esta variable en los individuos permite conocer el desarrollo, condición o estabilidad de la comunidad, siendo además utilizado para calcular el área basal (definida como el área ocupada por los troncos de los árboles de manglar en una unidad espacial determinada). Este atributo estructural de las comunidades arbóreas se midió con una cinta diamétrica a una altura de 130 cm (en adelante referido como D130, Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2018).

#### *Altura total del arbolado*

Es una variable indicadora del desarrollo de los bosques de manglar.

#### *Altura de la raíz*

Este atributo fue medido solamente en *Rhizophora mangle*.

#### *Altura fuste limpio:*

Distancia que existe a partir de la base del árbol hasta la base de la copa, es decir el fuste libre de ramas.

#### *Área basal (AB):*

Representa el área en m<sup>2</sup> que ocupa la sección transversal del conjunto de árboles de un rodal que se distribuyen en una hectárea. Se considera uno de los parámetros estructurales más indicativo del desarrollo de cualquier rodal.

$$AB = \pi /4 ((D130/100)^2) \times 10000$$

donde:

$$\pi = \text{Pi}$$

D130: Diámetro normal o DAP a 130 cm

*Densidad (fustes/ha)* = Número total de fustes/ área total muestreada x 10,000

*Índice de Valor de importancia (I.V.I.)*

El Índice de valor de importancia se utiliza para identificar la importancia de las especies en cada unidad de muestreo. Se calcula a partir de la sumatoria del porcentaje de densidad, frecuencia y dominancia. Es un método efectivo para indicar la importancia relativa de cada especie en una unidad de muestreo y puede estar en un intervalo entre 0 y 300 cuando se reporta en valores absolutos (Cottam y Curtis, 1949; Curtis y McIntosh, 1951).

I.V.I. = Densidad relativa + Frecuencia relativa + Dominancia relativa de la especie *i*, donde:

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad de la especie } i}{\text{Densidad total}} \times 100$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de especies } i}{\Sigma \text{Frecuencia de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Área basal de la especie } i}{\Sigma \text{Área basal de todas las especies}} \times 100$$

*Índice de complejidad de Holdridge (ICH):*

Este índice (Holdridge, 1947) se utiliza para determinar el grado de desarrollo estructural de los bosques de manglar y se calcula con la ecuación:

$$ICH = (d)(a)(h)(s)/1000$$

$$d = \text{Número de individuos} \cdot 0.1 \text{ ha}^{-1}$$

$$s = \text{Número de especies}$$

$$h = \text{Altura del rodal (m)}$$

$$a = \text{promedio del área basal (m}^2 \cdot 0.1 \text{ ha}^{-1})$$

A mayores valores del índice, la complejidad se incrementa (0-100).

*Diámetro promedio de la copa*

Es una medición importante que proporciona información sobre la densidad de árboles por área, aunque la medición se dificulta por la irregularidad, altura y mezcla de la copa de los árboles. En el presente estudio se midió el eje mayor y menor, donde el promedio

de estas dos mediciones se consideró como el diámetro de copa (Cintron y Shaeffer-Novelli, 1984).

#### *Clase de corona*

Existen diferencias del tipo y tamaño de corona o copa en zonas de árboles de la misma edad o del mismo grupo. El tipo de corona se clasificó como dominante, co-dominante, intermedia, suprimida o en su defecto, se indicó si se trataba de individuos tipo arbustivo.

#### *Frecuencia de tallas*

La frecuencia de tallas se determinó a partir de la regla de Sturges (Zar, 1996):  
 $K = 1 + 3.322 (\text{Log}_{10} \cdot n)$ . Para determinar la amplitud de la clase:  $C = I / K$  donde:  $I =$  Intervalo de clase = (Valor mayor – valor menor) y  $n =$  número de individuos.

#### *Regeneración potencial*

Para determinar la regeneración potencial, se siguió el protocolo de López-Portillo *et al.* (2012), considerando como plántulas a los individuos que presenten una altura menor a 0.5 m, y juveniles a aquellos que registren una altura igual o mayor a 0.5 m y un diámetro menor a 2.5 cm. Los atributos que se midieron fueron densidad y altura.

#### *Densidad*

Se contaron todos los organismos (plántulas y juveniles) presentes dentro de los cuadrantes y fueron expresados por unidad de área.

#### *Altura*

La altura se midió con una cinta métrica y/o hipsómetro Nikon Forestry 550.

#### *Extracción*

Se anotaron las características de las extracciones observadas en las unidades de muestreo (especie y el diámetro a la altura del corte).

#### *Mortalidad*

Se registró la especie, D130 y causa de muerte cuando fue posible.

## Análisis de sedimentos

Como parte de la iniciativa para estudios de carbono azul implementada por la CONABIO, se siguió la metodología propuesta (modificada de Kauffman, *et al.*, 2011) y que se resume a continuación.

Las parcelas de monitoreo permanente tienen una superficie de 400 m<sup>2</sup> (20×20 m), por lo que se localizaron tres puntos dentro de la parcela de forma aleatoria y con una separación entre ambos puntos de mínimo 5 metros (Figura 5).

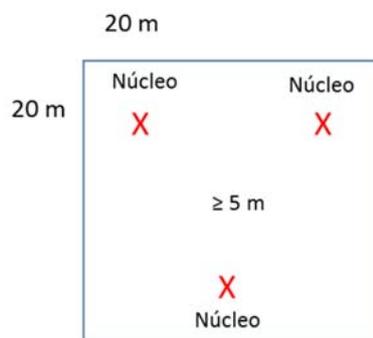


Figura 5. Ubicación aleatoria de los tres puntos de muestreo dentro de una parcela de monitoreo permanente.

*Recolección de muestras.-* Fue retirada manualmente toda la hojarasca, ramas y otros elementos que no corresponden al suelo. Posteriormente se colocó el nucleador de forma vertical en el suelo y con la ayuda del mango se empujó hacia el suelo para que el nucleador entre en su totalidad o hasta topar con el material parental, es decir roca madre. Después de extraer el núcleo, éste se colocó en una superficie horizontal adecuada para poder trabajar. Se procedió a limpiar todo el perfil con la ayuda de una espátula, eliminando toda muestra que rebasa al cilindro semicircular del nucleador (Figura 6a).



Figura 6. Recolección de muestras: A) Ubicación y preparación para toma de muestras; B) Nucleador introducido en toda su profundidad; C) Extracción del núcleo; D) Limpieza superficial de la muestra y medición de los intervalos de profundidad; E) Extracción de las muestras a cada intervalo; F) Muestra embolsada lista para ser enviada a laboratorio.

Posteriormente se procedió a medir los intervalos de profundidad en el perfil (0-15, 15-30, 30-50, 50 - 100 cm) y a obtener sub-muestras de 7 cm de espesor, idealmente a la mitad de cada intervalo. Las muestras fueron guardadas individualmente en bolsas plásticas (con cierre hermético) y etiquetada con la fecha, iniciales del colector, sitio, identificador de la parcela, tipo de núcleo (1, 2 o 3), y profundidad. Se tomaron las coordenadas del sitio con GPS del núcleo principal en grados decimales.

### Producción de hojarasca

Para determinar el ciclo de producción de hojarasca del manglar, se siguió la metodología de recolección *in situ* colocando canastas con un área de 0.25 m<sup>2</sup> (López-Portillo y Ezcurra, 2002; Arreola-Lizárraga *et al.*, 2004; Félix-Pico *et al.*, 2006; Agraz-Hernández *et al.*, 2011). En cada sitio de estudio se colocaron 3 canastas, las cuales fueron construidas con tubos de PVC para elaborar el marco (0.5 m x 0.5 m) y fondo con malla de polietileno de 1 mm<sup>2</sup> de abertura. Las muestras de material foliar se guardaron en bolsas de plástico etiquetadas con los datos de fecha de recolección, número de canasta y sitio, para ser

transportadas al laboratorio. Para cada una de las muestras de hojarasca se realizó la separación de los componentes de hojarasca (hoja, rama, flor y propágulo) y fueron colocadas en charolas de aluminio y posteriormente en una estufa de convección a una temperatura de 75°C por 48 horas o hasta obtener un peso constante, que es obtenido por separado en una balanza de precisión (OHAUS, Scout II). Los datos se expresaron en  $\text{g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{d}^{-1}$  teniendo en cuenta el peso seco, el área de cada trampa y el número de días transcurridos entre cada recolección (Félix-Pico *et al.*, 2006). Se integró la información en los formatos establecidos y se elaboraron gráficas comparativas.

### **Determinación de nutrientes**

Para determinar la concentración de nutrientes se tomaron muestras de agua del canal más cercano a cada parcela, así como dentro de cada sitio (tres por parcela y recolectadas en los piezómetros) y se midió la concentración de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y fosfatos ( $\text{PO}_4^-$ ) con un colorímetro HACH DR/890, con excepción de la quinta y sexta etapas del proyecto, siendo utilizado el modelo HACH DR/900.

## **VARIABLES AMBIENTALES**

### **Oceanografía satelital**

Se obtuvieron imágenes satelitales mensuales (2000-2022) de temperatura superficial del mar derivadas de múltiples sensores remotos con 1 km de resolución de pixel (sensores MODIS-Terra, MODIS-Aqua, VIIRS) procesadas por el Dr. Mati Kahru (<http://wimsoft.com/CAL/>). Estas imágenes se derivan de productos y algoritmos estándar de NASA correspondientes a los reprocesamientos R2014 y R2019 ([https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/atbd/sst/#sec\\_2](https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/atbd/sst/#sec_2)). Las series de tiempo mensuales fueron elaboradas con el programa WIM (<http://wimsoft.com/>) para áreas correspondientes a la plataforma continental adyacente a las lagunas costeras consideradas en el proyecto (Figura 7). Esta información permitirá caracterizar las condiciones oceanográficas de la plataforma continental que influyen al interior de Marismas Nacionales.

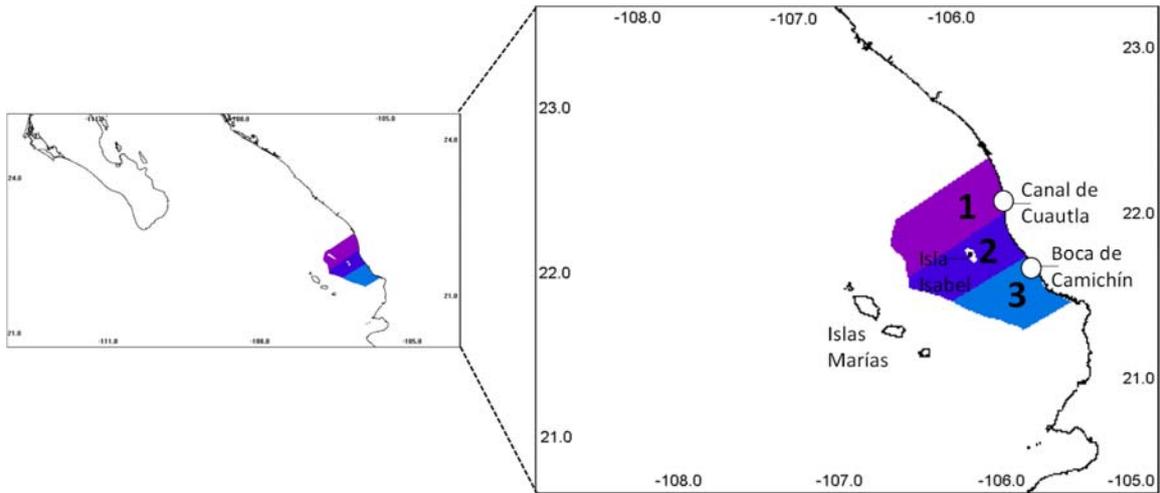


Figura 7. Áreas seleccionadas en la plataforma continental para calcular series de tiempo de temperatura superficial del mar a partir de múltiples sensores remotos. 1: Canal de Cuautla, 2: Isla Isabel, 3: Boca de Camichín.

Asimismo, se calcularon las anomalías como una diferencia entre el valor mensual observado menos la climatología correspondiente.

### Instalación de dataloggers

Se instalaron dataloggers marca HOBO Onset en cinco parcelas representativas de Agua Brava, Boca de Camichín, Unión de Corrientes y Puerta de Palapares (ID 2, 6, 7, 9, 12; uno por parcela) para obtener series de tiempo de temperatura, y nivel del agua, siendo programados para obtener registros cada hora (Figura 8).



Figura 8. Instalación de dataloggers.

### **Medición de parámetros ambientales**

Se utilizaron sondas Ecosense ECO 300A, YSI-SS0A y Combo pH/ORP Hanna para la medición de las variables ambientales, tanto en los piezómetros (Figura 9) como en el canal más cercano: pH, salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, oxígeno disuelto (%), potencial REDOX, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales (SDT). Para las variables ambientales registradas dentro de la parcela, se realizó un análisis ANOVA factorial y una prueba de Tukey para determinar la significancia estadística para cada parámetro (STATISTICA v. 8.0). Se utilizó una estación meteorológica Kestrel Pocket Weather Tracker 4500 para determinar la temperatura ambiente, punto de evaporación y porcentaje de humedad del aire en cada parcela.



Figura 9. Instalación de uno de los piezómetros dentro de la parcela 20 x 20 m.

## RESULTADOS

Durante la primera etapa se realizó la prospección de campo para definir doce unidades de muestreo permanentes (figura 10, tabla 2), siendo realizada del 09 al 11 de agosto de 2018, mientras que en la segunda etapa se realizó el primer análisis de estructura forestal. El primer análisis de estructura de los manglares para las 12 unidades de muestreo permanente fue realizado en marzo (parcelas ID\_7, 8, 11 y 12), mayo (parcelas ID\_5, 6, 9 y 10) y junio (parcelas ID\_1, 2, 3 y 4) de 2019, mientras que la segunda etapa comparativa se realizó en septiembre (parcelas ID\_1, 2, 4 y 5) y noviembre (resto de las parcelas) de 2022. El lapso de tiempo prolongado entre los dos periodos comparativos de estructura se debió a la contingencia sanitaria por el virus SARS-CoV2 (COVID-19) que inició en marzo de 2020, año en que se llevaría a cabo la segunda etapa. Aunado a esto, la separación entre estas dos últimas fechas de muestreo fue la presencia del huracán Roslyn, que como categoría 3 afectó a las costas de Nayarit del 20 al 22 de octubre, provocando daños severos e incomunicando toda el área de la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales (detalles adicionales se indican en el Anexo 2).

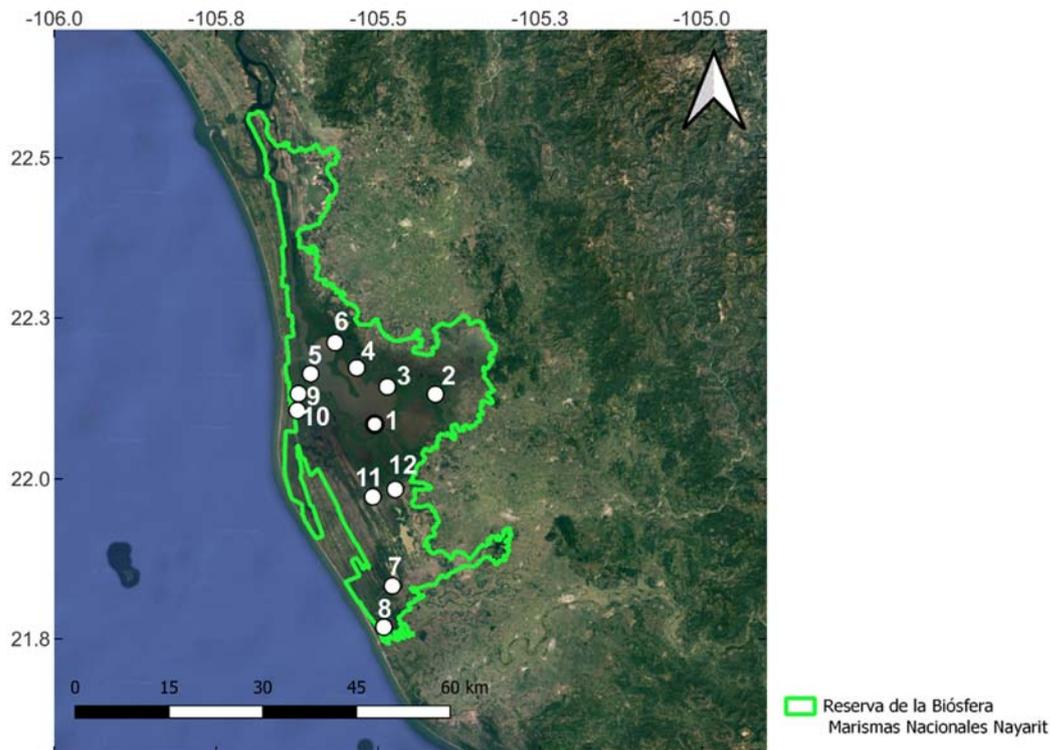


Figura 10. Unidades de muestreo permanente (círculos blancos) en Marismas Nacionales, Nayarit. Datum: WGS 1984. Sistema de referencia: coordenadas geográficas. Mapa base: Google Earth.

Tabla 2. Coordenadas centrales y de vértices correspondientes a las doce unidades de muestreo consideradas.

		Latitud (grados decimales)	Longitud (grados decimales)	Coordenada central
PUNTA DEL BULE; ID=1	Vértice 1	22.084817°	-105.505168°	22.084727°; -105.505264°
	Vértice 2	22.084637°	-105.505167°	
	Vértice 3	22.084636°	-105.505361°	
	Vértice 4	22.084817°	-105.505362°	
TAPO ZOMATLÁN; ID=2	Vértice 1	22.131465°	-105.411515°	22.131569°; -105.411597°
	Vértice 2	22.131495°	-105.411706°	
	Vértice 3	22.131673°	-105.411678°	
	Vértice 4	22.131643°	-105.411487°	
EL DIABLITO; ID=3	Vértice 1	22.142951°	-105.485862°	22.143025°; -105.485751°
	Vértice 2	22.143129°	-105.485831°	
	Vértice 3	22.143100°	-105.485639°	
	Vértice 4	22.142921°	-105.485671°	
RINCÓN DEL BURRO; ID=4	Vértice 1	22.162048°	-105.529838°	22.161922°; -105.529818°
	Vértice 2	22.161940°	-105.529682°	
	Vértice 3	22.161795°	-105.529798°	
	Vértice 4	22.161903°	-105.529954°	
PUNTA EL COMEJÉN; ID=5	Vértice 1	22.163215°	-105.604268°	22.163298°; -105.604372°
	Vértice 2	22.163201°	-105.604461°	
	Vértice 3	22.163381°	-105.604476°	
	Vértice 4	22.163395°	-105.604282°	
BOCA DE LOS MURILLO; ID=6	Vértice 1	22.211716°	-105.566523°	22.211654°; -105.566403°
	Vértice 2	22.211766°	-105.566337°	
	Vértice 3	22.211592°	-105.566283°	
	Vértice 4	22.211542°	-105.566469°	
CHORRO GRANDE; ID=7	Vértice 1	21.832397°	-105.477898°	21.832292°; -105.477975°
	Vértice 2	21.832220°	-105.477863°	
	Vértice 3	21.832187°	-105.478053°	
	Vértice 4	21.832364°	-105.478088°	
BOCA DE CAMICHÍN; ID=8	Vértice 1	21.768191°	-105.491350°	21.768176°; -105.491214°
	Vértice 2	21.768303°	-105.491198°	
	Vértice 3	21.768161°	-105.491079°	
	Vértice 4	21.768049°	-105.491230°	
LAS ESTACAS; ID=9	Vértice 1	22.132150°	-105.623010°	22.132231°; -105.623116°
	Vértice 2	22.132132°	-105.623203°	
	Vértice 3	22.132312°	-105.623222°	
	Vértice 4	22.132330°	-105.623029°	
LOS POCHOTES; ID=10	Vértice 1	22.106355°	-105.625021°	22.106471°; -105.624963°
	Vértice 2	22.106525°	-105.625088°	
	Vértice 3	22.106588°	-105.624906°	
	Vértice 4	22.106418°	-105.624839°	
CRUCERO; ID=11	Vértice 1	21.972161°	-105.508336°	21.972251°; -105.508239°
	Vértice 2	21.972341°	-105.508336°	
	Vértice 3	21.972342°	-105.508143°	
	Vértice 4	21.972161°	-105.508142°	
UNIÓN DE CORRIENTES; ID=12	Vértice 1	21.983634°	-105.473601°	21.983754°; -105.473554°
	Vértice 2	21.983798°	-105.473683°	
	Vértice 3	21.983874°	-105.473507°	
	Vértice 4	21.983710°	-105.473426°	

### Catálogo fotográfico

Durante la primera etapa del proyecto -que correspondió a una campaña de prospección en Marismas Nacionales- se integró un catálogo fotográfico en zonas correspondientes a la ubicación de las parcelas permanentes con apoyo de un dron DJI Phantom 4. Asimismo, fue posible elaborar ortomosaicos para siete parcelas (Figura 11).

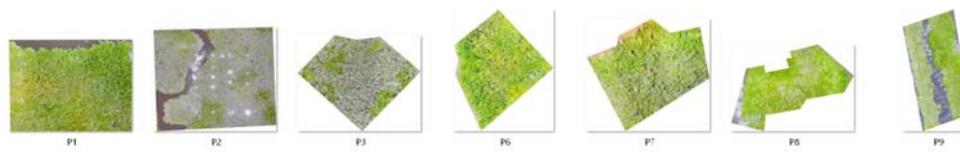


Figura 11. Ortomosaicos correspondientes a siete unidades de muestreo permanentes.

La Tabla 3 resume las características generales del equipo y sobrevuelos realizados, donde fue posible obtener 976 fotografías aéreas y elaborar siete ortomosaicos. Al tratarse de vuelos de prospección se realizaron las tomas a diferente altura.

Tabla 3. Valores de calidad de los ortomosaicos realizados.

Sitio/ Parcela	Numero de fotos	Altura Promedio (m)	Area Fotografiada (Km <sup>2</sup> )	Area Fotografiada (Ha)	Traslape (%)	Resolución en terreno cm/pix	Puntos de enlace	Modelo Camara	Distancia Focal (mm)	Resolucion	Fecha de vuelo
1	50	92.8	0.0449	4.49	80	3.51	41,261	FC330	3.61	4000*3000	09/08/2018
2	148	79.6	0.0676	6.76	80	2.71	50,196	FC330	3.61	4000*3000	09/08/2018
3	161	50.1	0.0111	1.11	80	1.85	43,700	FC330	3.61	4000*3000	09/08/2018
6	146	98.8	0.0837	8.37	80	2.45	45,055	FC330	3.61	4000*3000	09/08/2018
7	148	66.1	0.074	7.4	80	2.19	67,495	FC330	3.61	4000*3000	10/08/2018
8	170	63.7	0.0557	5.57	80	2.29	20,860	FC330	3.61	4000*3000	10/08/2018
9	153	98.5	0.0776	7.76	80	2.32	79,608	FC330	3.61	4000*3000	11/08/2018

Durante la segunda etapa, se seleccionaron 344 fotografías georreferenciadas en campo y ~1,500 fotografías derivadas de sobrevuelos aéreos con dron, sin embargo, en éste último caso se registró un daño en el equipo (cámara y estabilizador), por lo que durante la tercera etapa se realizó el levantamiento fotográfico con un dron Phantom 4 Pro en el 100% de las parcelas consideradas en el proyecto (1841 fotografías; Tabla 4). Posteriormente, fueron utilizados los equipos DJI Mini 2 (cuarta, quinta y sexta etapa) y Air 2S (sexta etapa). Los vuelos en general se realizaron a una altura entre 80 y 120 m.

Tabla 4. Resumen de los vuelos con drones realizados durante las campañas de febrero de 2020, abril de 2022, así como de mayo y junio de 2023.

Parcela	Dron	Fecha de vuelo	Número de fotos	Altura de vuelo (m)	Modelo cámara	Distancia focal (mm)	Resolución
ID 1	Phanton 4 Pro	14/02/2020	130	101	FC6310	9	5472 x 3648
ID 2	Phanton 4 Pro	14/02/2020	273	104	FC6310	9	5472 x 3648
ID 3	Phanton 4 Pro	14/02/2020	192	99.2	FC6310	9	5472 x 3648
ID 4	Phanton 4 Pro	13/02/2020	128	98.2	FC6310	9	5472 x 3648
ID 5*	Phanton 4 Pro	13/02/2020	127	100	FC6310	9	5472 x 3648
ID 6	Phanton 4 Pro	13/02/2020	126	95.8	FC6310	9	5472 x 3648
ID 7	Phanton 4 Pro	11/02/2020	92	98.8	FC6310	9	5472 x 3648
ID 8	Phanton 4 Pro	11/02/2020	114	105	FC6310	9	5472 x 3648
ID 9	Phanton 4 Pro	12/02/2020	138	105	FC6310	9	5472 x 3648
ID 10	Phanton 4 Pro	12/02/2020	150	104	FC6310	9	5472 x 3648
ID 11	Phanton 4 Pro	12/02/2020	92	110	FC6310	9	5472 x 3648
ID 12	Phanton 4 Pro	12/02/2020	279	132	FC6310	9	5472 x 3648

Parcela	Dron	Fecha de vuelo	Número de fotos	Altura de vuelo (m)	Modelo cámara	Distancia focal (mm)	Resolución
ID 1	DJI Mini 2	08/04/2022	161	125	FC7303	4.49	4000 x 2250
ID 2	DJI Mini 2	08/04/2022	101	127	FC7303	4.49	4000 x 2250
ID 3	DJI Mini 2	08/04/2022	96	118	FC7303	4.49	4000 x 2250
ID 4	DJI Mini 2	08/04/2022	100	121	FC7303	4.49	4000 x 2250
ID 5	DJI Mini 2	08/04/2022	129	111	FC7303	4.49	4000 x 2250
ID 6	DJI Mini 2	08/04/2022	121	120	FC7303	4.49	4000 x 2250
ID 7	DJI Mini 2	06/04/2022	175	110	FC7303	4.49	4000 x 2250
ID 8	DJI Mini 2	06/04/2022	250	125	FC7303	4.49	4000 x 2250
ID 9	DJI Mini 2	07/04/2022	197	119	FC7303	4.49	4000 x 2250
ID 10	DJI Mini 2	07/04/2022	153	124	FC7303	4.49	4000 x 2250
ID 11	DJI Mini 2	07/04/2022	76	132	FC7303	4.49	4000 x 2250
ID 12	DJI Mini 2	07/04/2022	170	130	FC7303	4.49	4000 x 2250

Parcela	Dron	Fecha de vuelo	Número de fotos	Altura de vuelo (m)	Modelo cámara	Distancia focal (mm)	Resolución
ID 1	DJI Mini 2	02/06/2023	204	80.3	FC7303	4.49	4000 x 2250
ID 2	AIR 2S	03/06/2023	233	87.1	FC3411	8.38	5472 x 3078
ID 3	AIR 2S	03/06/2023	263	82.3	FC3411	8.38	5472 x 3078
ID 4	AIR 2S	02/06/2023	378	84	FC3411	8.38	5472 x 3078
ID 5	AIR 2S	02/06/2023	299	86.9	FC3411	8.38	5472 x 3078
ID 6	AIR 2S	02/06/2023	241	87.6	FC3411	8.38	5472 x 3078
ID 7	AIR 2S	31/05/2023	99	76.3	FC3411	8.38	5472 x 3078
ID 8	AIR 2S	31/05/2023	185	93	FC3411	8.38	5472 x 3078
ID 9	AIR 2S	01/06/2023	218	83.2	FC3411	8.38	5472 x 3078
ID 10	AIR 2S	01/06/2023	228	82.8	FC3411	8.38	5472 x 3078
ID 11	DJI Mini 2	01/06/2023	196	91.1	FC7303	4.49	4000 x 2250
ID 12	AIR 2S	01/06/2023	247	85.7 m	FC3411	8.38	5472 x 3078

\*El ortomosaico de la parcela ID5 durante la campaña de 2020 fue excluido por fallas en la integración de las imágenes.

### Estructura forestal

Se analizó la estructura forestal de las 12 unidades de muestreo permanente y considerando dos etapas (2019 y 2022) en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, identificando los principales atributos, mismos que se muestran a continuación.

Se obtuvo un promedio total de 777 individuos en las 12 parcelas considerando ambas etapas, 742 en la primera y 811 en la segunda. En 2019, el menor promedio de D130 ( $3.14 \pm 0.14$  cm;  $n=34$ ) se registró en la parcela ID\_12 (zona Unión de Corrientes). Cabe destacar que en 2022, en esta parcela todos los árboles estaban completamente cubiertos por la enredadera *Cissus verticillata*, conocida comúnmente como *tripa de zopilote* y considerada una especie invasora en los manglares, por lo que no fue posible analizar los atributos estructurales como se detalla posteriormente.

Por otra parte, el mayor promedio de D130 registrado en 2019 correspondió a la parcela ID\_6 con  $11.9 \pm 1.34$  cm ( $n=30$ ), la mayoría de estos árboles pertenecientes a la especie *R. mangle*. En 2022, como era esperado, se registró un aumento en los valores promedio de este atributo estructural en la mayoría de las parcelas, con el máximo promedio en la parcela ID\_4 (D130 de  $12.9 \pm 0.71$  cm). Se observaron diferencias significativas entre parcelas y entre etapas de estudio ( $P < 0.05$ ) (Figura 12).

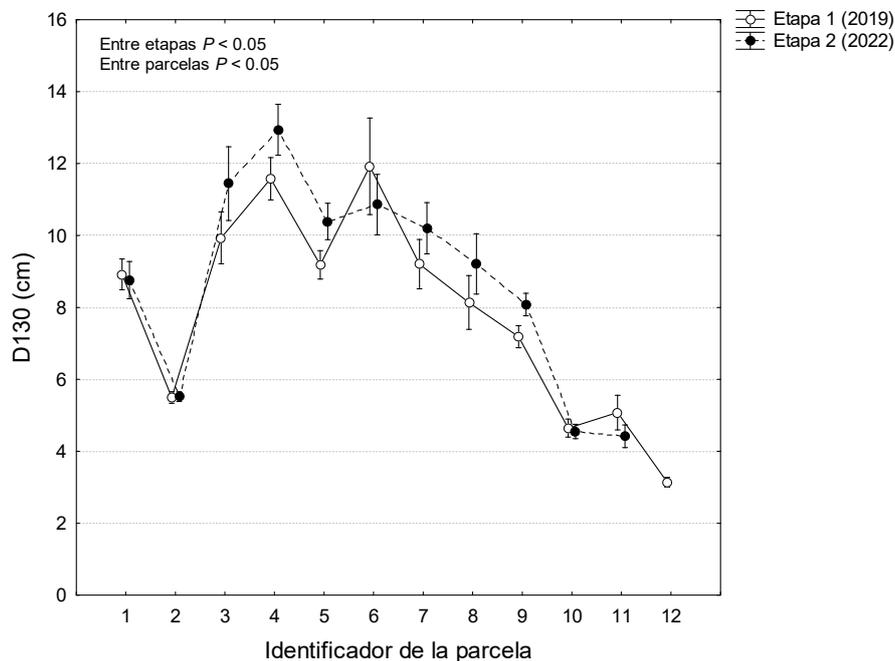


Figura 12. Comparación del D130 promedio (cm) en las parcelas analizadas en Marismas Nacionales Reserva de la Biósfera, Nayarit para las dos etapas comparativas de estudio. Las barras indican el error estándar.

El perfil de altura fue muy similar al del D130 para las dos etapas analizadas, observándose valores promedio mayores en la sección norte perteneciente a la zona de Agua Brava, y menores en Unión de Corrientes. En la primera etapa, los individuos más altos se observaron en la parcela ID\_4, con una altura promedio de  $13.16 \pm 0.46$  m ( $n = 46$ ), con dominancia de *R. mangle*, mientras que los menores se registraron en la parcela ID\_12 (altura promedio =  $3 \pm 0.12$  m), que coincide con el valor más bajo reportado para el D130. En la segunda etapa se observó la misma tendencia, con el valor promedio más alto en la parcela ID\_4 ( $13.5 \pm 0.47$  m). En algunas parcelas se registró una disminución en los valores de altura debido a la pérdida de la copa provocada por el huracán Roslyn que impactó las costas de Nayarit el 23 de octubre de 2022 (Figura 13). Al igual que en el caso de la altura total, los valores más altos registrados en la altura del fuste limpio se observaron en la parcela ID\_4 en ambas etapas, con un promedio de  $5.7 \pm 0.26$  m y  $5.9 \pm 0.36$  m en las etapas 1 y 2, respectivamente, y los valores más bajos en las parcelas ID\_10 y 11 (Figura 14). En el muestreo de 2022 no fue posible realizar mediciones en los árboles localizados en la parcela ID\_12 (Figura 14), al encontrarse cubiertos en su totalidad por *C. verticillata*. Se observaron diferencias significativas entre parcelas ( $P < 0.05$ ) y etapas ( $P < 0.05$ ) en el caso de la altura, y solo entre parcelas en el caso del fuste limpio (Figuras 13 y 14).

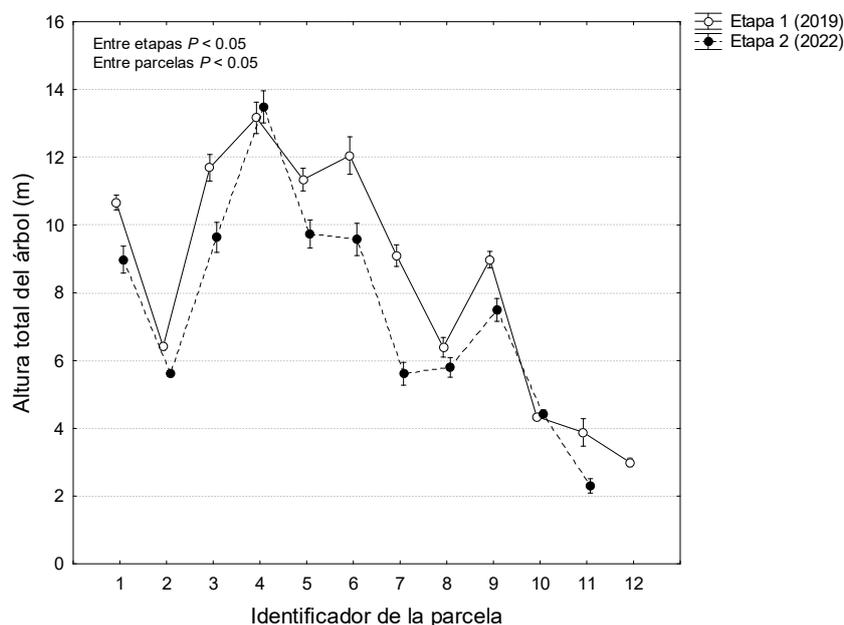


Figura 13. Comparación de la altura promedio de los manglares en las 12 parcelas localizadas en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, Nayarit, para las dos etapas de estudio. Las barras muestran el error estándar.

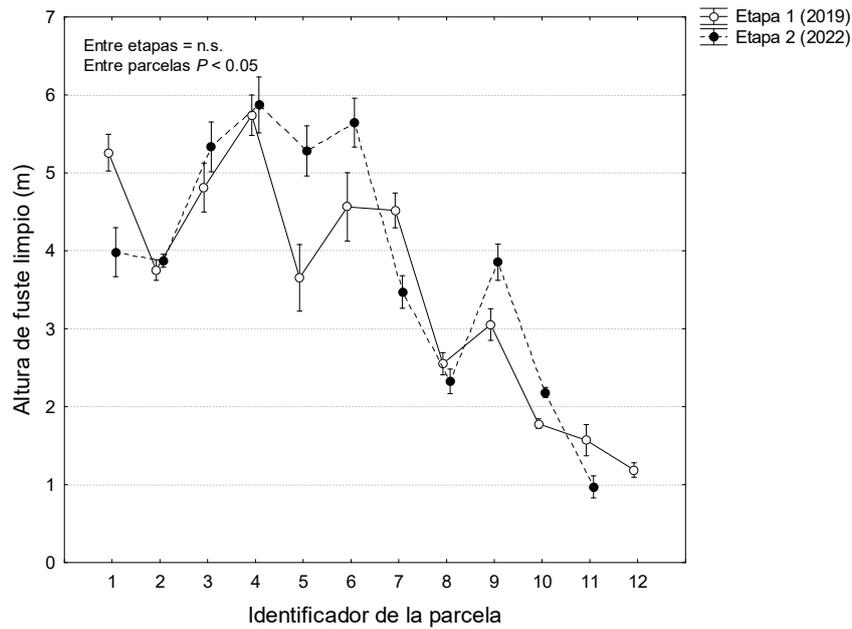


Figura 14. Valores promedios de la altura del fuste limpio para las 12 parcelas analizadas en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, Nayarit, para las dos temporadas de estudio. Las barras muestran el error estándar.

Los resultados del diámetro promedio de la copa mostraron una tendencia similar a los observados de D130 y altura durante la etapa 1, con el mayor valor promedio en la parcela ID\_4 (diámetro promedio =  $4.02 \pm 0.26$  m) y el menor para la parcela ID\_11 (diámetro promedio =  $1.31 \pm 0.18$  m) que junto con la parcela ID\_12, registró presencia de tripa de zopilote, afectando el crecimiento y desarrollo general de los árboles. Esta tendencia no se observó para la etapa 2 principalmente en la parcela ID\_3, la cual se vio más afectada por el huracán Roslyn y la media del diámetro de la copa disminuyó de  $3.8 \pm 0.34$  m (2019) a  $1.1 \pm 0.27$  m (2022). De acuerdo a la prueba de Tukey, se observaron diferencias significativas entre parcelas y entre etapas (Figura 15).

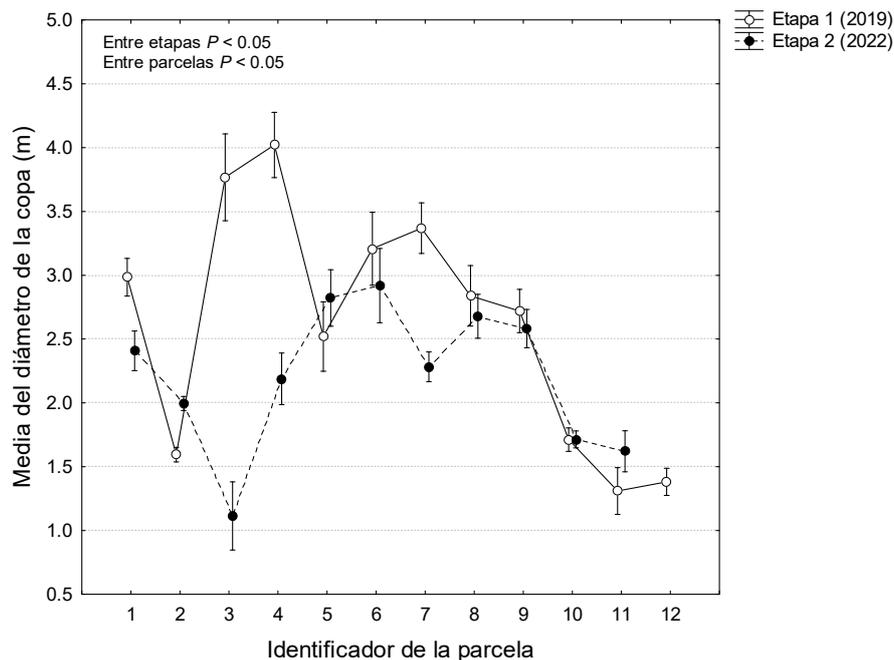


Figura 15. Comparación del diámetro promedio de la copa (m) entre parcelas localizadas en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, Nayarit, en ambas etapas de estudio. Las barras muestran el error estándar.

Con respecto de la densidad, en la primera etapa, la parcela donde se observó el mayor número de individuos fue en la ID\_2 con  $2,950 \text{ ind}\cdot\text{ha}^{-1}$  (118 individuos dentro de la parcela  $20 \times 20 \text{ m}$ ), y la parcela con la densidad promedio más baja fue la ID\_6 con  $750 \text{ ind}\cdot\text{ha}^{-1}$ , que por los valores altos tanto de D130 (promedio = 12 cm) como de altura total de los árboles (12 m en promedio) es considerada como una comunidad de árboles maduros, ya que tampoco reportó repoblamiento (ver Figura 33). En la segunda etapa hubo un incremento en el número de individuos en la parcela ID\_2, con  $5,550 \text{ ind}\cdot\text{ha}^{-1}$ , sin embargo, de manera general se observó una disminución en la mayoría de las parcelas (ID\_1, 3, 4, 7, 8 y 9), mientras que en la parcela ID\_12 no fue posible contabilizar los individuos debido a la presencia de *C. verticillata* (Figura 16). Con respecto de la densidad por especie para cada parcela, en el 2019 se observó que en las parcelas ID\_1-6 sólo se reportaron individuos de las especies *L. racemosa* y *R. mangle*, con una mayor proporción de la primera en la parcela ID\_2. En las parcelas ID\_7-9 se observaron las tres principales especies, con dominancia de *L. racemosa* y *A. germinans*; y en las parcelas ID\_10-12 no se observó la presencia de mangle rojo y en general una baja proporción de individuos de mangle blanco y negro; en 2022 la proporción de individuos de acuerdo a su especie fue muy similar a la primera etapa, con presencia de *L. racemosa* en la parcela ID\_2, y con individuos sin identificar en la parcela ID\_11 (Figura 17).

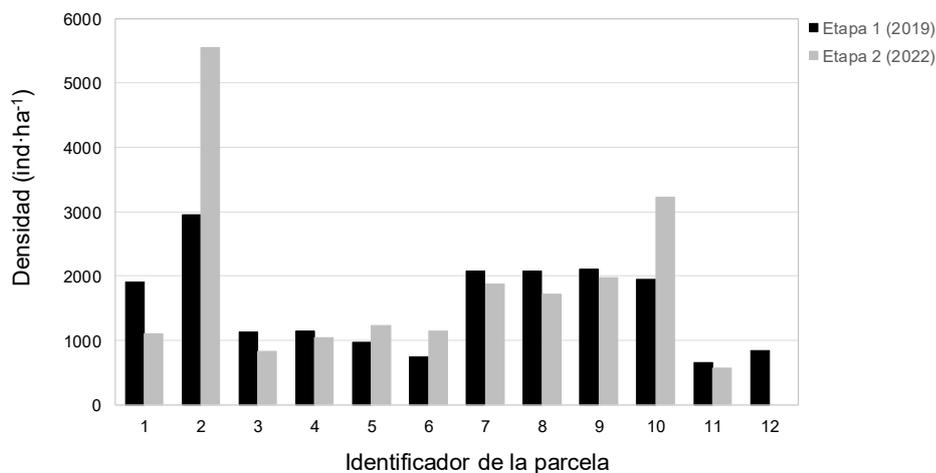


Figura 16. Densidad promedio por parcelas y etapas en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, Nayarit.

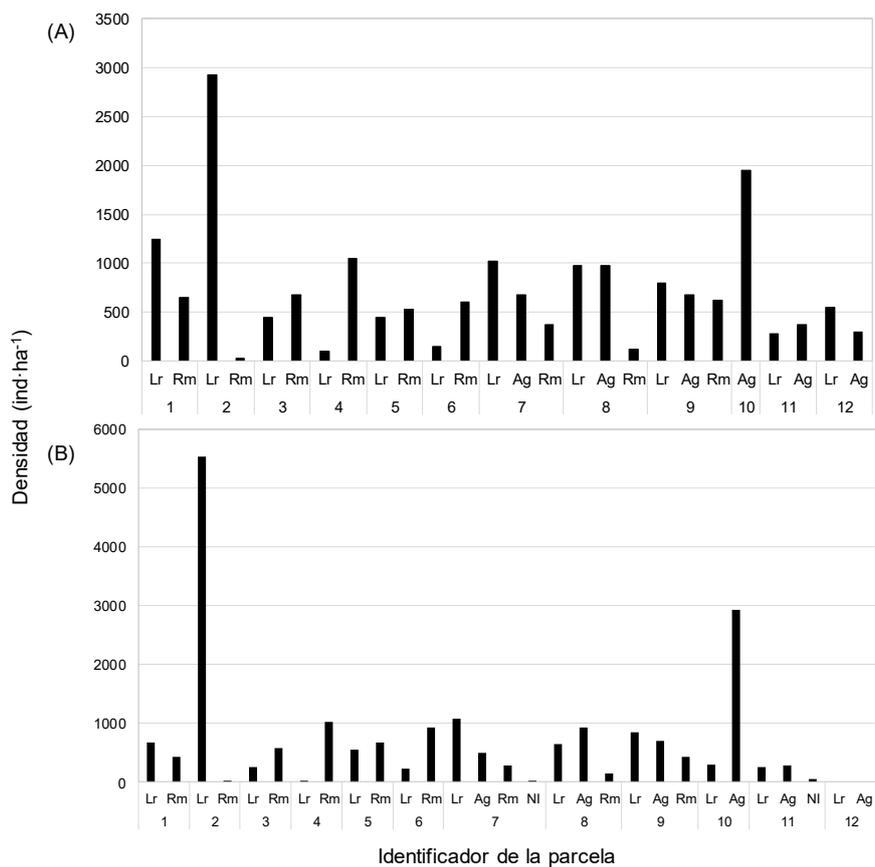


Figura 17. Densidad promedio de individuos por especie para cada parcela analizada en las dos etapas de estudio, donde (A) corresponde a 2019 y (B) a 2022.

Se determinó el área basal por parcela en las dos etapas de estudio, observando el valor más alto en la parcela ID\_6 ( $15.28 \text{ m}^2 \cdot 0.1 \text{ ha}^{-1}$ ), y el menor en la parcela ID\_12 ( $0.82 \text{ m}^2 \cdot 0.1 \text{ ha}^{-1}$ ), ambos en la etapa 1. A partir de los valores de área basal, densidad, número de especies por parcela y altura promedio, se determinó el índice de Complejidad de Holdridge por parcela para ambas etapas de estudio (ver tablas resumen para cada parcela). El valor más alto se registró en la parcela ID\_7 etapa 1 (ICH=54.9), que si bien no presentó el promedio de altura más alto, sí registró la presencia de las 3 especies de manglar y una densidad alta ( $207.5 \text{ ind} \cdot 0.1 \text{ ha}^{-1}$ ). En 2022 la parcela que tuvo el ICH más alto fue la ID\_4 (41.8), en este caso la complejidad aumentó de 2019 a 2022 por un incremento en la altura promedio de los individuos (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de área basal e Índice de Complejidad de Holdridge por parcela en las dos etapas de estudio.

ID PARCELA	Densidad ( $\text{ind} \cdot 0.1 \text{ ha}^{-1}$ )		Número de especies		Altura (m)		Área basal ( $\text{m}^2 \cdot 0.1 \text{ ha}^{-1}$ )		Índice de Complejidad de Holdridge*	
	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022
1	190	110	2	2	10.7	9	7.3	6.9	29.7	13.7
2	295	555	2	2	6.4	5.6	2.6	2.7	9.9	16.9
3	112.5	82.5	2	2	11.7	9.6	9.5	12.9	25.1	20.6
4	115	105	2	2	13.2	13.5	11.7	14.8	35.6	41.8
5	97.5	122.5	2	2	11.3	9.7	7.1	9.4	15.7	22.5
6	75	115	2	2	12.1	9.6	15.3	11.8	27.6	25.9
7	207.5	187.5	3	3	9.1	5.6	9.7	11.1	54.9	35.1
8	207.5	172.5	3	3	6.4	5.8	8.8	10.4	35.1	31.3
9	210	197.5	3	3	9	7.5	4.7	5.7	26.4	25.4
10	195	322.5	1	2	4.4	4.4	2.1	2	1.8	5.8
11	65	57.5	2	2	3.9	2.3	2.5	1.7	1.2	0.5
12	85	0	2	0	3	0	0.8	0	0.4	-

\*El ICH fue estimado considerando como unidad de densidad: el número de individuos en 0.1 ha.

A continuación se muestran los resultados del análisis de estructura forestal para cada parcela considerando algunas de las variables más características.

## PARCELA ID\_1

La parcela ID\_1 (Figura 18), ubicada en Agua Brava, se caracterizó como manglar de borde tipo ribereño, con presencia de *R. mangle* y *L. racemosa*. En la primera etapa, en el borde de la parcela se observó una zona con regeneración potencial, abundante hojarasca en el suelo, y nivel de marea de 30 cm. El suelo tiene características de sobrelavado. En la zona frontal se observó una altura promedio de ~9 m, y una altura promedio de neumatóforos de 12 cm. Dentro de la parcela 20 x 20 m se observó un bosque mixto de mangle rojo y mangle blanco, con una dominancia de *L. racemosa* (n = 50) sobre *R. mangle* (n = 26). El valor más alto de D130 fue registrado en el mangle blanco (D130 promedio = 9.54 cm), mientras que el mayor valor promedio de altura se observó en el mangle rojo (promedio = 10.7 m). En la segunda etapa, el número de individuos disminuyó para ambas especies. La especie dominante fue *L. racemosa* (n = 27) que presentó un D130 y altura promedios de 10.1 cm y 10.2 m, respectivamente (Tabla 6). En cuanto al porcentaje de extracción y mortalidad, en 2019 *L. racemosa* presentó un 5.66% y 12.28%, respectivamente, mientras que *R. mangle* no registró ninguna de estas características. En cuanto a los individuos muertos, 4 fueron por tala, y 3 por causas naturales. Se registraron otros individuos muertos, pero no pudo ser identificada la especie. En 2022, se observaron 7 individuos muertos dentro de la parcela, todos de *L. racemosa*, dos de ellos por tala, y el resto por causa natural.



Figura 18. Detalle frontal de la ubicación de la parcela ID\_1.

Tabla 6. Resumen general del análisis de estructura forestal en la parcela ID\_1 durante las dos etapas de estudio.

PARCELA ID_1	Etapa 1		Etapa 2	
	<i>Lr</i>	<i>Rm</i>	<i>Lr</i>	<i>Rm</i>
Especie				
Número de individuos (n)	50	26	27	17
D130 promedio (cm)	9.5	7.7	10.1	6.7
Desviación estándar (cm) del D130 promedio	4.2	2.1	3.1	2.9
Altura total promedio (m)	10.6	10.7	10.2	7.1
Desviación estándar (m) de la altura total promedio	2.1	1.6	2.3	2.6
Altura del fuste limpio promedio (m)	5.4	5	5	3
Desviación estándar (m) de la altura del fuste limpio	2.1	2	2.3	1
Diámetro promedio de la copa (m)	3.3	3.5	2.2	2.7
Área basal (m <sup>2</sup> )	0.0071	0.0047	0.008	0.0042
Área basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	71.5	47.1	80.1	41.6
Densidad (ind·m <sup>-2</sup> )	0.125	0.065	0.0675	0.0425
Densidad (ind·ha <sup>-1</sup> )	1250	650	675	425
Densidad relativa	65.8	34.2	61.4	38.6
Frecuencia relativa	65.8	34.2	61.4	38.6
Dominancia relativa	60.3	39.7	65.8	34.2
Valor de importancia	191.9	108.1	188.6	11.4
Índice de complejidad de Holdridge	29.69		13.7	

## PARCELA ID\_2

Durante la primera etapa (2019) en el borde de la parcela se observó dominancia de *L. racemosa*, con una altura promedio de ~ 7 m y altura promedio de los neumatóforos de 12 cm, mientras que en el caso de las plántulas registraron una altura promedio de ~ 12 cm en el caso del mangle blanco (80%), y 60 cm en el mangle rojo (20%). El nivel de inundación observado fue de 40 cm. Se observaron pocos individuos de *R. mangle* en el borde (Figura 19). En esta etapa se observó un total de 118 individuos, 117 correspondientes a la especie *L. racemosa* y sólo 1 de *R. mangle*. Los valores promedio de D130 y altura fueron de 5.5 y 4.2 cm, y 6.4 y 5.5 m, para mangle blanco y mangle rojo, respectivamente. En la segunda etapa, la altura promedio de los neumatóforos fue de ~17 cm, y dentro de la parcela 20 x 20 m no se observaron plántulas ni juveniles. Se registraron 221 de *L. racemosa* y 1 de *R. mangle*. Los valores promedios de D130 y altura para la especie dominante fueron de 5.5 cm y 5.6 m, respectivamente, mientras que para el mangle rojo fueron de 4 cm y 8 m (Tabla 7). Se observó extracción y mortalidad sólo en individuos de *L. racemosa* en ambas etapas, con

12 individuos con extracción y 5 individuos muertos, todos por causa natural y un D130 promedio en estos últimos de 6.9 cm en 2019, y 1 individuo por extracción y una mortalidad natural observada de 21 individuos muertos con un D130 promedio de 5.3 cm.



Figura 19. Detalle de la parcela ID\_2.

Tabla 7. Resumen general del análisis de estructura forestal en la parcela ID\_2 durante las dos etapas de estudio.

PARCELA ID_2	Etapa 1		Etapa 2	
	<i>Lr</i>	<i>Rm</i>	<i>Lr</i>	<i>Rm</i>
Especie				
Número de individuos (n)	117	1	221	1
D130 promedio (cm)	5.5	4.2	5.5	4
Desviación estándar (cm) del D130 promedio	1.8	NA	2.0	NA
Altura total promedio (m)	6.4	5.5	5.6	8.0
Desviación estándar (m) de la altura total promedio	1.3	NA	1.2	NA
Altura del fuste limpio promedio (m)	3.7	8.5	3.9	3.0
Desviación estándar (m) de la altura del fuste limpio	1.4	NA	1.3	NA
Diámetro promedio de la copa (m)	1.6	2.3	2.0	1.0
Área basal (m <sup>2</sup> )	0.0024	0.0014	0.0024	0.0013
Área basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	24	14	24	13

Densidad (ind·m <sup>-2</sup> )	0.2925	0.0025	0.5525	0.0025
Densidad (ind·ha <sup>-1</sup> )	2950	25	5525	25
Densidad relativa	99.2	0.9	99.5	0.5
Frecuencia relativa	99.2	0.9	99.5	0.5
Dominancia relativa	63.2	36.8	65.7	34.3
Valor de importancia	261.5	38.5	264.8	35.2
Índice de complejidad de Holdridge	9.88		16.88	

\*NA (No Aplica) = al contar con un solo individuo de esa especie en esta parcela.

### PARCELA ID\_3

En la primera etapa se observó que esta parcela está caracterizada por un bosque mixto de tipo borde ribereño, con dominancia de *R. mangle* (Figura 20), tanto en el borde como en el interior, con una altura promedio dentro de la parcela de ~12 m. La altura de las raíces en general fue mayor a 3.5 m, mientras que en el caso de las copas se observó baja densidad de hojas. El nivel de inundación fue de 60 cm con una marca de inundación máxima de 35 cm. Dentro de la parcela se observó un total de 45 individuos, 27 de ellos pertenecientes a *R. mangle* y 18 a *L. racemosa*, que juntos registraron una densidad de 1,125 ind·ha<sup>-1</sup>. Los valores promedio más altos de D130 y altura se registraron en *R. mangle* con 11 cm y 12.37 m, respectivamente. En la segunda etapa, el número de individuos dentro de la parcela disminuyó, observándose 10 individuos de *L. racemosa* y 23 de *R. mangle*; *L. racemosa* registró un D130 promedio de 12 cm y una altura promedio del arbolado de 10 m, mientras que *R. mangle* presentó un D130 promedio de 11 cm y una altura promedio de 9.5 m (Tabla 8). En el muestreo de 2019, se observaron 6 árboles de *L. racemosa* con extracción a una altura promedio de corte de 1.18 m, y sólo 1 individuo de mangle rojo con una altura de corte a 2.2 m. En cuanto a la mortalidad, se registraron 12 individuos muertos, todos de la especie *L. racemosa*, 3 de ellos por tala y el resto por causas naturales. En el muestreo de 2022, se observó un árbol de *L. racemosa* con extracción, con un diámetro a la altura del corte de 13.4 cm. El número de individuos muertos aumentó de una etapa a otra, 21 durante la segunda etapa comparativa, 11 de ellos de *L. racemosa* y el resto de *R. mangle*.



Figura 20. Detalle de la parcela ID 3.

Tabla 8. Resumen general del análisis de estructura forestal en la parcela ID\_3 durante las dos etapas de estudio.

PARCELA ID_3	Etapa 1		Etapa 2	
	<i>Lr</i>	<i>Rm</i>	<i>Lr</i>	<i>Rm</i>
Especie				
Número de individuos (n)	18	27	10	23
D130 promedio (cm)	8.4	11	12	11
Desviación estándar (cm) del D130 promedio	4	5.1	8	5.0
Altura total promedio (m)	10.7	12.4	10	9.5
Desviación estándar (m) de la altura total promedio	2	2.8	2	2.8
Altura del fuste limpio promedio (m)	5.8	4.1	6.8	4.7
Desviación estándar (m) de la altura del fuste limpio	2.2	1.7	1.9	1.4
Diámetro promedio de la copa (m)	2.3	4.7	0.6	1.4
Área basal (m <sup>2</sup> )	0.0055	0.0095	0.0108	0.01
Área basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	54.89	95.03	107.51	100.29
Densidad (ind·m <sup>-2</sup> )	0.045	0.0675	0.025	0.0575
Densidad (ind·ha <sup>-1</sup> )	450	675	250	575
Densidad relativa	40	60	30	70
Frecuencia relativa	40	60	30	70
Dominancia relativa	36.6	63.4	51.7	48.3
Valor de importancia	116.6	183.4	112.3	187.7
Índice de complejidad de Holdridge	25.09		20.53	

## PARCELA ID\_4

En la etapa 1 (Figura 21), se observó dominancia de *R. mangle*. Los neumatóforos en el *L. racemosa* registraron una altura de 25-30 cm, mientras que en el caso de las raíces de *R. mangle* mostraron una altura promedio de ~2.5 m. En el borde la altura observada fue de 14 m, con un nivel de inundación de 40 cm. Dentro de la parcela se observaron 46 individuos, 42 de ellos *R. mangle* y 4 de *L. racemosa*, registrando una densidad total de 1,150 ind·ha<sup>-1</sup>. El D130 promedio fue similar en ambas especies, siendo ligeramente mayor en *R. mangle* (D130 promedio = 11.6 cm). Los valores promedio de altura fueron de 13.4 y 10.75 m, para *R. mangle* y *L. racemosa*, respectivamente. En 2022, el número de individuos para las dos especies fue similar, registrando 1 individuo de *L. racemosa* y 41 de *R. mangle*, con una densidad total de 1,050 ind·ha<sup>-1</sup>. El D130 promedio fue de 8.6 y 13 cm, para el mangle blanco y rojo, respectivamente. La altura fue mayor para los individuos de *R. mangle* con un valor promedio de 13.5 m (Tabla 9). En ninguna etapa se observó extracción del arbolado, sin embargo, en 2019 fueron observados un total de 13 individuos muertos, 10 de ellos de mangle blanco, todos por causas naturales y uno por tala, mientras que en 2022 se registraron 7 individuos, 4 de mangle rojo y el resto de mangle blanco.



Figura 21. Detalle frontal e interior de la parcela ID\_4.

Tabla 9. Resumen general del análisis de estructura forestal en la parcela ID\_4 durante las dos etapas de estudio.

PARCELA ID_4	Etapa 1		Etapa 2	
	<i>Lr</i>	<i>Rm</i>	<i>Lr</i>	<i>Rm</i>
Especie				
Número de individuos (n)	4	42	1	41
D130 promedio (cm)	11.4	11.6	8.6	13
Desviación estándar (cm) del D130 promedio	3.8	4.1	NA	4.6
Altura total promedio (m)	10.8	13.4	11	13.5
Desviación estándar (m) de la altura total promedio	1.5	3.16	NA	3.1
Altura del fuste limpio promedio (m)	5.4	5.8	8	5.8
Desviación estándar (m) de la altura del fuste limpio	1.03	1.8	NA	2.4
Diámetro promedio de la copa (m)	3.84	4.04	3	2
Área basal (m <sup>2</sup> )	0.0101	0.0106	0.00581	0.01327
Área basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	101.18	105.68	58.09	132.73
Densidad (ind·m <sup>-2</sup> )	0.01	0.105	0.0025	0.1025
Densidad (ind·ha <sup>-1</sup> )	100	1050	25	1025
Densidad relativa	8.7	91.3	2.4	97.6
Frecuencia relativa	8.7	91.3	2.4	97.6
Dominancia relativa	48.9	51.1	30.4	69.6
Valor de importancia	66.3	233.7	35.2	264.8
Índice de complejidad de Holdridge	35.56		41.87	

## PARCELA ID\_5

La parcela ID\_5 se localiza en Agua Brava y corresponde a un manglar tipo ribereño, con suelo sobrelavado en el borde y con dominancia de *R. mangle*. En 2019 se observó un nivel de inundación de ~0.85 m, y una altura de neumatóforos de 15 cm (Figura 22).

En la primera etapa de muestreo se registraron dos especies, *R. mangle* en una mayor proporción (n=21) seguido de *L. racemosa* (n=18), representando una densidad total de 975 ind·ha<sup>-1</sup>. El D130 promedio registrado fue de 9.06 y 9.29 cm para el mangle blanco y mangle rojo, respectivamente. La altura promedio fue de 11.07 m para *L. racemosa* y de 11.52 m para *R. mangle*. En la segunda temporada el número de individuos fue similar a la primera, registrándose 22 de mangle blanco (D130 promedio = 10.5 cm) y 27 de mangle rojo (D130 promedio = 10.3 cm). Los valores promedio de altura disminuyeron en ambas especies, este mismo patrón fue observado en otras parcelas, ya que se vieron afectadas por el huracán Roslyn, reflejándose en los niveles de altura y medidas de la copa (Tabla 10). La mortalidad

registrada en la parcela 20 x 20 m en 2019 fue de 20 individuos de mangle blanco con un D130 promedio de 8.8 cm, 12 de ellos por muerte natural, y el resto por tala; y un solo individuo de mangle rojo (D130 = 12 cm) por causa natural. Dentro de la parcela no se observaron individuos menores a 30 cm de altura. En 2022 se registraron 18 individuos muertos, 3 de ellos por tala y el resto por causa natural.

Tabla 10. Resumen general del análisis de estructura forestal en la parcela ID\_5 durante las dos etapas de estudio.

PARCELA ID_5	Etapa 1		Etapa 2	
	<i>Lr</i>	<i>Rm</i>	<i>Lr</i>	<i>Rm</i>
Especie				
Número de individuos (n)	18	21	22	27
D130 promedio (cm)	9.1	9.3	10.5	10.3
Desviación estándar (cm) del D130 promedio	2.4	2.6	3.4	3.6
Altura total promedio (m)	11.1	11.5	9.4	10
Desviación estándar (m) de la altura total promedio	5.2	1.7	2.6	3.1
Altura del fuste limpio promedio (m)	5.8	2.5	6.0	4.7
Desviación estándar (m) de la altura del fuste limpio	3.4	1.5	2.6	1.8
Diámetro promedio de la copa (m)	1.9	2.9	2.3	3.2
Área basal (m <sup>2</sup> )	0.006	0.0068	0.0087	0.0083
Área basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	64.5	67.8	86.6	83.3
Densidad (ind·m <sup>-2</sup> )	0.045	0.0525	0.055	0.0675
Densidad (ind·ha <sup>-1</sup> )	450	525	550	675
Densidad relativa	46.2	53.8	44.9	55.1
Frecuencia relativa	46.2	53.8	44.9	55.1
Dominancia relativa	48.7	51.3	51	49
Valor de importancia	141.1	158.9	140.8	159.2
Índice de complejidad de Holdridge		15.69		22.48



Figura 22. Detalle frontal e interior de la parcela ID\_5.

### PARCELA ID\_6

Esta parcela se localiza en el sitio de Agua Brava, corresponde a un bosque mixto tipo ribereño, con dominancia de *R. mangle* y presencia de *L. racemosa* (Figura 23). El nivel de inundación observado en el primer muestreo (2019) fue de ~60 cm. Las raíces de *R. mangle* tuvieron una altura de 4.5 m. La altura promedio en el borde fue de 15 m, mientras que las plántulas registraron una altura promedio de ~15 cm. Se observó mortalidad por tala. Se observó un número total de 30 individuos, 24 de ellos correspondieron a *R. mangle* y el resto de *L. racemosa*, *i.e.* una densidad total de 750 ind·ha<sup>-1</sup>. En la mayoría se registró poco follaje general o sólo en la copa. El D130 promedio observado fue de 7.03 y 13.15 cm para el mangle blanco y mangle rojo, respectivamente, con un altura promedio mayor para *R. mangle* de 12.54 m y de 10.08 m para *L. racemosa*.

Se observaron 10 individuos muertos dentro de la parcela, 8 de ellos de mangle blanco y 2 de mangle rojo, todos por tala. En 2022 el número de individuos aumentó, con un registro de 9 de *L. racemosa* y 37 de *R. mangle*. Los valores promedio de D130 aumentaron para el mangle blanco (10.2 cm), y disminuyeron para el mangle rojo (11 cm), esto último se entiende ya que al aumentar el número de individuos, el promedio general del diámetro disminuyó, esto también se vio reflejado en los niveles de altura, donde se observó una disminución para esta misma especie (Tabla 11). No se observó extracción, pero sí mortalidad por tala, con 3 individuos muertos, todos de la especie *L. racemosa*.

Tabla 11. Resumen general del análisis de estructura forestal en la parcela ID\_6 durante la primera etapa.

PARCELA ID_6	Etapa 1		Etapa 2	
	<i>Lr</i>	<i>Rm</i>	<i>Lr</i>	<i>Rm</i>
Especie				
Número de individuos (n)	6	24	9	37
D130 promedio (cm)	7	13.2	10.2	11
Desviación estándar (cm) del D130 promedio	3.1	7.7	4.3	6
Altura total promedio (m)	10.1	12.5	9.4	9.6
Desviación estándar (m) de la altura total promedio	2.2	3.1	1.1	4.3
Altura del fuste limpio promedio (m)	5.4	4.4	6.5	5.4
Desviación estándar (m) de la altura del fuste limpio	1.2	2.6	2.8	2.4
Diámetro promedio de la copa (m)	1.8	3.6	2.4	3
Área basal (m <sup>2</sup> )	0.0039	0.0136	0.0082	0.0096
Área basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	38.8	135.8	81.7	95.6
Densidad (ind·m <sup>-2</sup> )	0.015	0.06	0.0225	0.0925
Densidad (ind·ha <sup>-1</sup> )	150	600	225	925
Densidad relativa	20	80	20	80
Frecuencia relativa	20	80	20	80
Dominancia relativa	22.2	77.8	46.1	53.9
Valor de importancia	62.2	237.8	85.2	214.8
Índice de complejidad de Holdridge	27.62		26.05	



Figura 23. Detalle frontal e interior de la parcela ID\_6.

## PARCELA ID\_7

La parcela corresponde a un bosque mixto tipo ribereño con dominancia de *L. racemosa* (Figura 24). En el primer año de muestreo (2019) se observó repoblamiento abundante de plántulas de *A. germinans* en el borde del canal, con una altura promedio de 30 cm, así como de *R. mangle* con una altura de 35 cm. Se observaron abundantes madrigueras de cangrejos, lo cual podría ser determinante del estado de salud general de esta parcela. El nivel de inundación identificado fue de ~10 cm con un máximo de 40 cm.

En esa primera etapa se registraron las tres especies de manglar, con dominancia de *L. racemosa* (49.4%), seguida de *A. germinans* (32.5%) y *R. mangle* (18.1%), con una densidad de 2,075 ind·ha<sup>-1</sup>, con un D130 y altura general promedios de 9.2 cm y 9.1 m, respectivamente. La mortalidad fue de 18 individuos dentro de la parcela, 12 de ellos por muerte natural y 6 por tala. Se observó un tamaño promedio de los neumatóforos de 35 cm.

En la segunda etapa (2022) se mantuvo la dominancia de *L. racemosa* (43%), seguida de *A. germinans* (35.4%) y *R. mangle* (21.6%). El valor máximo de D130 se observó en el mangle rojo (D130 promedio = 9.1 cm), con un valor de altura también máximo con respecto de las demás especies (altura promedio = 8.5 m) (Tabla 12). Se observaron 13 individuos muertos, 8 de ellos de *L. racemosa*, 2 de *A. germinans*, 3 de *R. mangle*, y un individuo cuya especie no pudo identificarse, la mayoría de ellos muertos por causa natural. No se observó extracción ni repoblamiento.

Tabla 12. Resumen general del análisis de estructura forestal en la parcela ID\_7 durante las dos etapas de estudio.

PARCELA ID_7	Etapa 1			Etapa 2			
	<i>Lr</i>	<i>Ag</i>	<i>Rm</i>	<i>Lr</i>	<i>Ag</i>	<i>Rm</i>	<i>NI</i>
Especie							
Número de individuos (n)	41	27	15	43	20	11	1
D130 promedio (cm)	9.4	10.8	6	10	13	6	6
Desviación estándar (cm) del D130 promedio	4.1	9.3	2.2	4.7	8.8	2.2	NA
Altura total promedio (m)	10.1	8.5	7.5	6.1	5.6	3.8	5
Desviación estándar (m) de la altura total promedio	2.0	3.7	2.5	3	3.2	1.1	NA
Altura del fuste limpio promedio (m)	5.4	3.6	3.7	4.1	2.9	2.3	2
Desviación estándar (m) de la altura del fuste limpio	1.8	1.9	1.8	1.8	1.7	1	NA
Diámetro promedio de la copa (m)	2.3	3.4	3.3	2.2	2.6	2	NA
Área basal (m <sup>2</sup> )	0.0069	0.00909	0.00283	0.0082	0.0127	0.0029	0.0024
Área basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	69	90.9	28.3	81.7	126.7	29.2	23.8
Densidad (ind·m <sup>-2</sup> )	0.1025	0.0675	0.0375	0.1075	0.05	0.0275	0.0025
Densidad (ind·ha <sup>-1</sup> )	1025	675	375	1075	500	275	25
Densidad relativa	49.4	32.5	18.1	57.3	26.7	14.7	1.3
Frecuencia relativa	49.4	32.5	18.1	57.3	26.7	14.7	1.3
Dominancia relativa	36.6	48.3	15	31	48	11	9

Valor de importancia	135.4	113.4	51.2	145.9	101.8	40.5	11.8
Índice de complejidad de Holdridge		54.9			34.8		

**NI: No identificado.**



Figura 24. Detalle frontal e interior de la parcela ID\_7.

### **PARCELA ID\_8**

Bosque mixto de *A. germinans* (47%), *L. racemosa* (47%) y *R. mangle* (6%), con repoblamiento evidente de mangle rojo en el borde del canal (Figura 25). En la primera etapa de muestreos, se registró una altura y D130 promedio generales de 6.4 m y 8.14 cm, respectivamente, y una densidad de 2,075 ind·ha<sup>-1</sup>. La altura de los neumatóforos es de 12 cm. El nivel de inundación estimado fue de 25 cm. Se observó repoblamiento de *R. mangle* en el borde, así como plásticos tipo PET. En la segunda etapa se observaron las tres especies más representativas, en las que *A. germinans* registró los valores promedio más altos de D130 y altura, con valores de 10.9 cm y 6 m, respectivamente (Tabla 13). En cuanto a extracción y mortalidad, se observaron 12 individuos con extracción en la primera etapa, ninguno en la segunda. La mortalidad fue baja en ambos periodos, con 4 individuos muertos, 2 por tala y 2 por causas naturales, en 2019, y 5 en 2022, 3 de ellos por causas naturales, 2 por tala, y en uno no se pudo determinar la causa.



Figura 25. Detalle frontal e interior de la parcela ID\_8.

Tabla 13. Resumen general del análisis de estructura forestal en la parcela ID\_8 durante las dos etapas de estudio.

PARCELA ID_8	Etapa 1			Etapa 2		
	<i>Lr</i>	<i>Ag</i>	<i>Rm</i>	<i>Lr</i>	<i>Ag</i>	<i>Rm</i>
Especie						
Número de individuos (n)	39	39	5	26	37	6
D130 promedio (cm)	6.7	10.1	4.3	7.9	10.9	4.3
Desviación estándar (cm) del D130 promedio	4.3	8.6	1.2	5	8	1.3
Altura total promedio (m)	6.1	6.8	5.2	5.8	6	4.3
Desviación estándar (m) de la altura total promedio	2.6	2.7	2.1	3	2.2	1.9
Altura del fuste limpio promedio (m)	2.7	2.5	1.5	2.5	2.4	1.4
Desviación estándar (m) de la altura del fuste limpio	1.5	0.9	0.8	2	1	1
Diámetro promedio de la copa (m)	2.1	3.5	3	3	3	3
Área basal (m <sup>2</sup> )	0.00347	0.00804	0.00145	0.0049	0.00933	0.00145
Área basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	34.7	80.4	14.5	49.0	93.3	14.5
Densidad (ind·m <sup>-2</sup> )	0.0975	0.0975	0.0125	0.065	0.0925	0.015
Densidad (ind·ha <sup>-1</sup> )	975	975	125	650	925	150
Densidad relativa	47	47	6	38	54	9
Frecuencia relativa	47	47	6	38	54	9
Dominancia relativa	26.8	62	11.2	31.3	59.5	9.3
Valor de importancia	120.8	156	23.2	106.6	166.7	26.6
Índice de complejidad de Holdridge		35.1			31.6	

## PARCELA ID\_9

Esta parcela se encuentra ubicada en la zona cercana a la localidad de Puerta de Palapares y es de tipo ribereño. En el primer muestreo, dentro de la parcela de 20 x 20 m, el manglar corresponde a una comunidad mixta, con dominancia de *L. racemosa* (38%), seguida de *A. germinans* (32%) y *R. mangle* (30%) (Figura 26). La altura de las raíces de *R. mangle* fue de ~1 m y el tamaño de las plántulas en esta misma especie fue de 35 cm; mientras que en el caso de *L. racemosa* fue de 15 cm. Se registró una marca de inundación máxima de 50 cm y una altura promedio de neumatóforos de 45 cm. Durante la primera etapa se contabilizó un total de 84 individuos que corresponden a una densidad general de 2,100 ind·ha<sup>-1</sup>. Los valores promedio de D130 variaron por especie, donde *A. germinans* registró el valor más alto (7.94 cm) seguido de *R. mangle* (7.92 cm) y por último *L. racemosa* (5.98 cm). Lo mismo se observó en la altura, cuyo valor más alto se registró en el mangle rojo (promedio = 9.92 m). Dentro de la parcela se observaron 3 individuos muertos, dos de ellos correspondientes a *L. racemosa* con un D130 promedio de 5.6 cm, y otro cuya especie no pudo ser identificada con un D130 de 4 cm. Dentro de la parcela se registraron sólo plántulas de mangle rojo (3.25 plántulas·m<sup>-2</sup>).

Durante la segunda etapa se mantuvo la abundancia de *L. racemosa* sobre el resto de las especies con 34 individuos dentro de la parcela. Los valores promedio más altos de D130 y de altura se observaron en *R. mangle*, con valores de 9.1 cm y 8.5 m, respectivamente (Tabla 14). Se registró bajo repoblamiento registrando sólo 1 plántula. No se observó extracción, pero sí mortalidad, con 12 individuos muertos, correspondientes a *L. racemosa* (7), *A. germinans* (3) y *R. mangle* (2), todos por causas naturales.



Figura 26. Detalle frontal e interior de la parcela ID\_9.

Tabla 14. Resumen general del análisis de estructura forestal en la parcela ID\_9 durante las dos etapas de estudio.

PARCELA ID_9	Etapa 1			Etapa 2		
	<i>Lr</i>	<i>Ag</i>	<i>Rm</i>	<i>Lr</i>	<i>Ag</i>	<i>Rm</i>
Especie						
Número de individuos (n)	32	27	25	34	28	17
D130 promedio (cm)	6	7.9	7.9	7.2	8.6	9.1
Desviación estándar (cm) del D130 promedio	2	3.7	2.2	2	3.6	2.4
Altura total promedio (m)	8.7	8.4	9.9	7.4	7	8.5
Desviación estándar (m) de la altura total promedio	1.6	3	1.6	3	3.3	1.8
Altura del fuste limpio promedio (m)	3.8	2.8	2.4	4.2	3.1	4.4
Desviación estándar (m) de la altura del fuste limpio	1.6	0.8	2.6	2	2	1.8
Diámetro promedio de la copa (m)	2	2.8	3.6	2	2.7	3.8
Área basal (m <sup>2</sup> )	0.0028	0.005	0.0049	0.0041	0.0058	0.0065
Área basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	28.1	49.5	49.3	40.7	58.1	65
Densidad (ind·m <sup>-2</sup> )	0.08	0.675	0.625	0.085	0.07	0.0425
Densidad (ind·ha <sup>-1</sup> )	800	6750	6250	850	700	425
Densidad relativa	38	32	30	43	35	22
Frecuencia relativa	38	32	30	43	35	22
Dominancia relativa	22.1	39	38.8	24.9	35.5	39.7
Valor de importancia	98.3	103.3	98.4	110.9	106.3	82.7
Índice de complejidad de Holdridge		26.42			25.33	

## PARCELA ID\_10

Durante el primer muestreo (2019), en el borde del canal se observó una comunidad mixta de *L. racemosa*, *A. germinans* y *C. erectus* (Figura 27) con una altura promedio de 3.5 m, y tamaño promedio de los neumatóforos de 35 cm. Se observó poco follaje en *L. racemosa* y *C. erectus*. La altura observada de las plántulas de mangle negro observada fue de 18 cm. El nivel de inundación promedio observado fue de 40 cm. En general, el manglar se encuentra en buen estado de conservación. En la primera etapa se observó dominancia de *A. germinans* (100%), con una abundancia de 78 individuos en la parcela, que corresponden a una densidad de 1,950 ind·ha<sup>-1</sup>. Se registraron valores de D130 y altura promedios de 4.65 cm y 4.35 m, respectivamente. Se observaron 10 individuos muertos de *A. germinans*, 6 de *R. mangle* y 3 cuya especie no pudo ser identificada, tanto por causas naturales como por tala. No se observó repoblamiento ni en el borde ni dentro de la parcela. En la segunda etapa, además de individuos de *A. germinans* que se habían observado en 2019, se registraron 12 individuos de *L. racemosa*. Sus características estructurales como valores bajos de D130 y altura (3.2 cm y 3.7 m, respectivamente) demuestran que son individuos jóvenes que ahora pudieron ser contabilizados (Tabla 15). No se observaron plántulas ni extracción, pero sí 15 individuos

muecos, 5 de mangle blanco y el resto de mangle negro, dos de estos últimos muertos por tala, y el resto por muerte natural.



Figura 27. Detalle frontal de la parcela ID\_10.

Tabla 15. Resumen general del análisis de estructura forestal en la parcela ID\_10 durante las dos etapas de estudio.

<b>PARCELA ID_10</b>	<b>Etapa 1</b>		<b>Etapa 2</b>
Especie	<i>Ag</i>	<i>Lr</i>	<i>Ag</i>
Número de individuos (n)	78	12	117
D130 promedio (cm)	4.7	3.2	4.7
Desviación estándar (cm) del D130 promedio	2.2	0.7	2.3
Altura total promedio (m)	4.4	3.7	4.5
Desviación estándar (m) de la altura total promedio	0.8	1.7	1.2
Altura del fuste limpio promedio (m)	1.8	2.3	2.2
Desviación estándar (m) de la altura del fuste limpio	0.5	0.9	0.7
Diámetro promedio de la copa (m)	1.7	1.2	1.8
Área basal (m <sup>2</sup> )	0.0017	0.0008	0.00173
Área basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	17	8	17
Densidad (ind·m <sup>-2</sup> )	0.195	0.03	0.2925
Densidad (ind·ha <sup>-1</sup> )	1950	300	2925
Densidad relativa	100	9	91
Frecuencia relativa	100	9	91
Dominancia relativa	100	31.7	68.3
Valor de importancia	300	50	250
Índice de complejidad de Holdridge	1.76	5.76	

## PARCELA ID\_11

La parcela se encuentra a un costado de la carretera de Unión de Corrientes (Figura 28), donde predomina *A. germinans* y vegetación espinosa. En el margen posterior se encuentra un canal somero, con presencia abundante de *Salicornia sp.* y lirio acuático. Es un bosque mixto (mangle negro y blanco) tipo cuenca, con presencia de mangle botoncillo *C. erectus* alrededor de la parcela. Se encontró abundancia de tripa de zopilote (*Cissus verticillata*). En la primera etapa se observó un total de 26 individuos dentro de la parcela de 20 x 20 m que representan una densidad de 650 ind·ha<sup>-1</sup>, con una ligera abundancia de *A. germinans* (58%) sobre *L. racemosa* (42%). El D130 y altura promedios fueron de 5.08 cm y 3.88 m, respectivamente. Se registraron 45 individuos muertos, en su mayoría *L. racemosa* (96%), todos por muerte natural, con presencia o invadidos totalmente por tripa de zopilote. La invasión y dirección hacia donde ésta se expandía, permitió etiquetar individuos que estaban en el borde exterior de la parcela 20 x 20 para darle continuidad en el muestreo siguiente, y observar si fueron invadidos en el lapso de este tiempo (un total de 5 individuos de *L. racemosa* con un D130 promedio de 2.92 cm). En la segunda etapa, la parcela se observó invadida casi en su totalidad, pudiendo registrar 23 individuos, 10 de ellos *L. racemosa*, 11 *A. germinans* y 2 cuya especie no pudo identificarse. Los valores más altos tanto de D130 como de altura, se observaron en el mangle negro con valores promedios de 5.1 cm y 2.7 m, respectivamente. El Índice de Complejidad de Holdridge fue bajo, dadas las características estructurales de la parcela (Tabla 16). Se observaron 15 individuos muertos, cuyas especies no pudieron ser identificadas, al estar completamente invadidos por *C. verticillata*, por lo que la causa de muerte se registró como natural.



Figura 28. Detalle de la parcela ID\_11 y presencia de la invasora conocida como tripa de zopilote en *A. germinans* (panel izquierdo).

Tabla 16. Resumen general del análisis de estructura forestal en la parcela ID\_11 durante las dos etapas de estudio.

PARCELA ID_11	Etapa 1		Etapa 2		
	<i>Lr</i>	<i>Ag</i>	<i>Lr</i>	<i>Ag</i>	<i>NI</i>
Especie					
Número de individuos (n)	11	15	10	11	2
D130 promedio (cm)	4.6	5.4	3.6	5.1	4.8
Desviación estándar (cm) del D130 promedio	1.7	2.9	1.2	1.2	3.1
Altura total promedio (m)	4.9	3.2	1.7	2.7	3
Desviación estándar (m) de la altura total promedio	2.7	1.0	1	1	1
Altura del fuste limpio promedio (m)	2	1.3	0.8	1	1.4
Desviación estándar (m) de la altura del fuste limpio	1.3	0.7	0.6	0.4	1.2
Diámetro promedio de la copa (m)	0.7	1.6	1.6	1.5	2.1
Área basal (m <sup>2</sup> )	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002
Área basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	16.7	23.1	10.2	20.4	18.1
Densidad (ind·m <sup>-2</sup> )	0.028	0.038	0.025	0.028	0.005
Densidad (ind·ha <sup>-1</sup> )	275	375	250	275	50
Densidad relativa	42.3	57.7	43.5	47.8	8.7
Frecuencia relativa	42.3	57.7	43.5	47.8	8.7
Dominancia relativa	42	58	21	42	37
Valor de importancia	126.6	173.4	107.9	137.6	54.5
Índice de complejidad de Holdridge	1.25		0.59		

## PARCELA ID\_12

El punto de referencia cercano para la parcela ID\_12 es el embarcadero de las cooperativas del Ejido Unión de Corrientes. Desde la prospección, se observaron parches de *L. racemosa* y *A. germinans*, con una altura promedio de 4.5 m, y presencia de *Salicornia sp.* con un promedio de 1 m de altura y así como en la parcela ID\_11, registros de la planta invasora tripa de zopilote en toda la zona (Figura 29). Igualmente se observaron áreas inundadas en el centro y alrededor de la parcela, y lirio alrededor de ella, y una señal de marea < 35 cm. Esta parcela corresponde a un bosque mixto (*A. germinans* y *L. racemosa*) tipo cuenca. Se registraron 34 individuos equivalente a una densidad de 850 ind·ha<sup>-1</sup>, con una mayor proporción de mangle blanco (65%) sobre mangle negro (35%). El D130 y altura promedios fueron de 3.14 cm y 3 m, respectivamente (Tabla 17). Se encontraron 12 individuos muertos de especie sin identificar con D130 promedio de 8 cm, todos por muerte natural, invadidos con tripa zopilote. En la segunda etapa se incrementó la extensión de la enredadera, cubriendo la parcela en su totalidad, siendo posible registrar 4 individuos muertos de *L. racemosa*.



Figura 29. Detalle de la parcela ID\_12, en la que se aprecia la invasión casi en su totalidad por tripa de zopilote.

Tabla 17. Resumen general del análisis de estructura forestal en la parcela ID\_12 durante las dos etapas. No fue posible determinar la estructura forestal en la etapa 2 (2022) debido a la presencia de *C. verticillata*.

PARCELA ID_12	Etapa 1	
Especie	<i>Lr</i>	<i>Ag</i>
Número de individuos (n)	22	12
D130 promedio (cm)	2.9	3.7
Desviación estándar (cm) del D130 promedio	0.4	1.1
Altura total promedio (m)	3.2	2.7
Desviación estándar (m) de la altura total promedio	0.5	0.9
Altura del fuste limpio promedio (m)	1.4	0.9
Desviación estándar (m) de la altura del fuste limpio	0.5	0.5
Diámetro promedio de la copa (m)	1.3	1.6
Área basal (m <sup>2</sup> )	6.4E-04	1.1E-03
Área basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	6.4	10.5
Densidad (ind·m <sup>-2</sup> )	0.055	0.03
Densidad (ind·ha <sup>-1</sup> )	550	300
Densidad relativa	64.7	35.3
Frecuencia relativa	64.7	35.3
Dominancia relativa	37.9	62.1
Índice de Valor de Importancia	167.3	132.7
Índice de Complejidad de Holdridge	0.42	

## Mortalidad

Se analizó la mortalidad de las 12 parcelas 20×20 m durante las dos etapas de estudio, observando una disminución entre el primer año de estudio (2019) y el segundo (2022). Se observó un total de 175 individuos muertos (*i.e.* ~365 ind·ha<sup>-1</sup>) durante la primera etapa y 145 (*i.e.* ~296 ind·ha<sup>-1</sup>) en la segunda, distribuidos en las 12 parcelas, registrándose el valor más alto en la parcela ID\_11 con 1,125 ind·ha<sup>-1</sup> (2019), todos invadidos por tripa de zopilote, y la menor mortalidad se registró en las parcelas ID\_9 (2019) e ID\_6 (2022) con 75 ind·ha<sup>-1</sup> cada una (Figura 30). En ambos periodos de estudio, la especie que registró mayor mortalidad fue *L. racemosa* principalmente en las parcelas ID\_11 e ID\_5 en 2019, y en ID\_2 e ID\_5 en 2022 (Figura 31 A y B). De igual forma se determinó la causa de muerte, ya sea por causas naturales que puede incluir algún evento natural, madurez del árbol, la hidrodinámica del sistema, e incluso la presencia de alguna especie invasora, así como por tala, siendo en este último caso *L. racemosa* la especie más vulnerable. En la primera etapa, de los 175 individuos muertos en total, 135 de ellos fueron por causa natural y 40 por tala (3,375 y 1,000 ind·ha<sup>-1</sup>, respectivamente) (Figura 32A). En la parcela ID\_6, el 100% de la mortalidad fue ocasionado por tala, 8 de ellos pertenecientes a *L. racemosa* y 2 a *R. mangle*; mientras que en la segunda etapa, de los 142 individuos muertos, 125 (3125 ind·ha<sup>-1</sup>) fueron por causa natural, 16 (400 ind·ha<sup>-1</sup>) por tala, y en uno no pudo determinarse la causa de muerte (Figura 32B).

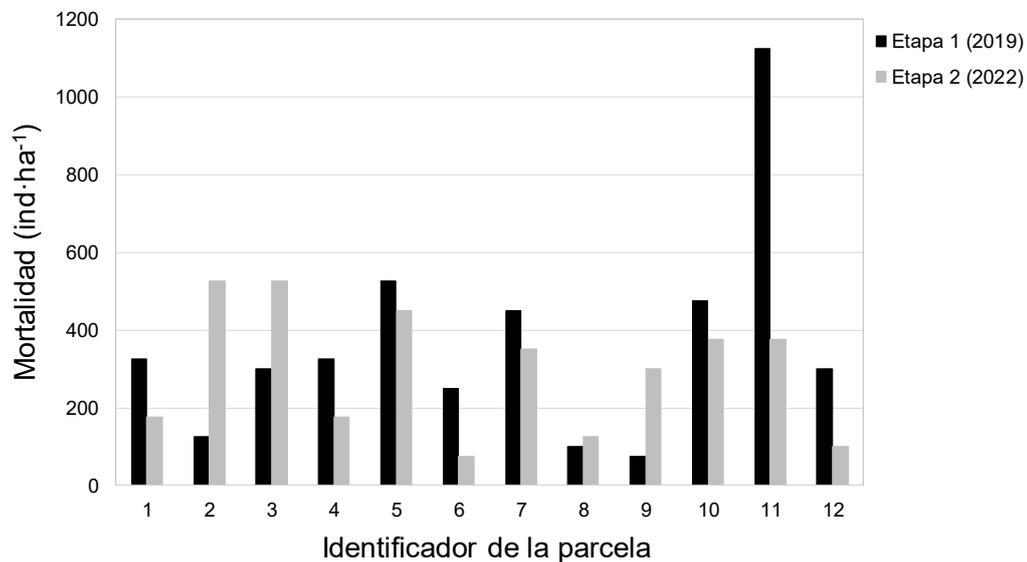


Figura 30. Mortalidad de los manglares en 12 parcelas al interior del complejo lagunar Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, Nayarit, durante las dos etapas de estudio (2019 y 2022).

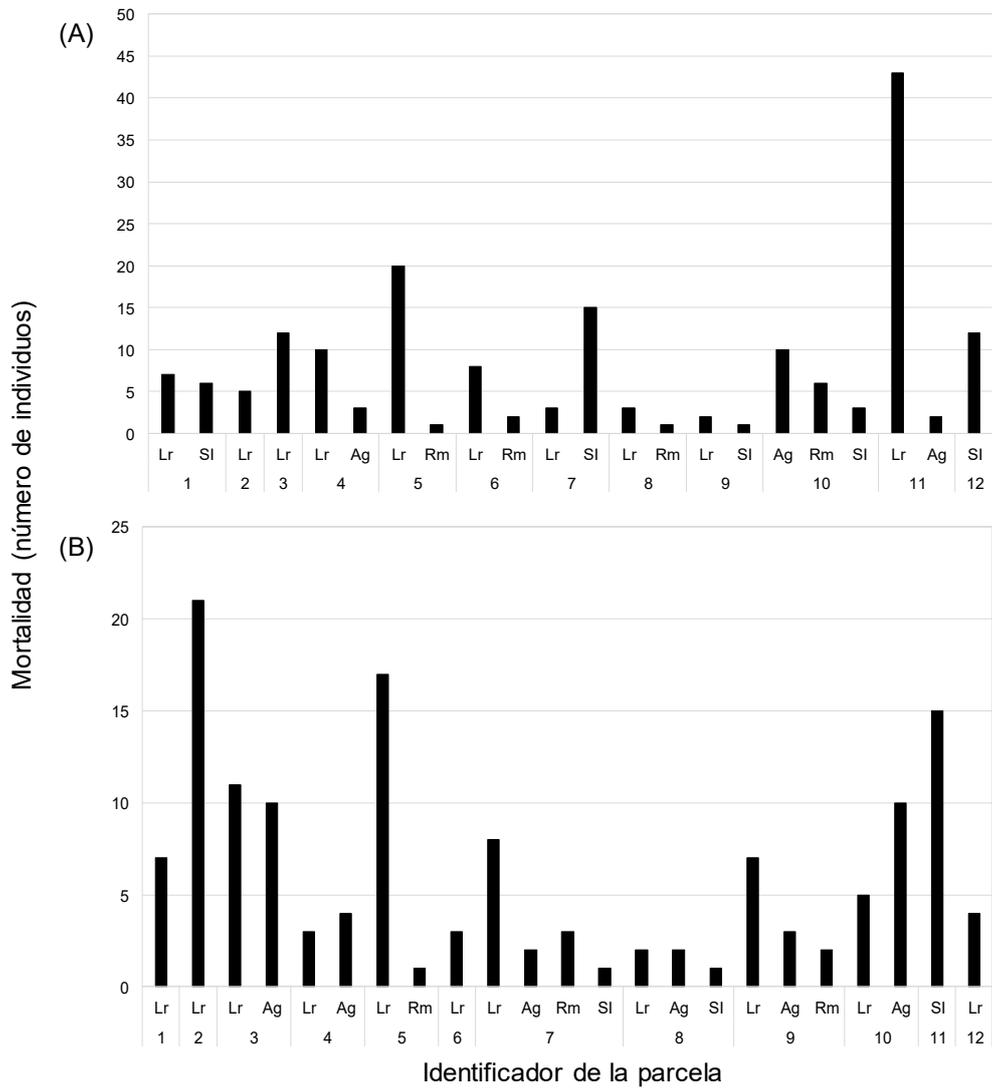


Figura 31. Mortalidad de los manglares por especie durante (A) la primera y (B) segunda etapa de estudio. Lr (*Laguncularia racemosa*), Ag (*Avicennia germinans*), Rm (*Rhizophora mangle*) y SI (Sin Identificar).

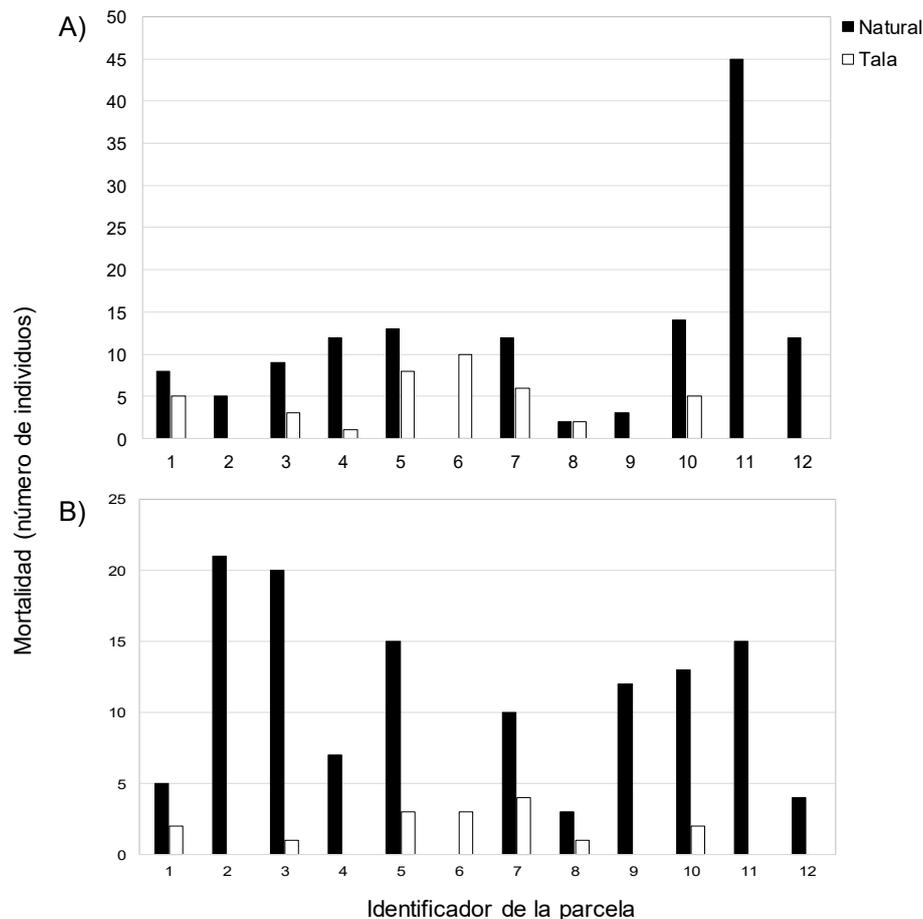


Figura 32. Mortalidad de los manglares asociada a causas naturales o por tala en el complejo lagunar Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, Nayarit, durante (A) la primera y (B) la segunda etapa.

#### *Densidad de plántulas*

Para determinar el repoblamiento de las tres especies de manglar en las 12 parcelas analizadas, se calculó el número de plántulas (individuos menores a 30 cm de altura) por unidad de área ( $\text{ind}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). En la primera etapa de estudio, en general se observó bajo repoblamiento, siendo nulo en las parcelas ID\_5, 6, 10, 11 y 12, muy bajo en ID\_3, 4 y 8, con densidades de 2,500, 12,500 y 17,500  $\text{plántulas}\cdot\text{ha}^{-1}$ , y los valores más altos se registraron en ID\_1 y 2, con 100,000 y 160,000  $\text{plántulas}\cdot\text{ha}^{-1}$ , respectivamente. El repoblamiento disminuyó en la segunda etapa, al observarse plántulas sólo en las parcelas ID\_2 (10,000  $\text{plántulas}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), ID\_4 (7,500  $\text{plántulas}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e ID\_9 (22,500  $\text{plántulas}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) (Figura 33).

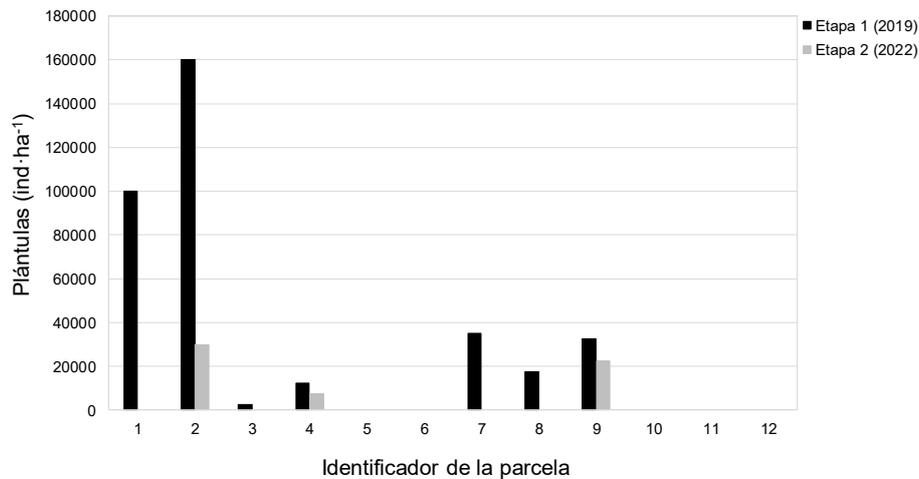


Figura 33. Repoblamiento observado en las 12 parcelas analizadas del complejo lagunar Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, Nayarit, durante las dos etapas de estudio (2019 y 2022).

#### *Clase de corona*

Se observaron los cuatro tipos de corona principales: dominante, co-dominante, intermedia y suprimida en ambas etapas. Para el primer periodo de estudio, la corona de tipo suprimido fue la que obtuvo el mayor porcentaje (47.2%) seguido de tipo intermedio (41.5%), co-dominante (6.7%) y dominante (4.5%). Las parcelas ID\_2, 7, 8, 10, 11 y 12 presentaron dominancia de individuos con corona tipo suprimida, y el resto dominancia con corona tipo intermedia (Figura 34A). En el segundo periodo, la corona con mayor porcentaje fue la de tipo intermedio (34.8%), seguido de tipo suprimido (24.3%), co-dominante (18.4%) y dominante (14.2%) (Figura 34B). En 2019 se observaron individuos con corona arbustiva en las parcelas ID\_11 (2 individuos) e ID\_12 (4 individuos), destacando que en estas dos parcelas se observó a la enredadera *C. verticillata*. Asimismo se registraron 9 individuos en total cuyo tipo de corona no fue identificada al tratarse de árboles caídos pero vivos, presentando retoños en la base, por esto no pudieron ser medidos algunos atributos estructurales. En 2022, el número de individuos sin corona aumentó considerablemente, ya que se vieron afectados por el huracán Roslyn que impactó en las costas de Nayarit el 23 de octubre de ese año como categoría 3, dejando a los árboles sin copa. En la parcela ID\_12 no fue posible determinar la estructura forestal por la cobertura total de la parcela por la enredadera *C. verticillata*.

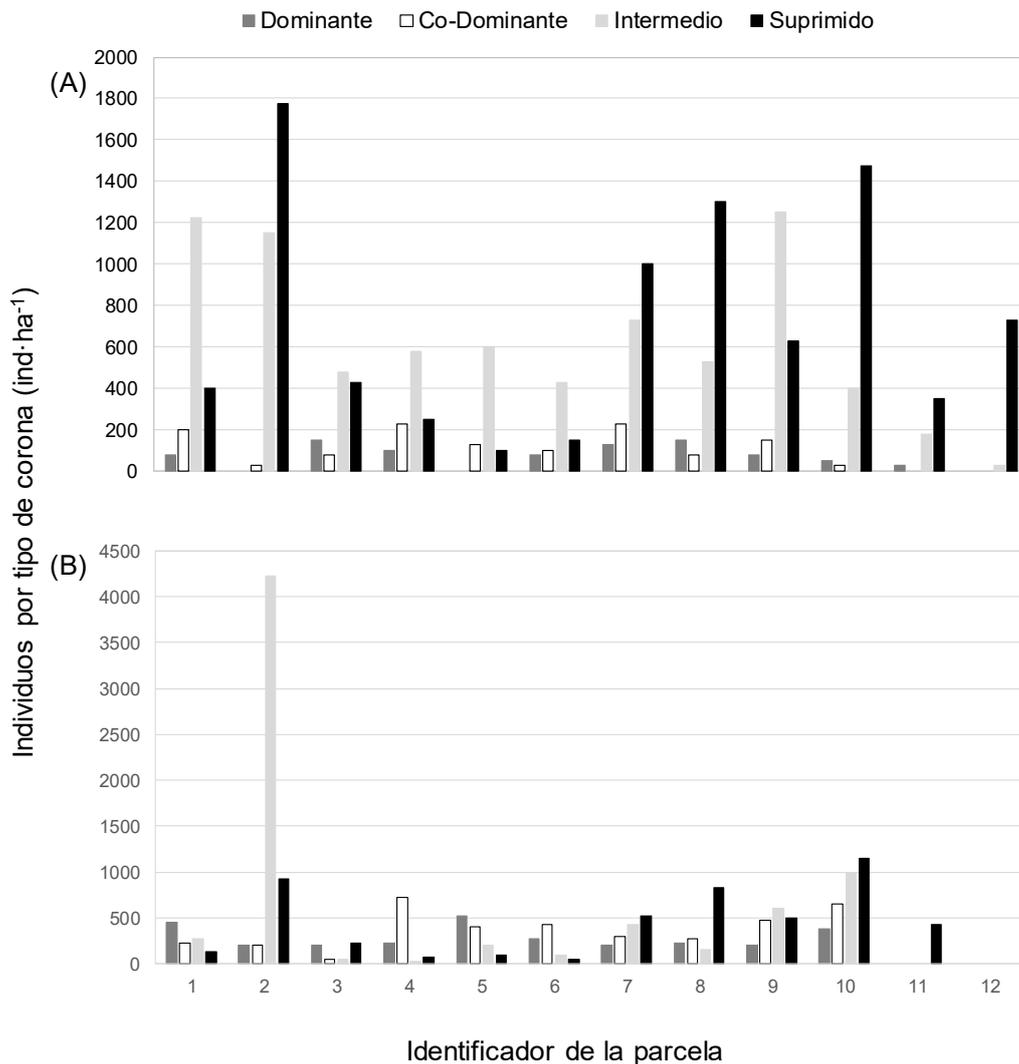


Figura 34. Tipo de corona para el número de individuos total para las 12 parcelas correspondientes a la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, Nayarit, durante las dos etapas de estudio donde (A) corresponde a 2019 y (B) corresponde a 2022.

### Análisis de hojarasca

Las canastas para recolectar hojarasca se colocaron durante marzo (parcelas ID\_7, 8, 11 y 12), mayo (parcelas ID\_5, 6, 9 y 10) y junio (parcelas ID\_1, 2, 3 y 4) de 2019. Se realizó una primera recolecta los días 10, 11 y 12 de julio del mismo año, una segunda los días 11, 12, 13 y 14 de febrero de 2020, la tercera los días 6, 7 y 8 de abril de 2022, una cuarta los días del 26 al 29 de septiembre de 2022 (parcelas ID\_1, 2, 4 y 5) y los días del 14 al 18 de noviembre del mismo año (parcelas ID\_3, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12), y finalmente, una última

recolecta los días del 31 de mayo al 03 de junio de 2023, para determinar la productividad correspondiente a esas fechas. En los primeros dos periodos, a excepción de la parcela ID\_9, en todos los casos se observó una disminución en la productividad total, registrándose el valor más alto en la parcela ID\_2 con  $5.9 \text{ g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{día}^{-1}$  en el periodo de junio-julio 2019. Para el tercer periodo (abril de 2022) se observó una disminución general en la productividad de todas las parcelas, excepto en la parcela ID\_6, así como la ausencia de canastas en la parcela ID\_10, y en las parcelas ID\_11 y 12, en estas dos últimas al estar cubiertas casi en su totalidad por la enredadera *C. verticillata*. Cabe destacar que en la recolecta de febrero de 2020 se observó una gran cobertura de tripa de zopilote en las canastas de las parcelas ID\_11 y 12, con una contribución de ~54% en el primer caso, y del 61%-94% en el segundo, sin embargo, en la última recolecta de abril de 2022, casi el 100% de la parcela estaba cubierta por la planta invasiva y no se pudo recuperar ninguna canasta. En la siguiente etapa (septiembre/noviembre 2022) se observó un incremento en la productividad de todas las parcelas con respecto al último registro (abril 2022), a excepción de las parcelas ID\_11 y 12 por lo antes mencionado. La parcela ID\_7 registró mayor productividad entre todas las etapas, con una cantidad de  $6.4 \text{ g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{día}^{-1}$ . Este aumento considerable puede ser derivado del impacto del huracán Roslyn, que provocó la caída de una gran cantidad de ramas y hojarasca. En la última fecha de recolecta (mayo-junio de 2023), sólo se observó un incremento en las parcelas ID\_1 y 5 con  $4.5$  y  $5.1 \text{ g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{día}^{-1}$ , respectivamente, pero en general se observaron valores bajos de productividad en la mayoría de las parcelas (Figura 35).

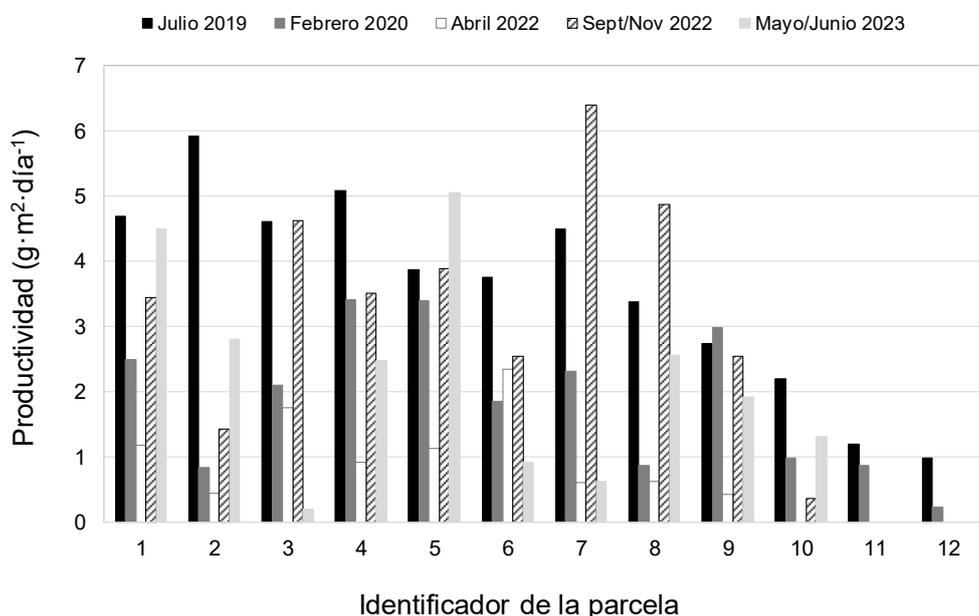


Figura 35. Producción promedio de hojarasca ( $\text{g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{día}^{-1}$ ) en las 12 parcelas analizadas en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales en cuatro periodos de tiempo.

## NDVI

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI por sus siglas en inglés) es utilizado para evaluar el estado de salud en que se encuentran los manglares, al ser un indicador de la concentración de clorofila. Este es uno de los índices de vegetación más utilizados y está basado en una razón de bandas del espectro electromagnético, *i.e.* la que corresponde al espectro rojo (0.6-0.7 nm), al infrarrojo e infrarrojo cercano (0.7-1.1 nm), y se determina con la siguiente fórmula:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Banda IRc} - \text{Banda Roja}}{\text{Banda IRc} + \text{Banda Roja}}$$

Sus valores se encuentran en el intervalo de -1 a 1, donde aquellos que son negativos se asocian a cuerpos de agua y cercanos a 0 para superficies rocosas, arena o concreto, mientras que los positivos se relacionan con vegetación (Huang *et al.*, 2021). En el caso de la vegetación, los valores son bajos cuando su condición es poco saludable o estresada, y cuando el valor es cercano a 1, refleja una mayor concentración de clorofila que representa un mayor vigor y concentración de ese pigmento fotosintético, que podría interpretarse como un sistema saludable o en mejor estado de conservación. Para el cálculo *in situ* de este índice, se utilizó un instrumento Fieldscout CM 1000 en 10 individuos por parcela (Figura 36). Durante las seis campañas de muestreo (marzo-junio 2019, julio 2019, febrero 2020, abril de 2022, septiembre/noviembre de 2022 y mayo/junio de 2023) se obtuvo un promedio general de NDVI por parcela (10 árboles en cada sitio) y por fecha, realizando series para determinar la tendencia de salud de estos ecosistemas durante los meses analizados. En el primer registro (marzo-junio 2019) los valores variaron entre 0.53 (parcela ID\_7) y 0.79 (parcela ID\_3), cuyos valores fueron tomados de individuos frente a la parcela principal, ya que se dificultaba la medición por la altura de la corona. Hubo pocas diferencias entre estos valores y los registrados en julio; las diferencias más evidentes fueron en las parcelas ID\_7 y 10, cuyos valores de NDVI aumentaron entre mayo y julio. En el tercer registro (febrero 2020) la tendencia fue una disminución general, observándose valores muy bajos en las parcelas ID\_3 (NDVI=0.34) e ID\_1 (NDVI=0.42). En el muestreo de abril de 2022, en las parcelas ID\_1 a la ID\_10 con excepción de la parcela ID\_5 se observó un aumento en los valores promedios de NDVI con respecto al muestreo anterior, con valores promedio mayores en las parcelas ID\_8 (NDVI=0.63) e ID\_9 (NDVI=0.64), y en las últimas dos parcelas (ID\_11 y 12) los valores fueron muy bajos, con 0.35 y 0.3, respectivamente. En septiembre y noviembre de 2022 se observaron valores promedio de 0.36 (parcela ID\_9) a 0.73 (parcela ID\_12). En el caso de la parcela ID\_12, si bien no fue posible analizar la estructura debido a la presencia de *C. verticillata*, algunas ramas con hojas sobresalían de la cobertura de esta planta trepadora por lo que fue posible tomar registro del índice. En los últimos registros (mayo/junio de 2023) no se tienen valores de NDVI en las primeras tres parcelas (ID\_1-3) ya que el equipo de

medición se dañó, para el resto se registraron valores promedio entre 0.47 el más bajo en la parcela ID\_6 y 0.64 el valor promedio más alto en la parcela ID\_12 (Figura 37).



Figura 36. Medición en manglares del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada con el instrumento Fieldscout CM 1000.

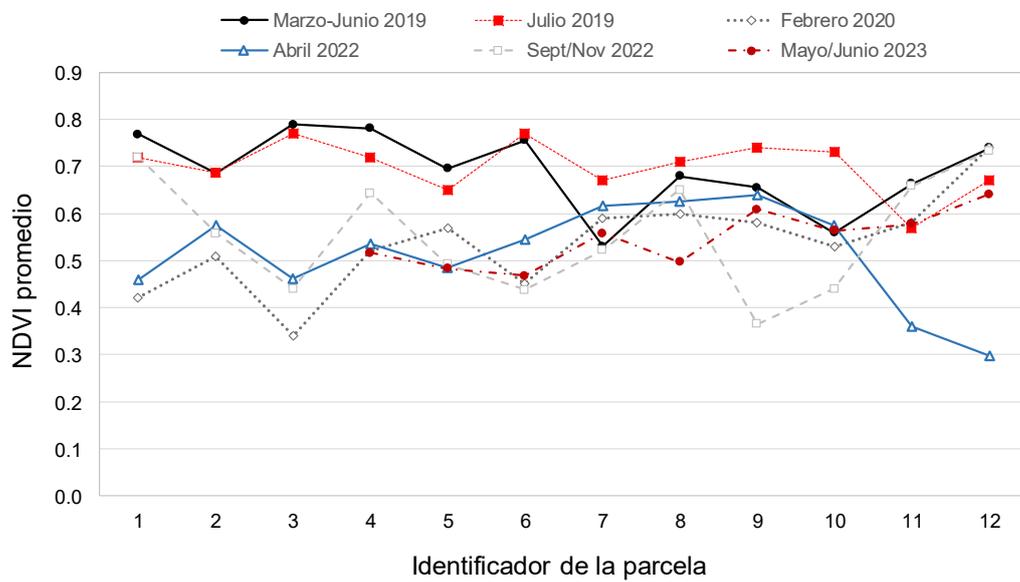


Figura 37. Valores promedio de NDVI para cada una de las 12 parcelas analizadas durante seis periodos.

### Microtopografía

Con el objetivo de conocer la zonación o distribución de especies en cada parcela analizada para posteriores programas de restauración y reforestación de la zona, se determinaron los perfiles microtopográficos de las 12 parcelas. Para el levantamiento de estos perfiles (Tabla 18), se utilizó una manguera de nivel convencional de 10 m de largo y dos estadales de 1.5 m cada uno, cada uno fijado a cada extremo con dos cinturones de plástico. La manguera fue llenada con agua y estabilizada dejando al menos 50 cm sin agua para evitar la formación de burbujas. Los transectos se midieron colocando una regla al nivel de la superficie y la otra a 10 m de distancia. Los dos estadales son colocados en forma vertical y firmes al suelo; una vez estabilizados los niveles de agua en la manguera, se anotan los valores de los dos estadales y la diferencia entre ambos se define como el aumento o disminución del relieve, tomando como nivel el espejo del cuerpo de agua o nivel de referencia. Este procedimiento se realiza sucesivamente hasta cubrir las diferentes zonas de vegetación.

Tabla 18. Microtopografía (cm) en las 12 parcelas analizadas en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, Nayarit, durante 2019.

Parcelas (especies)	Límite inferior	Límite superior	Media	Error estándar
ID_1 (Lr, Rm)	-0.09	0.69	1.15	19.34
ID_2 (Lr)	-0.15	0.68	-3.44	26.70
ID_3 (Lr, Rm)	-0.04	0.49	11.19	14.08
ID_4 (Rm)	0.10	0.82	28.78	13.55
ID_5 (Rm)	-0.78	0.25	-54.64	24.05
ID_6 (Rm)	-0.60	0.25	-34.64	14.18
ID_7 (Lr, Ag)	0.03	0.09	5.60	2.10
ID_8 (Lr, Ag)	-0.57	0.30	-35.33	31.74
ID_9 (Lr, Ag, Rm)	0.05	0.82	19.56	22.83
ID_10 (Ag)	-0.32	0.13	-19.21	13.74
ID_11 (Lr, Ag)	-0.07	-0.20	-14.50	8.01
ID_12 (Lr, Ag)	-0.07	0.30	7.20	7.44

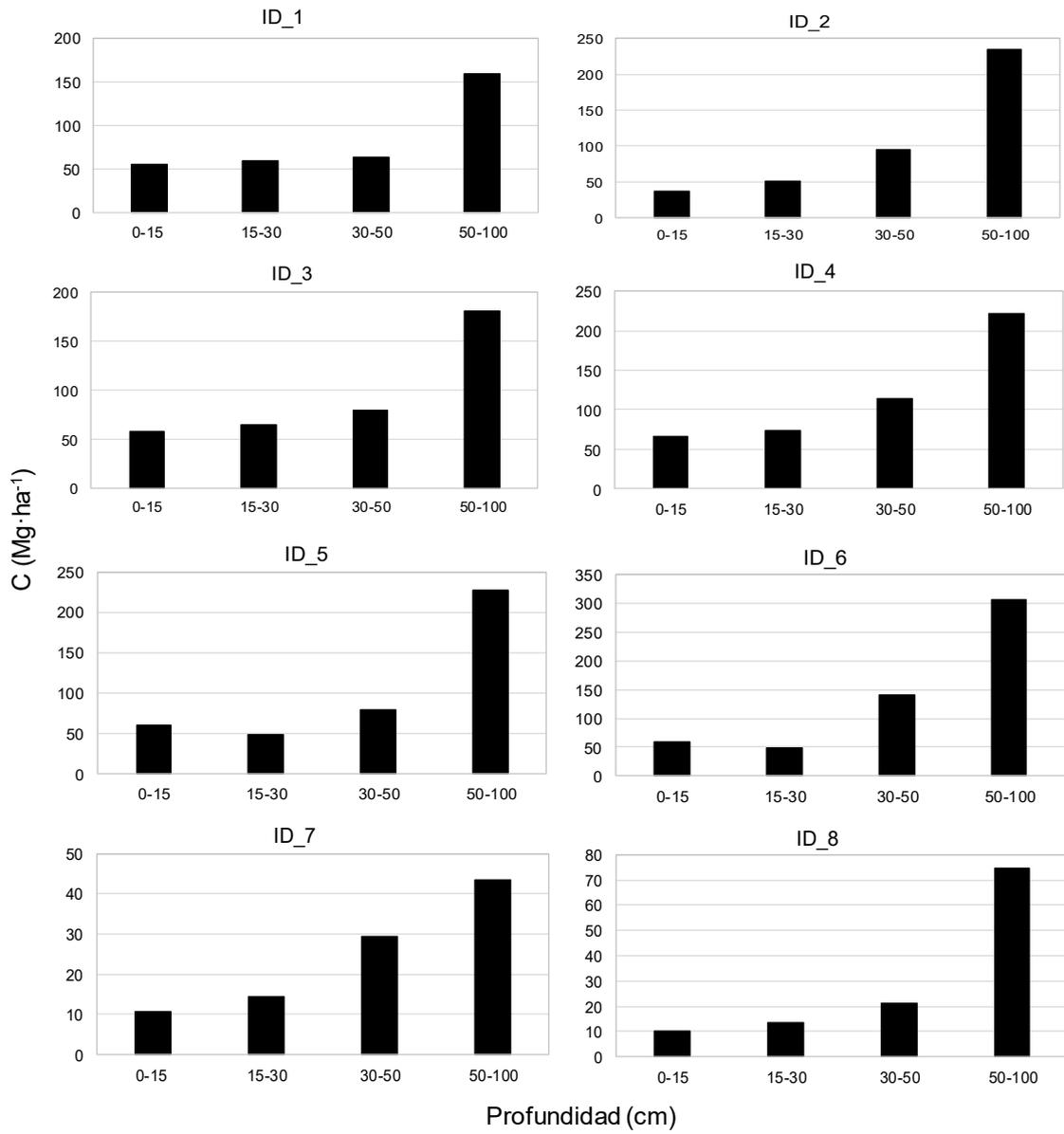
### *Análisis de sedimentos*

La recolección de muestras de sedimentos (3 muestras por parcela) se realizó en 2019 durante las siguientes fechas: marzo (ID\_7, 8, 11 y 12), mayo (parcelas ID\_5, 6, 9 y 10) y junio (parcelas ID\_1, 2, 3 y 4). Los resultados del carbono total considerando 1 metro de profundidad en cada una de las parcelas, muestran los mayores valores en las primeras seis parcelas (ID\_1-6). Los valores mínimos se observaron en las parcelas ID\_7 e ID\_10, la primera de ellas ubicada próxima a la Boca de Camichín y la segunda al Canal de Cuautla; en ambos casos los valores bajos podrían deberse a la remoción de sedimentos por la influencia de marea. Los valores de nitrógeno total fueron similares en todas las parcelas, y bajos en las parcelas ID\_9 e ID\_10. Se determinó la relación carbono/nitrógeno (C/N) para las doce parcelas, obteniendo un valor elevado en la parcela ID\_10 (Tabla 19).

Tabla 19. Concentración promedio de carbono y nitrógeno total a 1 metro de profundidad en suelos de doce parcelas analizadas en el complejo lagunar Marismas Nacionales, Nayarit.

Parcela	Carbono total (Mg·ha <sup>-1</sup> )	Nitrógeno total (Mg·ha <sup>-1</sup> )	C/N
1	337.5	15.6	21.9
2	418.4	21	20.1
3	383.4	16.4	22.4
4	476.1	22	21.6
5	415	17.6	23.9
6	556	22	25.2
7	97.7	10	11.2
8	119.7	12.6	8.8
9	154.9	7.6	22.8
10	88.4	3.1	237.0
11	196.4	22.3	8.7
12	168.8	15.8	10.6

En cuanto a la profundidad, la mayor cantidad de carbono se registró en el estrato de 50-100 cm y la menor cantidad en el estrato de 0-15 cm en todas las parcelas, excepto en las parcelas ID\_9 e ID\_10 que registraron una mayor concentración en la menor profundidad (0-15 cm) y el menor en la profundidad de 30-50 cm (Figura 38).



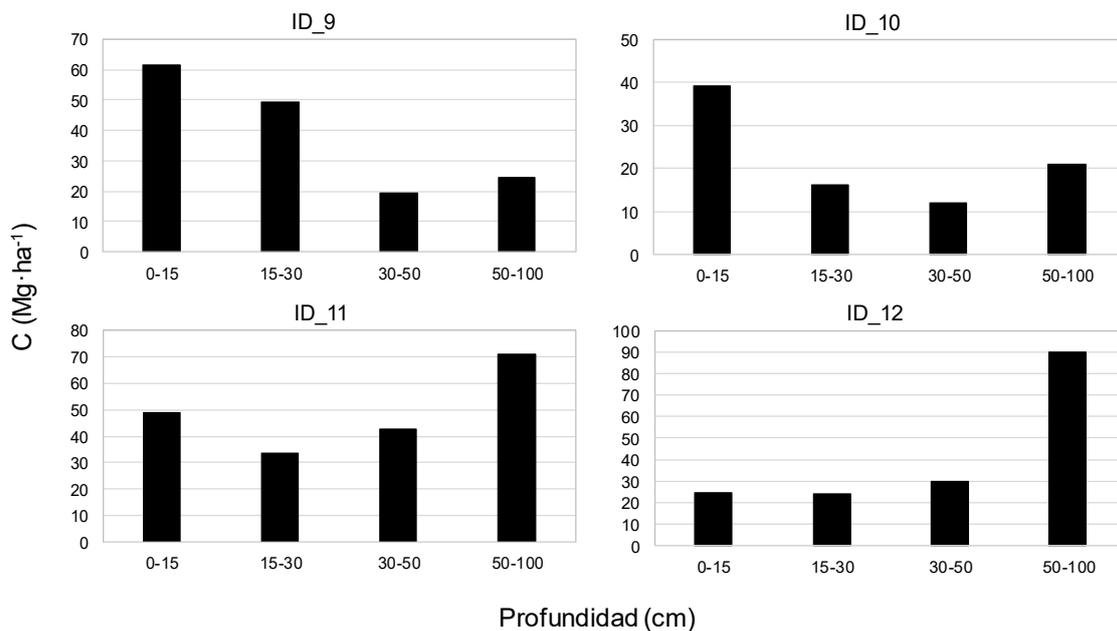


Figura 38. Concentración de carbono a distintas profundidades para las 8 parcelas analizadas. Parcelas ID\_1, 2, 3 y 4 (junio 2019), parcelas ID\_5, 6, 9 y 10 (mayo 2019), parcelas ID\_7, 8, 11 y 12 (marzo 2019).

### Análisis de nutrientes

Se estimó la concentración de nitratos y fosfatos en muestras de agua del canal adyacente a cada parcela en los muestreos de marzo, mayo y junio de 2019, una segunda toma en el muestreo de julio de ese mismo año, febrero de 2020, abril, septiembre y noviembre de 2022, mayo y junio de 2023, así como los nutrientes del agua intersticial dentro de cada parcela en julio de 2019, febrero de 2020, abril, septiembre y noviembre de 2022, y mayo y junio de 2023. Durante los tres primeros periodos analizados, la concentración de nitratos en los canales adyacentes a las parcelas, fueron fluctuantes, observándose valores altos en las parcelas ID\_2 ( $2.9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) y 4 ( $3.2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) tomadas en junio de 2019, y en las ID\_8 ( $3.5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) y 11 ( $3.8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) durante febrero de 2020. En el muestreo realizado en abril de 2022 se observaron los valores promedio más altos entre todas las fechas, principalmente en las parcelas ID\_4 ( $7.25 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ), ID\_10 ( $5.7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) e ID\_12 ( $10.3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) (Figura 39). En cuanto a los resultados de nitratos dentro de las parcelas, se observó un aumento en abril de 2022 para todas las parcelas excepto en las parcelas ID\_7, 8 y 9 que presentaron el mayor valor promedio durante febrero de 2020 con  $17.5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  en cada una. En el último muestreo realizado (mayo/junio de 2023) los valores fluctuaron entre  $0.27$  (parcela ID\_6) y  $2.33 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (parcela ID\_2) (Figura 40).

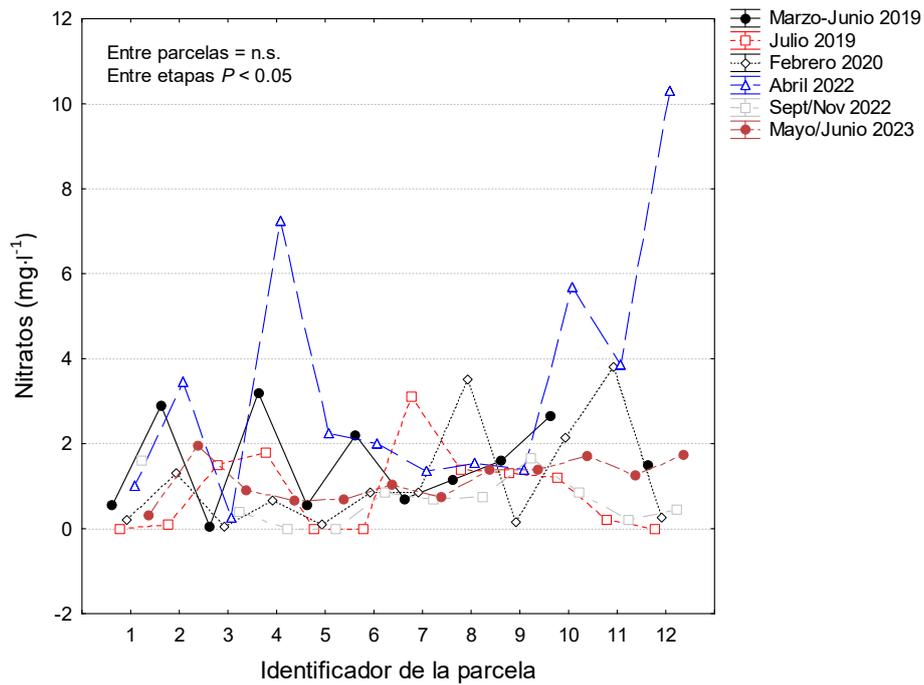


Figura 39. Concentración de nitratos en el canal adyacente a cada parcela.  
 Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019);  
 Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

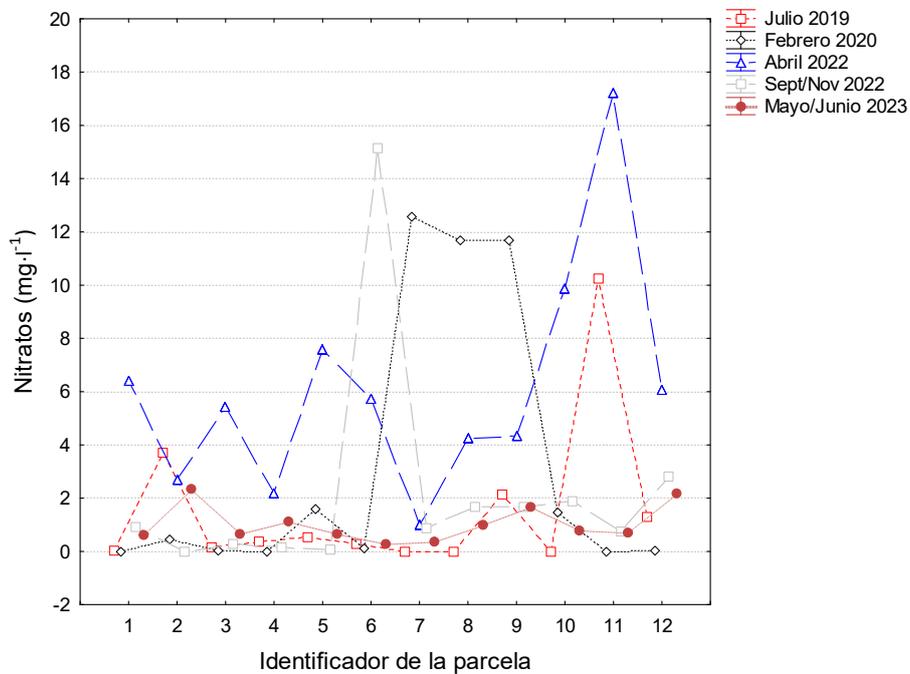


Figura 40. Concentración intersticial promedio de nitratos dentro de cada parcela.

Con respecto a la concentración de fosfatos en el canal, se observaron mayores concentraciones en los muestreos de julio de 2019 y febrero de 2020, con registros máximos de  $2.75 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  en las parcelas ID\_1 e ID\_4 (en febrero de 2020) (Figura 41). En el análisis de fosfatos dentro de las parcelas, en la mayoría de ellas se observaron los valores más altos durante febrero de 2020, sin embargo, hubo un incremento importante en la parcela ID\_11 en abril de 2022 con un valor promedio de  $10.35 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (Figura 42).

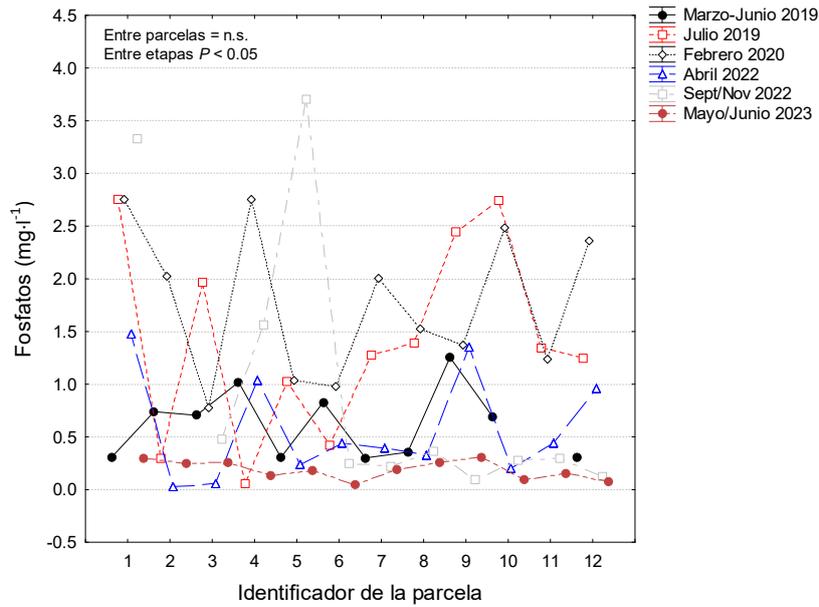


Figura 41. Concentración de fosfatos en los canales adyacentes a cada parcela. Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo, 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo, 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio, 2019).

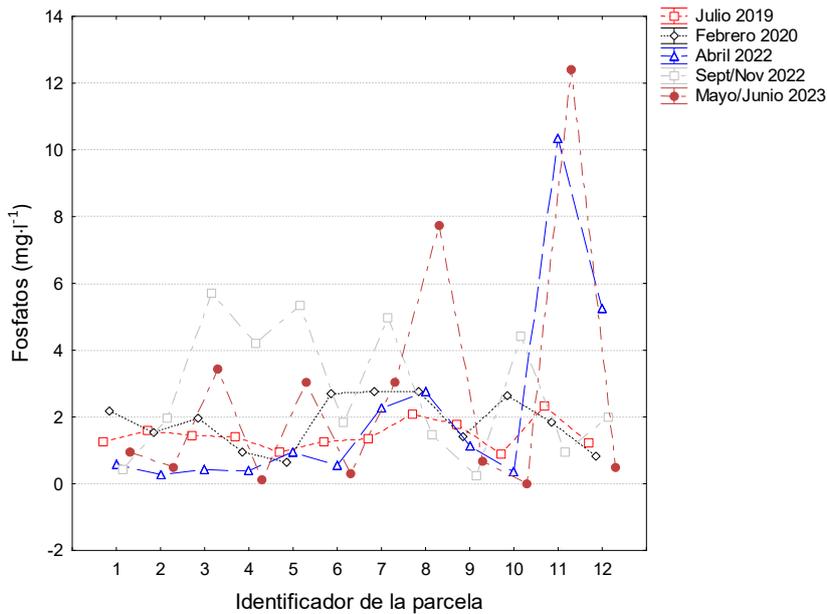


Figura 42. Concentración intersticial promedio de fosfatos dentro de cada parcela.

### Análisis de las variables ambientales

Se estimaron las variables ambientales dentro de cada parcela y en el canal más próximo en seis fechas diferentes (marzo-junio 2019, julio 2019, febrero 2020, abril 2022, septiembre/noviembre 2022, y mayo/junio 2023). En julio no fue posible obtener muestra del canal en la parcela ID\_11, por lo que sólo se tienen registros para las otras fechas.

### pH

Los valores mínimos de pH del agua dentro de las parcelas se observaron en los muestreos de marzo-junio de 2019 y mayo/junio de 2023, y se incrementaron en los meses posteriores, principalmente en las parcelas ID\_4, 5 y 6 en febrero de 2020, y de las parcelas ID\_8-12 en abril de 2022; en septiembre y noviembre de 2022 se observaron valores más bajos que en abril del mismo año, con un incremento en la parcela ID\_10 que presentó un valor promedio de pH de  $9 \pm 0.71$ . Se observaron diferencias significativas entre etapas, y entre parcelas (Figura 43). En el canal, los valores mínimos se registraron en mayo/junio de 2023, con valores menores a 8. En febrero de 2020 se observaron valores bajos en la mayoría de los canales adyacentes, excepto en los correspondientes a las parcelas ID\_4, 5, 6 y 8, que fueron más elevados que los registrados en marzo-junio 2019, pero menores que los reportados en julio 2019. En los muestreos de abril de 2022 se registró el valor de pH máximo entre todas las fechas, con un valor promedio de 9.05 en la parcela ID\_11. En septiembre y noviembre de 2022 los valores de pH fueron fluctuantes, excepto en las últimas dos parcelas (ID\_11 y 12) donde se registraron los valores más altos (pH=8.5 y 8.8, respectivamente) para este periodo (Figura 44).

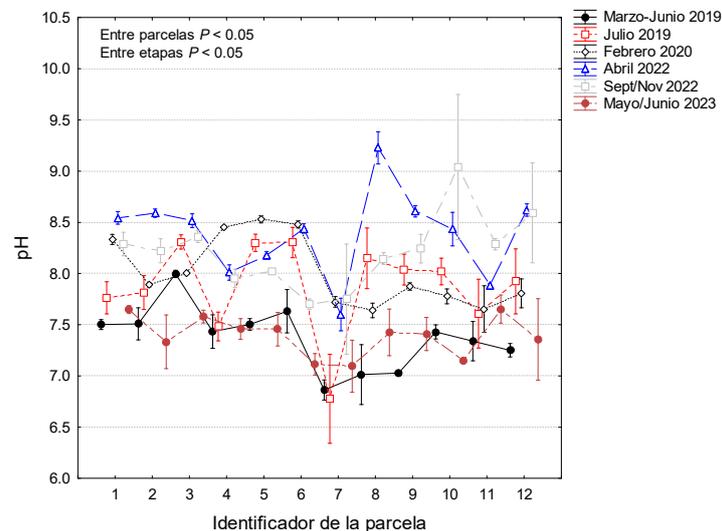


Figura 43. Valores promedio de pH del agua intersticial de las parcelas durante los meses y etapas de muestreo. Los valores están expresados como media  $\pm$  error estándar. Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

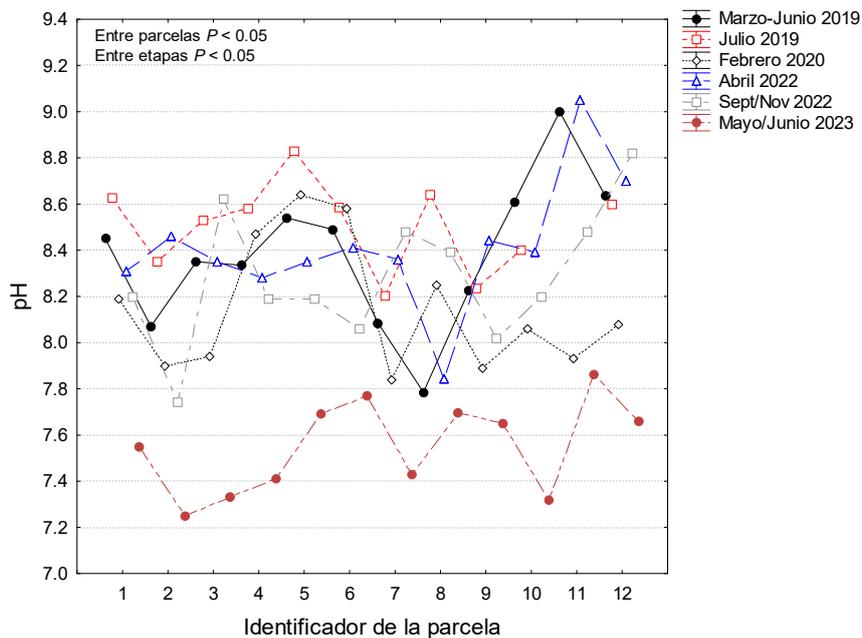


Figura 44. Valores promedio de pH del agua en el canal próximo a cada parcela, durante las dos etapas de muestreo. Los valores están expresados como media  $\pm$  error estándar. Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

### Salinidad

Dentro de las parcelas, se observaron diferencias significativas entre las cinco fechas de muestreos y entre parcelas, observando valores mínimos en las parcelas ID\_1-6 e ID\_9-11 durante septiembre/noviembre de 2022, y mayores en marzo-junio y julio de 2019. El valor promedio más alto de salinidad intersticial entre todas las fechas se registró en la parcela ID\_10 en mayo/junio de 2023 (salinidad= $67.8 \pm 1.2$  ups; Figura 45); lo mismo se observó en los valores de salinidad de los canales, con valores muy similares en marzo-junio y julio de 2019, y los valores más bajos en septiembre y noviembre de 2022, y el valor promedio más alto en la parcela ID\_11 en mayo/junio de 2023 (salinidad= $64.5$  ups; Figura 46).

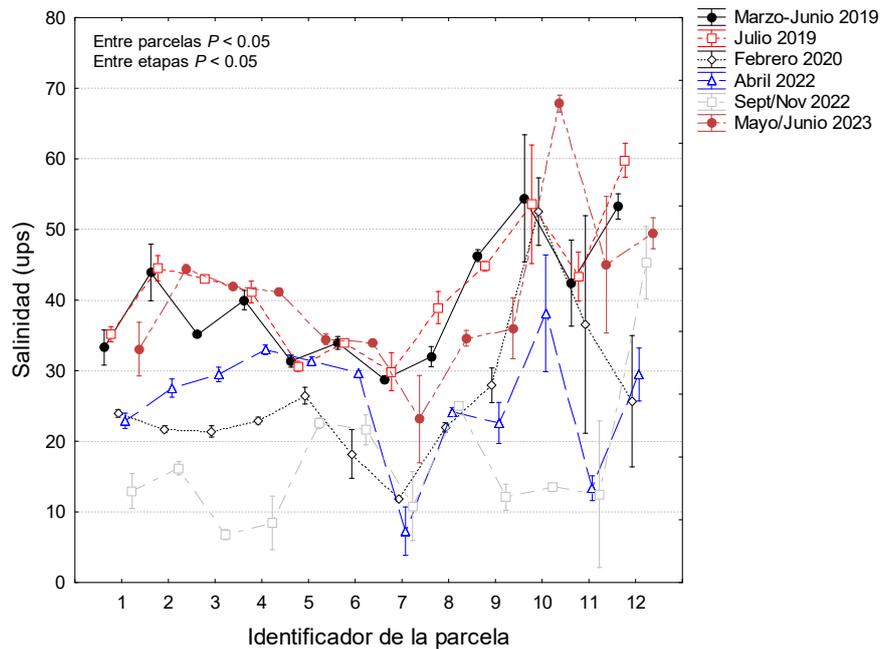


Figura 45. Salinidad (ups) del agua intersticial para cada parcela de la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, Nayarit. Los datos están expresados como media  $\pm$  error estándar.

Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

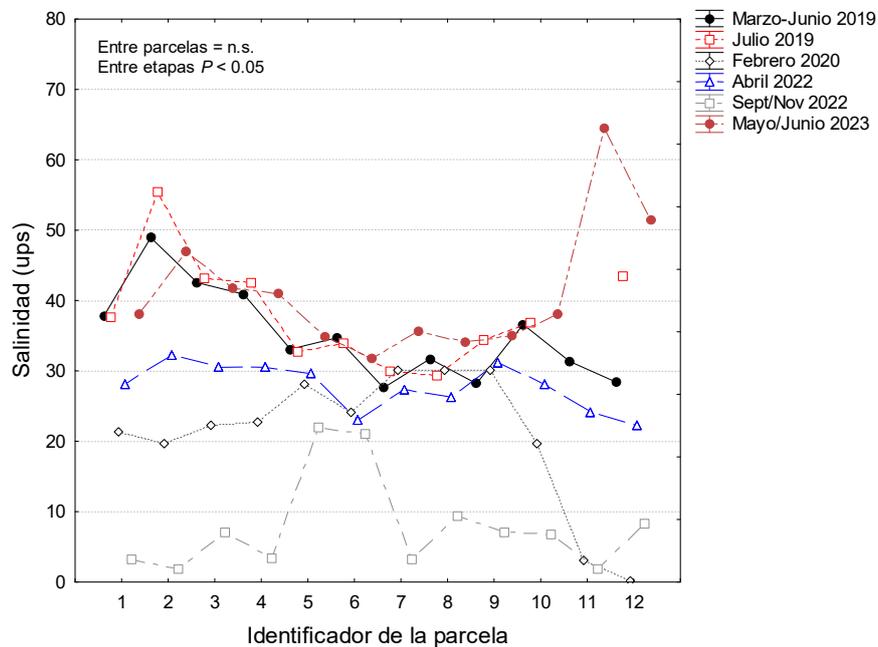


Figura 46. Salinidad (ups) del agua en el canal más próximo a cada parcela. Los datos están expresados como media  $\pm$  error estándar.

Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

## Temperatura

Dentro de las parcelas, la temperatura del agua intersticial en los periodos de muestreo iniciales (primavera-verano: marzo, mayo, junio y julio 2019) fue mayor en las parcelas ID\_10-12 en julio, principalmente en la parcela ID\_11. En el muestreo de septiembre de 2022, las parcelas ID\_1, 2, 4 y 5 presentaron los valores más altos de temperatura y disminuyeron en el resto de las parcelas (ID\_3, 6-12) al analizarse en noviembre del mismo año (Figura 47), mientras que las variaciones de temperatura en el canal, también se observaron mayores valores en el segundo muestreo (julio 2019), excepto en las parcelas ID\_3 y 4, situadas en la zona de Agua Brava, que presentaron las temperaturas más elevadas en los meses de marzo-junio de ese mismo año. En febrero de 2020 todos los valores fueron mínimos a excepción de la parcela ID\_5 con una temperatura promedio de 34.4°C. De manera general, el valor máximo se observó en abril 2022 en la parcela ID\_11 con una temperatura de 37.5°C. En el último registro (mayo/junio de 2023) se obtuvieron valores de temperatura entre 26.8°C (ID\_2) y 35.1°C (ID\_11) (Figura 48).

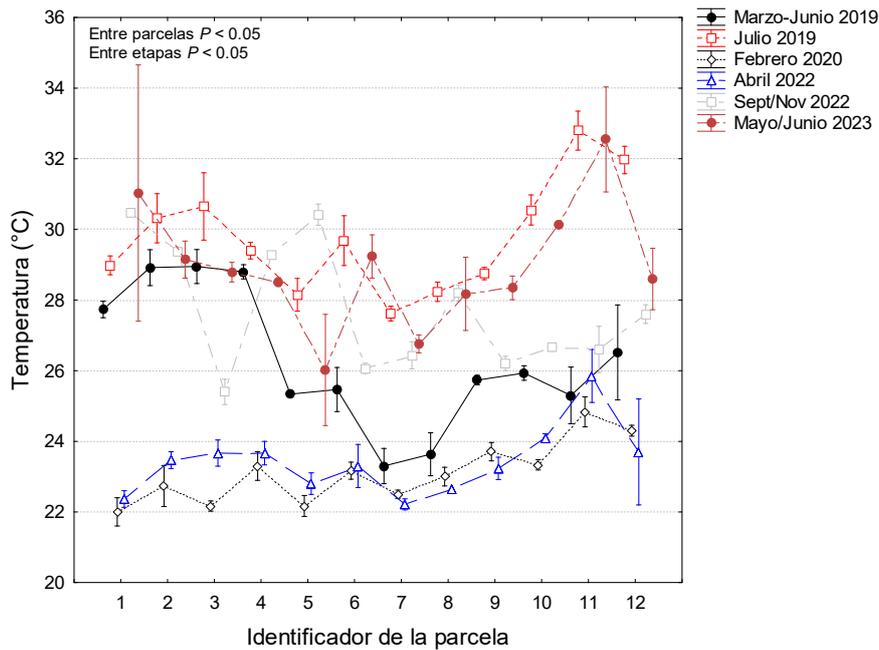


Figura 47. Valores promedio de temperatura del agua intersticial (°C) registrados dentro de cada parcela de la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, Nayarit. Los datos están expresados como media  $\pm$  error estándar. Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

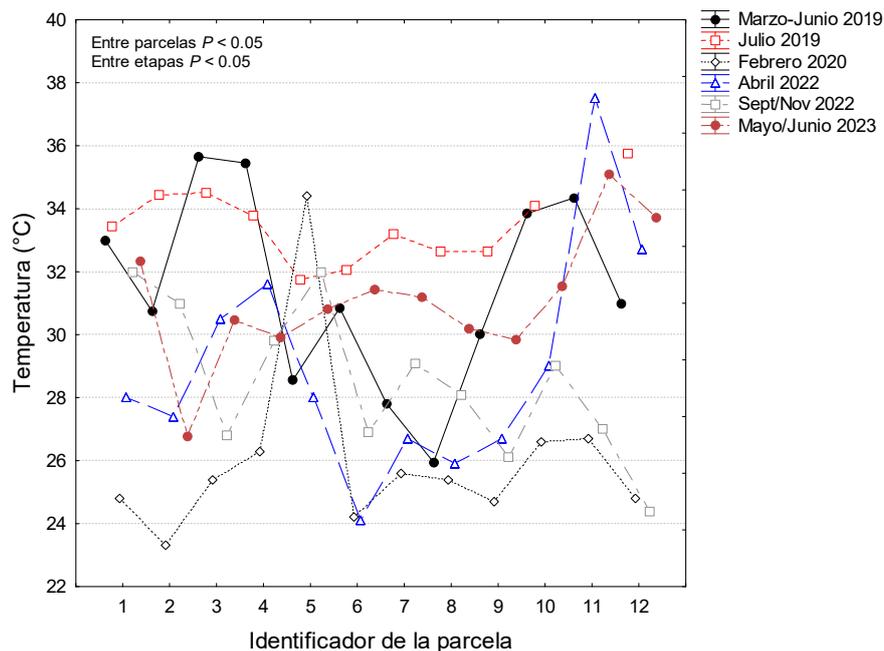


Figura 48. Temperatura (°C) del agua en el canal más próximo a cada parcela.  
 Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019);  
 Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

### Potencial REDOX

Los valores registrados de potencial REDOX dentro de las parcelas mostraron una tendencia similar en los dos primeros muestreos (marzo-junio 2019 y julio 2019) y en los penúltimos (abril y septiembre/noviembre de 2022), excepto para la parcela ID\_5 situada en la entrada al canal de Cuautla, que tuvo un valor más elevado durante el registro de julio 2019 con respecto al de marzo-junio de ese mismo año y abril de 2022, mientras que en febrero de 2020 se observaron valores bajos en todas las parcelas (Figura 49); esto mismo se observó en los valores obtenidos en los canales adyacentes a las parcelas, con los registros más bajos en febrero de 2020, excepto en la parcela ID\_7 (Figura 50).

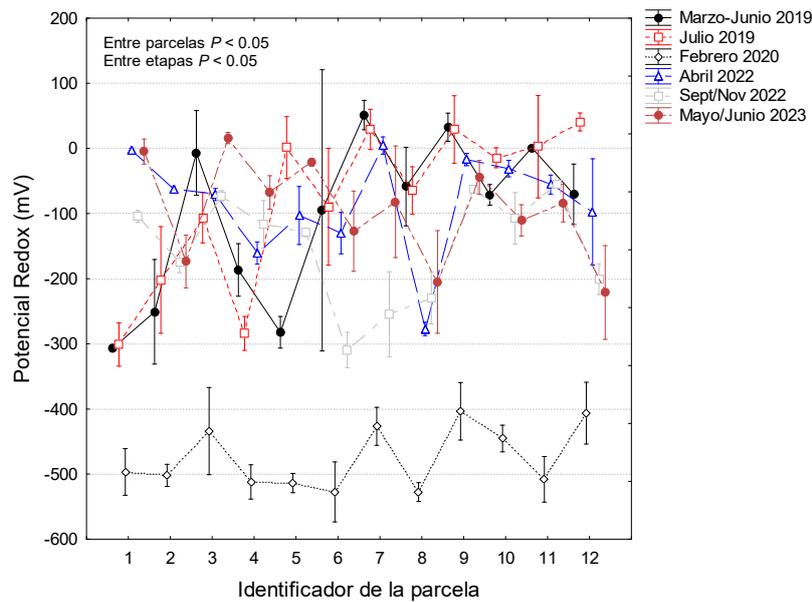


Figura 49. Potencial REDOX (mV) del agua intersticial promedio del potencial REDOX registrados dentro de cada parcela de la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, Nayarit. Los valores están expresados como media  $\pm$  error estándar. Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

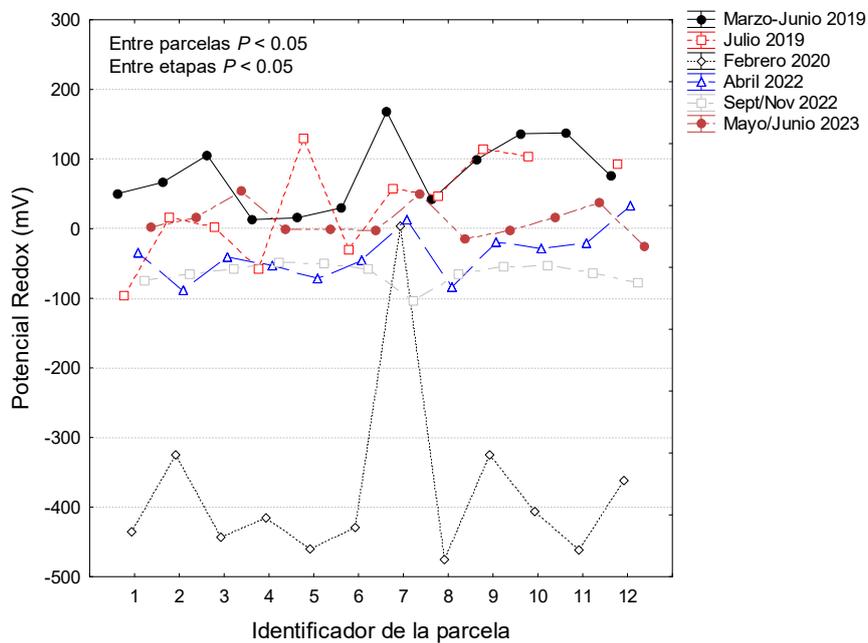


Figura 50. Potencial REDOX (mV) del agua en el canal más próximo a cada parcela. Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

### Conductividad eléctrica

Los valores de esta variable no mostraron una tendencia en los diferentes periodos analizados. Los valores promedio máximos fueron observados durante julio de 2019, principalmente en las parcelas ID\_10-12 y los valores promedio mínimos en todas las parcelas durante abril y septiembre/noviembre de 2022, con diferencias significativas en todas las combinaciones (Figura 51). En los registros de los canales adyacentes a las parcelas (Figura 52) la tendencia fue similar en febrero de 2020 y abril, septiembre/noviembre de 2022, donde se presentaron los valores mínimos de conductividad eléctrica. De todas las parcelas, excepto por la ID\_11 que presentó un valor elevado de conductividad eléctrica de 91.1 mS en junio de 2023, los valores máximos se observaron en julio de 2019.

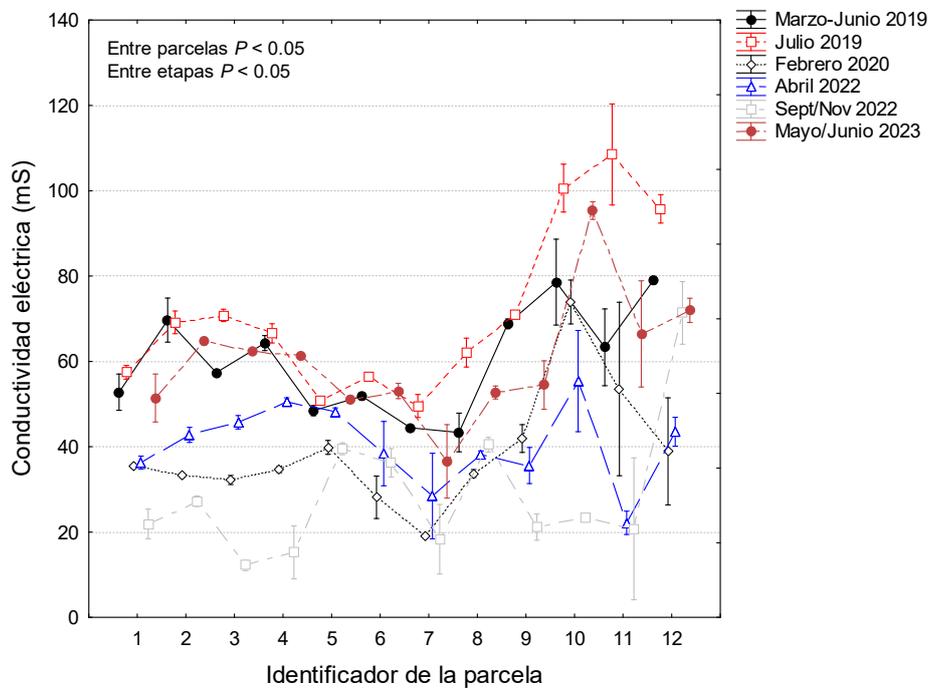


Figura 51. Conductividad eléctrica (mS) del agua dentro de cada parcela. Los valores están expresados como media  $\pm$  error estándar. Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

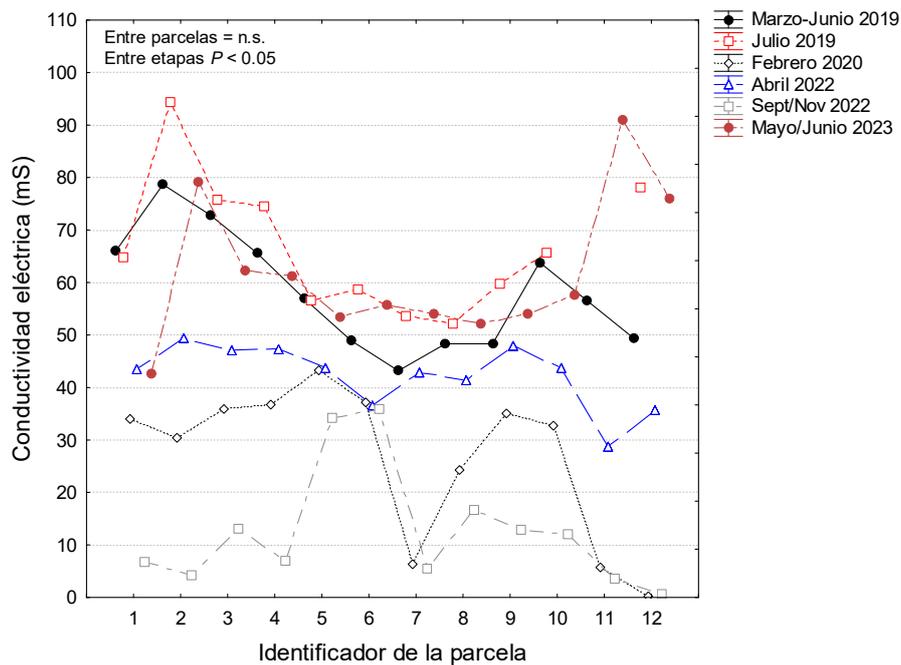


Figura 52. Conductividad eléctrica (mS) del agua en el canal más próximo a cada parcela. Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019)

### *Sólidos disueltos totales (SDT)*

La cantidad de sólidos disueltos totales en el agua registrada dentro de las parcelas durante 2019 presentó un aumento en los valores registrados en julio, principalmente en las parcelas ID\_10-12, y con una tendencia similar a las variables anteriores, en febrero 2020, abril, septiembre/noviembre de 2022 y mayo/junio de 2023 que registraron los valores más bajos (Figura 53). El registro en los canales tuvo un comportamiento similar, con valores mínimos en septiembre/noviembre 2022 (excepto en la parcela ID\_1), y valores máximos en las parcelas ID\_2 (julio 2019), ID\_5 (mayo 2019) e ID\_11 (junio 2023) (Figura 54).

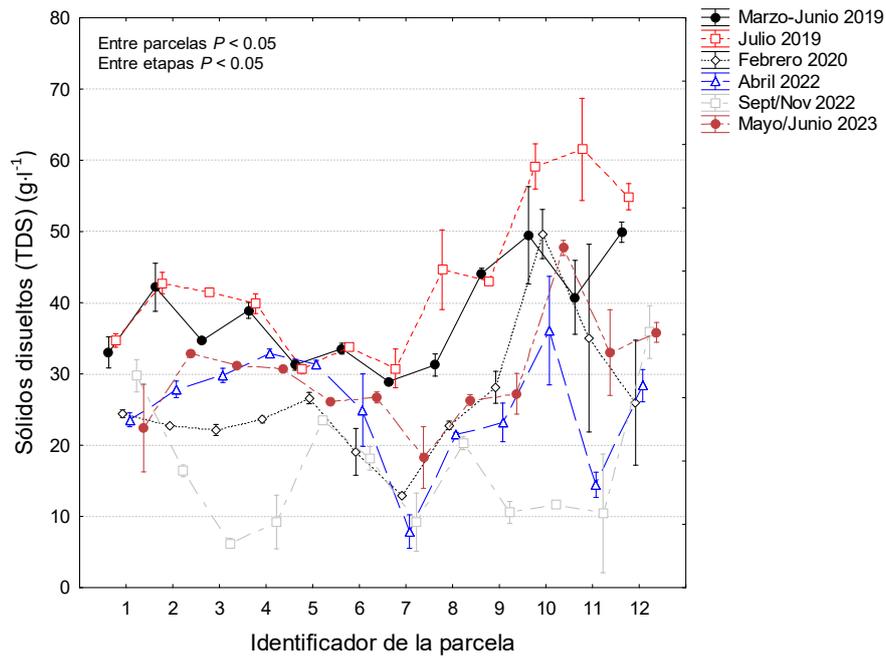


Figura 53. Sólidos disueltos totales (SDT,  $g \times L^{-1}$ ) en el agua dentro de cada parcela. Los valores están expresados como media  $\pm$  error estándar. Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

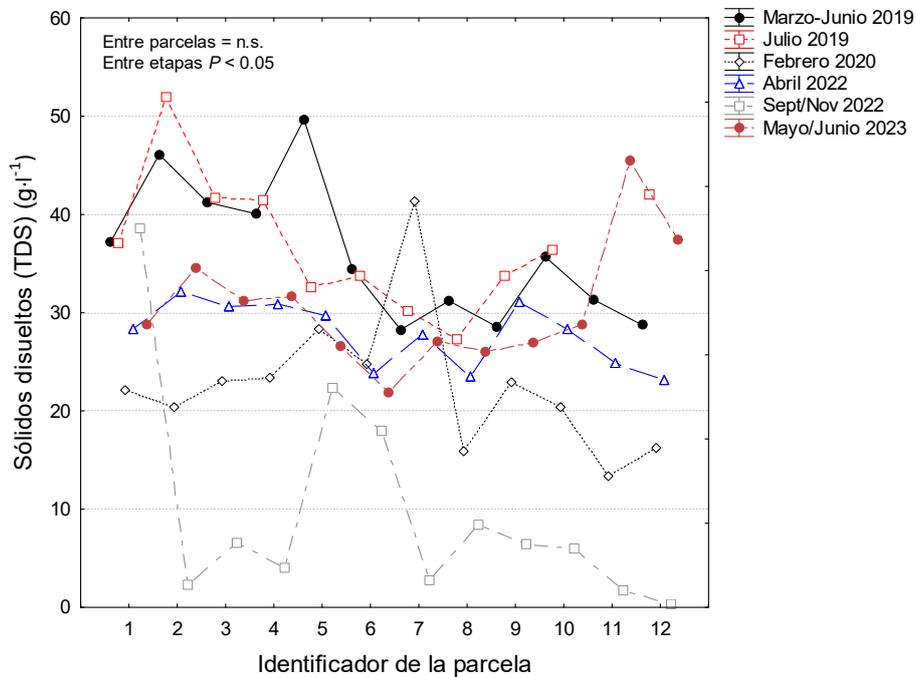


Figura 54. Sólidos disueltos totales (SDT,  $g \times L^{-1}$ ) en el agua del canal más próximo a cada parcela. Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

### Oxígeno disuelto

Los valores de oxígeno disuelto mostraron una tendencia similar en todos los muestreos analizados dentro de las parcelas con excepción de dos máximos, uno en marzo de 2019 en la parcela ID\_6 (oxígeno disuelto promedio= $6.6 \pm 3.4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), y otro en noviembre de 2022 en la parcela ID\_8 (oxígeno disuelto promedio= $14.5 \pm 10.9 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), sin mostrar diferencias significativas entre parcelas y etapas (Figura 55). Cabe destacar un incremento en esta variable registrada en el canal adyacente a las parcelas ID\_1, 6 y 11 en el muestreo de mayo de 2019 con respecto a los otros cinco, y la mayor concentración se observó en la parcela ID\_7 (oxígeno disuelto= $12.5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) en abril 2022. En este caso sí se observaron diferencias significativas tanto entre las parcelas como entre las seis fechas de muestreo (Figura 56).

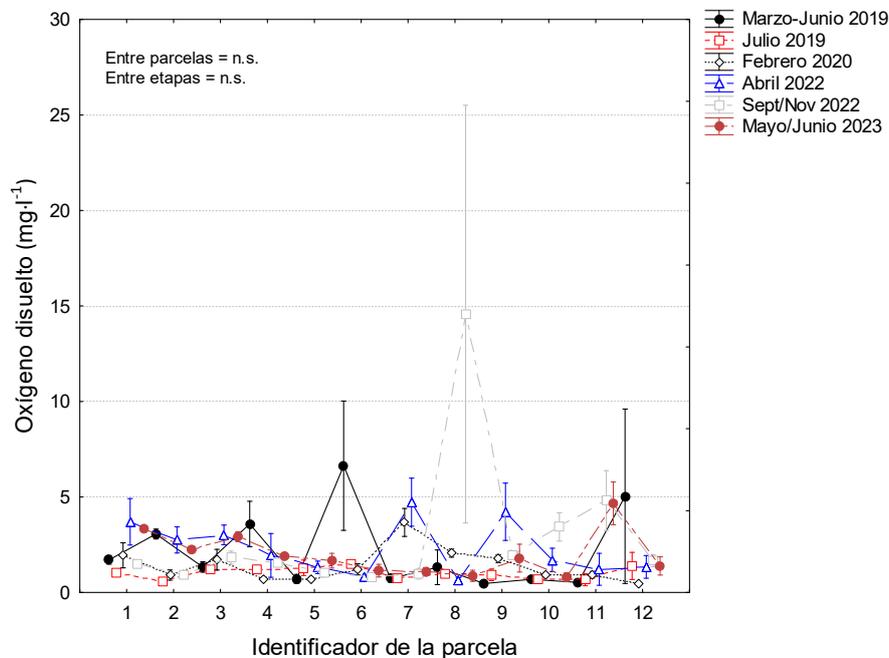


Figura 55. Oxígeno disuelto ( $\text{mg} \times \text{L}^{-1}$ ) del agua intersticial dentro de cada parcela. Los valores están expresados como media  $\pm$  error estándar. Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

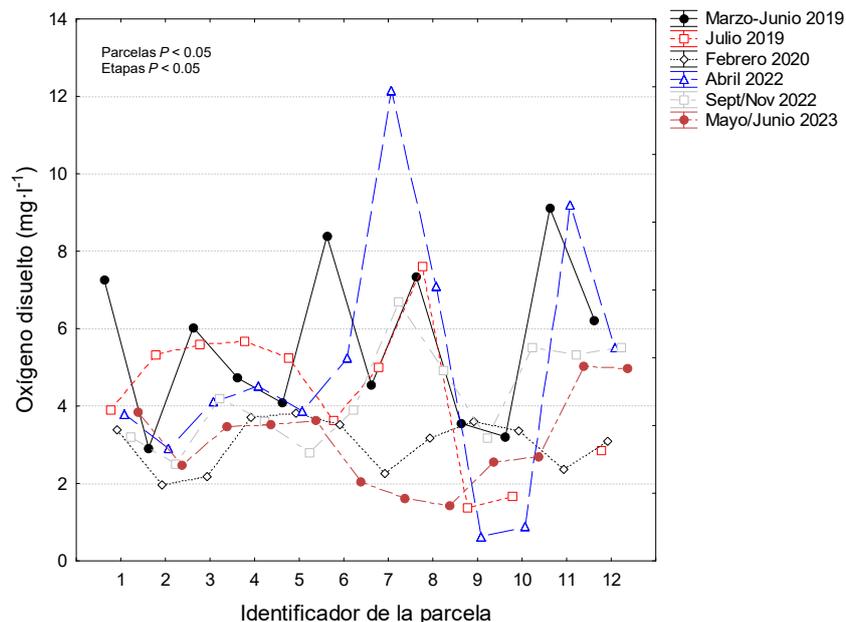


Figura 56. Oxígeno disuelto ( $\text{mg} \times \text{L}^{-1}$ ) del agua en el canal más próximo a cada parcela. Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

#### *Saturación de oxígeno disuelto (%)*

Se observaron diferencias significativas entre las seis fechas de muestreo, sin embargo no entre parcelas ( $P > 0.05$ ) para los valores intersticiales de esta variable, con dos valores máximos, el primero en la parcela ID\_6 (promedio= $101.5 \pm 54.9$ ) en mayo de 2019 ubicada en el área próxima al canal de Cuautla, y el segundo en la parcela ID\_11 (% de saturación de oxígeno disuelto promedio= $83.6 \pm 20.5$ ) en junio de 2023, ubicada en Unión de Corrientes (Figura 57). Los valores promedios en los canales adyacentes a las parcelas, en general tuvieron registros más bajos durante febrero 2020 y septiembre/noviembre de 2022, con valores puntuales mayores para marzo-junio de 2019 específicamente en las parcelas ID\_1, 3, 6, 8 y 11, registrándose el valor promedio máximo en la parcela ID\_6 promedio= $146.3$ ). Al igual que los valores intersticiales, se observó un valor alto en la parcela ID\_11 en el mes de junio de 2023 (% de saturación de oxígeno disuelto promedio= $103.6$ ) (Figura 58).

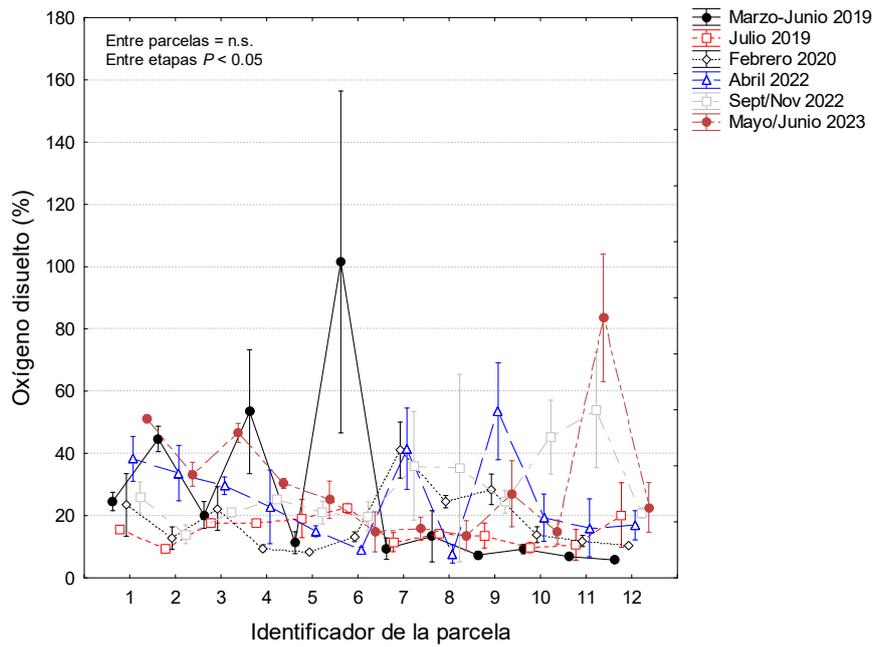


Figura 57. Oxígeno disuelto (%) en el agua intersticial dentro de cada parcela. Los valores están expresados como media  $\pm$  error estándar.  
 Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

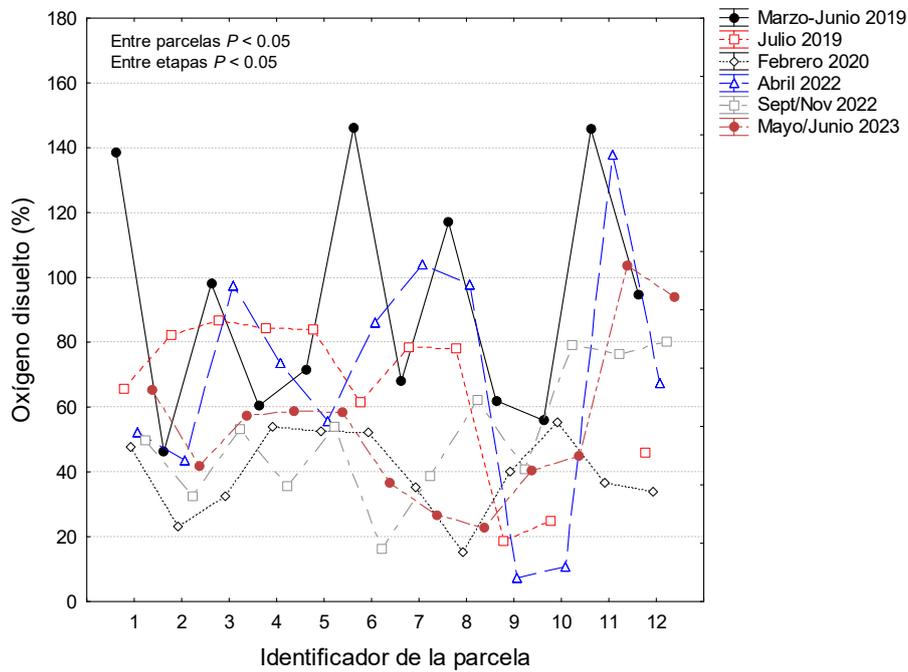


Figura 58. Oxígeno disuelto (%) del agua en el canal adyacente a cada parcela. Muestreo 1 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

## Dataloggers

Como se indicó en la sección de métodos, los sensores fueron programados para obtener registros cada hora, siendo recuperada la información en la campaña siguiente. Sin embargo, es importante mencionar que debido a la contingencia sanitaria SARS-CoV2 (COVID-19) transcurrieron dos años sin poder realizar trabajo de campo y por tanto, en 2022 se recuperaron los equipos con batería descargada sin que fuera posible recuperar los datos (los últimos datos fueron registrados en 2020). Asimismo, dos equipos fueron sustraídos (parcelas ID 2 y 12). Estos equipos brindan información de calidad para los programas de monitoreo de largo en ecosistemas terrestres y marinos en general, ya que permiten registrar datos de variables ambientales (*e.g.* temperatura, salinidad, nivel de agua) a diferente frecuencia de tiempo, según sea programado (Figura 59), permitiendo identificar variaciones en diferentes escalas de tiempo, así como aquellas asociadas a la ocurrencia de eventos naturales y a las actividades humanas.

Tabla 20. Detalle de los periodos de instalación y operación de dataloggers en cinco unidades de muestreo permanente en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit.

ID	Fecha inicio	Fecha final	Núm. de serie	Observaciones
2	21/06/2019	14/02/2020	10685295	Se descargó la batería
6	14/05/2019	12/07/2019	10543966	Fue sustraído del piezómetro
7	25/03/2019	11/02/2020	10685294	Se descargó la batería
9	16/05/2019	12/02/2020	10685179	Se descargó la batería
12	28/03/2019	11/07/2019	10543965	Fue sustraído del piezómetro

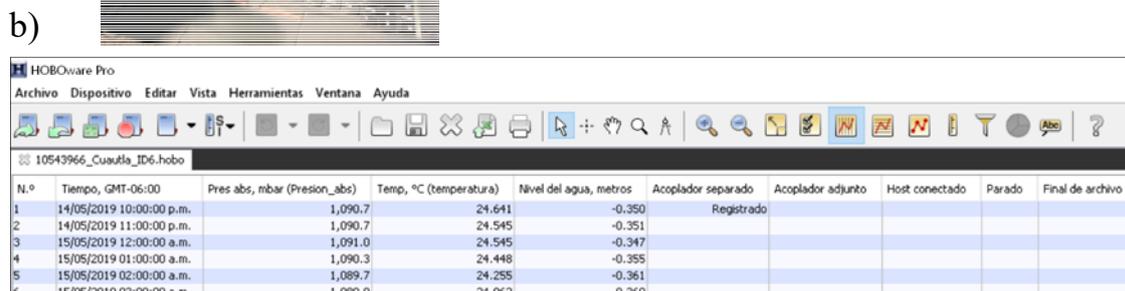
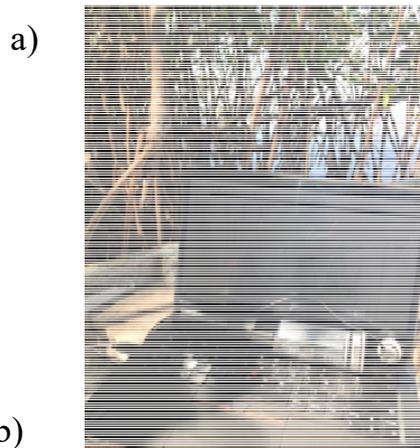


Figura 59. a) Descarga de datos de datalogger en campo y b) Detalle del software HOBOWare Pro.

En el caso de la temperatura intersticial, el promedio máximo se observó en la parcela ID\_9 en septiembre de 2019 (29.3°C), mientras que el menor se observó en la parcela ID\_7 en febrero de 2020 (Figura 60).

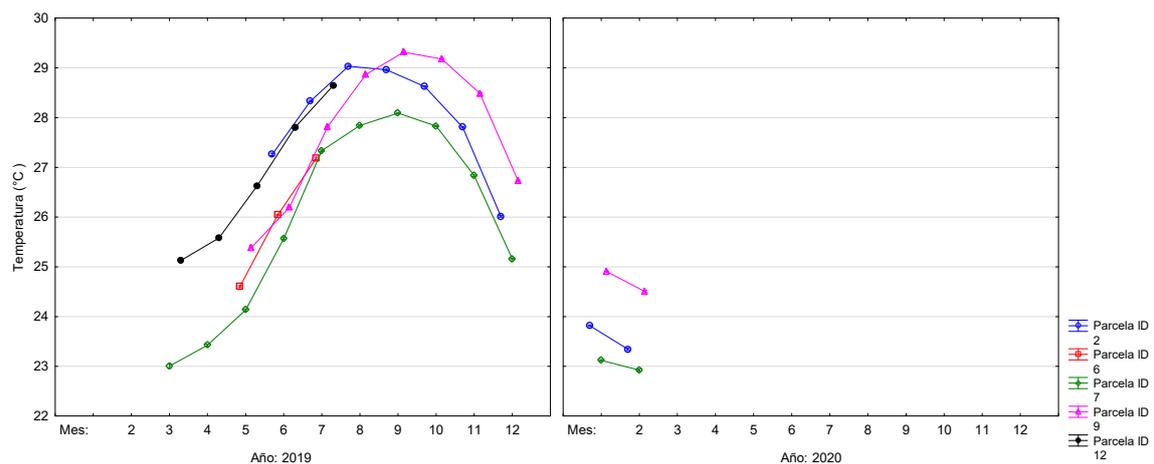


Figura 60. Temperatura (°C) del agua intersticial en cinco parcelas permanentes en Marismas Nacionales, Nayarit (2019-2020).

En el caso del nivel de agua, la parcela ID\_12 mostró el valor más superficial en julio de 2019 (-0.05 m), mientras que la parcela ID\_7 registró el nivel más profundo en abril del mismo año (-0.46 m) (Figura 61).

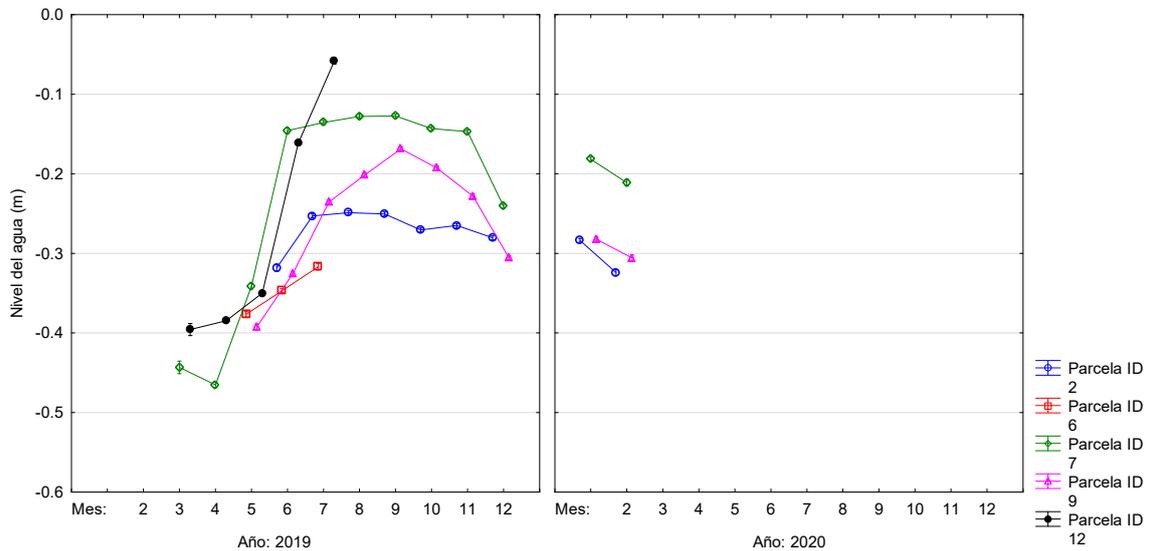


Figura 61. Nivel de agua intersticial (m) en cinco parcelas permanentes en Marismas Nacionales, Nayarit.

### Estación meteorológica

Se registró la temperatura ambiente, humedad y punto de evaporación en cada parcela, a través de una estación meteorológica portátil. Se compararon los valores obtenidos en los meses de marzo, mayo y junio de 2019, contra los obtenidos en julio de ese mismo año, los registrados en febrero de 2020, en abril y septiembre/noviembre de 2022, y finalmente los observados a finales de mayo e inicios de junio de 2023. Se observó un incremento en los valores de temperatura y punto de evaporación para todas las parcelas desde los primeros meses de muestreo hasta julio de 2019 cuando se efectuó el segundo registro, y una posterior disminución durante febrero de 2020; el valor máximo de temperatura entre todas las fechas se registró en la parcela ID\_5 (35.7°C) en junio de 2023. La humedad varió en los primeros muestreos, obteniendo el valor más alto la parcela ID\_9 en julio 2019 (79.6%). En los registros de abril 2022 se observó un aumento en los valores de las tres variables en la mayoría de las parcelas, esto atribuido a la estacionalidad, mientras que en el último muestreo (mayo/junio de 2023) el aumento más evidente se observó en los valores de temperatura (Tabla 21).

Tabla 21. Valores promedio de temperatura (°C), humedad (%) y punto de evaporación ambiental (%), para cada parcela tomados con la estación meteorológica portátil.

ID Parcela	Temperatura (°C)						Humedad (%)						Punto de evaporación (%)					
	Marzo-Junio 2019	Julio 2019	Febrero 2020	Abril 2022	Sept/Nov 2022	Mayo/Junio 2023	Marzo-Junio 2019	Julio 2019	Febrero 2020	Abril 2022	Sept/Nov 2022	Mayo/Junio 2023	Marzo-Junio 2019	Julio 2019	Febrero 2020	Abril 2022	Sept/Nov 2022	Mayo/Junio 2023
1	30.7	33.7	28	26.4	31.8	35.3	67.4	51	63.7	72.6	80.4	51.7	25.5	25.7	22.1	22.4	28.6	27.7
2	30.9	36	31.2	28.1	30.7	35.3	63.4	53.1	51.2	65.6	80.8	51.5	25.7	28	22.8	22.9	27.9	27
3	31.5	35.4	27.2	27.9	27.8	29.9	70.8	58.8	61.7	71.7	73.6	64.8	27	27.6	21.6	24.1	24.3	24
4	32.1	34.2	24.2	27.8	30.2	32.7	67	68.5	72.7	71.7	74.6	60.1	26.8	30.1	20.5	23.7	27.2	26.3
5	*	31.6	25.7	28.4	31.9	35.7	*	67.4	61.7	62.5	80.7	57.1	*	26.3	20.4	22.8	29	29.1
6	28	33.7	25.3	26.6	28.9	29.9	67.7	57.1	68.3	72.8	59.8	68.9	23.1	26.4	20.5	22.7	22.7	25.8
7	28.5	33	26.7	*	29.9	30.8	63.8	69.3	70	*	69.1	64.9	23.1	28.1	22.6	*	24	25.4
8	27.5	32.5	27	28	29.3	31.3	70.8	72.5	68	64	58.1	67.3	22.3	28	22.6	22.6	23.7	26.5
9	29.4	33.4	26.2	33.3	31.5	32.4	65.4	79.6	60.4	50.1	61.8	60.8	24.1	30.5	20.3	22.6	24.8	26.6
10	30.8	33.7	28.3	33.6	30.4	33.6	61.5	68.5	54.2	54	60	54.3	25	28.9	21.3	25.4	24	27.6
11	*	33.8	25	31.9	28.8	33.7	*	63.6	59.6	51.3	66.6	56.1	*	27.9	19.6	23.7	24	27.2
12	30.4	34.5	24.3	30.4	*	31.6	49	59.1	61.2	50.8	*	62.6	21.6	27.4	19.1	23.1	*	25.1

Marzo-Junio 2019 = Parcelas ID\_7, 8, 11, 12 (marzo 2019); Parcelas ID\_5, 6, 9, 10 (mayo 2019); Parcelas ID\_1, 2, 3, 4 (junio 2019).

\* Estos valores no pudieron ser registrados.

### Percepción remota

Como se indicó en la sección de materiales y métodos, se caracterizó la variabilidad interanual de la temperatura superficial del mar a partir del análisis de imágenes satelitales mensuales (2000-2022) derivadas de múltiples sensores remotos con 1 km de resolución de píxel (sensores MODIS-Terra, MODIS-Aqua, VIIRS). Se calcularon series de tiempo mensuales de temperatura superficial del mar y anomalías correspondientes para tres áreas ubicadas en la plataforma continental frente a Marismas Nacionales, siendo actualizadas hasta diciembre de 2022 (Figura 62): 1: Canal de Cuautla, 2: Isla Isabel, 3: Boca de Camichín. A partir de 2011, se observó una dominancia de condiciones cálidas (anomalías positivas), alcanzando la mayor magnitud en 2015-2016, resultado que podría ser explicado por evento El Niño extremo registrado en ese periodo, exceptuando los inviernos de 2020 y 2022 donde se presentaron anomalías negativas notables (-2° C).

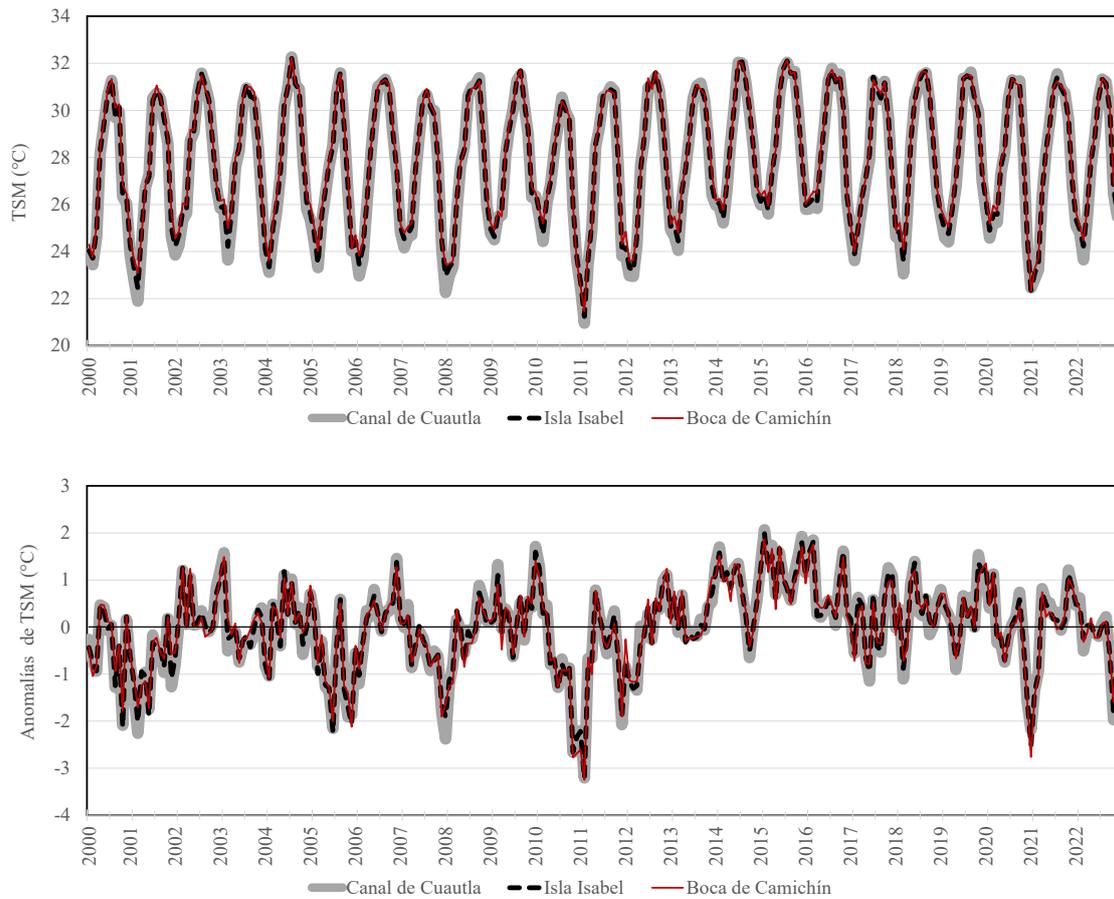


Figura 62. Series de tiempo mensuales de temperatura superficial del mar (panel superior) y anomalías correspondientes (panel inferior).

### *Acreción / Subsistencia*

El análisis de acreción/subsistencia indicó una acumulación de sedimentos en 11 de las 12 parcelas. El mayor promedio mensual se registró en la parcela ID\_12 con un valor de  $10 \text{ mm} \cdot \text{mes}^{-1}$ , el resto se mantuvo entre  $1.15 \text{ mm} \cdot \text{mes}^{-1}$  (parcelas ID\_1 y 3) y  $8 \text{ mm} \cdot \text{mes}^{-1}$  (parcela ID\_6). En la parcela ID\_5 se observó pérdida de suelo en el promedio mensual ( $-2.11 \text{ mm} \cdot \text{mes}^{-1}$ ) (Figura 63). El tiempo transcurrido para los cálculos fue de 9 meses (de septiembre de 2022 a junio de 2023) en el caso de las parcelas ID\_1, 2, 4 y 5, de 6 (de noviembre de 2022 a mayo de 2023) y de 7 meses (de noviembre de 2022 a junio de 2023) para el resto de las parcelas.

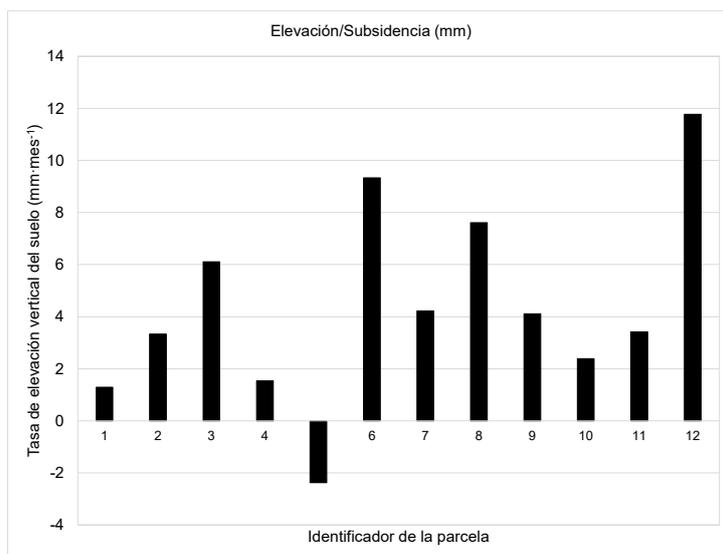


Figura 63. Tasa de acreción / subsidencia del suelo para las 12 parcelas analizadas en el complejo lagunar Marismas Nacionales, durante 9 meses (septiembre de 2022 a junio de 2023 para las parcelas ID\_1, 2, 4 y 5), de 6 meses (noviembre de 2022 a mayo de 2023 para las parcelas ID\_7 y 8), y de 7 meses (noviembre de 2022 a junio de 2023) para el resto de las parcelas.

### *Dinámica costera*

En el muestreo realizado en abril de 2022, se observaron cambios en la configuración costera de Boca de Camichín, ya que la barra localizada frente al pueblo sufrió pérdida de área.

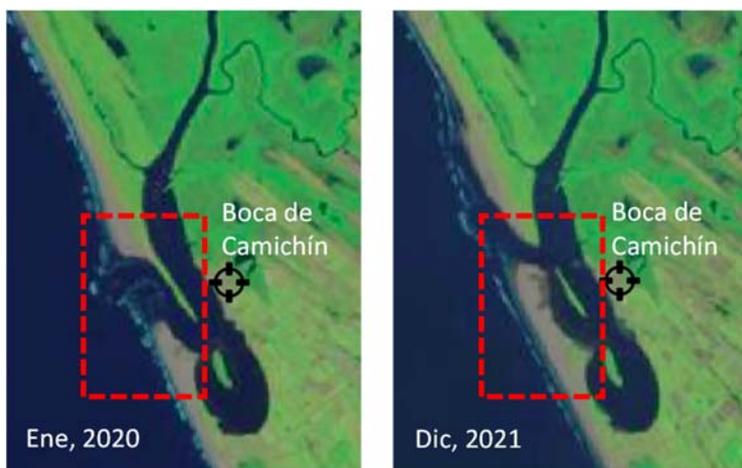


Fig. 64. Boca de Camichín (⊕). Comparación de cambios en el frente costero en dos imágenes correspondientes a 2020 y 2021. Fuente: <https://glovis.usgs.gov/>.

## DIMENSIONES HUMANAS

Las comunidades humanas establecidas en la zona costera se han asociado históricamente a los manglares debido a los diversos servicios ecosistémicos que proveen, los cuales pueden definirse como bienes tangibles e intangibles, creados por características ecológicas que están ligadas a un valor social, los cuales tienen además un rol importante en la adaptación, resiliencia y mitigación de cambios. Sin embargo, también se destacan diversos impactos -directos e indirectos- a esta vegetación, originados por actividades humanas (*e.g.* deforestación, contaminación y otros factores de disturbio asociados a éstas) -además de las derivadas de la variabilidad climática-, por lo que ha surgido la necesidad de incorporar el componente social en los estudios realizados en manglares. La Convención Ramsar sobre los humedales enfatiza su uso eficiente, conservando el carácter ecológico y manejando el valor socio-económico que proveen para los diferentes usuarios (Joshi *et al.*, 2021).

El término “dimensiones humanas” ha sido utilizado para referirse a la valoración que los humanos dan a los recursos naturales, cómo los manejan y cómo los afectan (o cómo los humanos son afectados por decisiones de manejo de los recursos naturales). Rechkemmer y L. von Falkenhayn (2009) destacan que los estudios sobre dimensiones humanas tienen como objetivo poner a la sociedad en el centro del debate ambiental global, considerando los problemas globales actuales como sociales y que representan un desafío, siendo entonces un campo emergente que se ha vuelto más interdisciplinario y aplicado en contextos y problemáticas ambientales (Bennett *et al.*, 2017). Factores sociales, económicos y culturales pueden influir en cómo los individuos y comunidades sobreexplotan sus recursos o cómo cooperan para conservarlos (Cinner y David, 2011). Así, utilizar información social en el manejo de recursos coadyuva también en su conservación, al caracterizar a los usuarios de aquellos en el área de estudio, cómo los utilizan, cuáles son las características sociales y económicas de la región que rodea al sitio estudiado, cuáles son los conflictos entre los diferentes usuarios, cuál es la valoración del ambiente y recursos, entre otros (Bright *et al.*, 2003).

Las dimensiones humanas de los manglares de la RBMNN fueron caracterizadas a partir de indicadores sociales de las comunidades cercanas a la reserva, y se investigó la percepción de los habitantes locales sobre los servicios ecosistémicos de los manglares de la reserva.

La Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit se encuentra dentro de los municipios de Acaponeta, Rosamorada, Santiago Ixcuintla, Tecuala y Tuxpan (Figura 65), con un registro de 37232, 33567, 93981, 37135 y 30064 habitantes, respectivamente, según el Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020)<sup>1</sup>, los cuales pueden ser clasificados como urbano-medio, rural, rural, urbano-medio, respectivamente<sup>2</sup> (INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010).

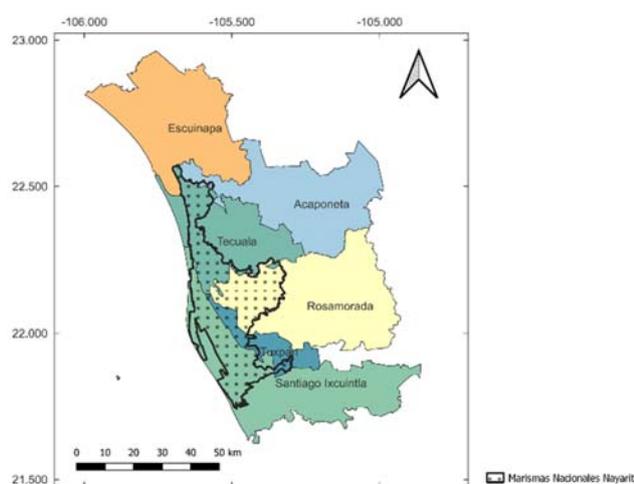


Figura 65. Municipios que forman parte de la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit. Como referencia comparativa, se muestra el municipio de Escuinapa, Sinaloa. Datum: WGS 1984. Sistema de referencia: coordenadas geográficas.

*Cartografía consultada: CONABIO. 2015. Clasificación del municipio según tamaño de localidades.*

*Fecha de consulta: 01 de agosto de 2023.*

[http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/pobla/indsol/clasmun10gw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/pobla/indsol/clasmun10gw)

A continuación, se describen diferentes indicadores sociales a nivel municipal o por localidad según correspondió a la cartografía consultada. En cada caso se incluyó al municipio de Escuinapa, Sinaloa, ya que si bien no forma parte del polígono de la RBMNN, diferentes actividades humanas podrían incidir en el estado de conservación de la reserva, por lo que su comparación con respecto a indicadores sociales de la RBMNN tiene relevancia.

<sup>1</sup> INEGI. Panorama Sociodemográfico de Nayarit. Censo de Población y Vivienda 2020.

<sup>2</sup> 1. Rural: más del 50% de la población vive en localidades con menos de 2500 habitantes. 2. Semiurbano: más del 50% de la población radica en localidades entre 2500 y menos de 15 mil habitantes. 3. Urbano Medio: más del 50% de la población vive en localidades entre 15 mil y menos de 100 mil habitantes. 4. Urbano Grande: más del 50% de la población reside en localidades entre 100 mil y menos de un millón de habitantes. 5. Metropolitano: más del 50% de la población reside en localidades de más de un millón de habitantes. 6. Mixto: La población se distribuye en las categorías anteriores sin que sus localidades concentren un porcentaje de población mayor o igual al 50%.

## Alfabetismo

El nivel de educación puede incidir de manera importante en temas de conservación. En el caso de la RBMNN, el porcentaje de analfabetismo por municipio es menor al 10% según datos de los Censos de Población y Vivienda 2010 y 2020, donde el mayor valor fue observado en Rosamorada (9.4% y 6.9%, respectivamente), donde se registró una disminución de 1.6 a 2.8 puntos porcentuales en este indicador en el periodo mencionado. Tabla 22.

Tabla 22. Analfabetismo en los municipios comprendidos en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit. Se muestra el municipio adyacente de Escuinapa, Sinaloa para fines comparativos.

Municipio	Analfabetas (%) 2010	Analfabetas (%) 2020
Escuinapa	5.7	5.7
Acaponeta	8.0	5.2
Tecuala	8.1	5.3
Rosamorada	9.4	6.9
Santiago Ixcuintla	7.6	5.6
Tuxpan	6.4	4.8

Fuentes consultadas: CONABIO (2012). *Alfabetismo en México por municipio, 2010*. Fecha de consulta: 01 de agosto de 2023.

[http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/pobla/asgral/alfmun10gw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/pobla/asgral/alfmun10gw)

Panorama sociodemográfico de México. INEGI. Último acceso: 10 de noviembre de 2023.

<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/tableros/panorama/>

INEGI. *Panorama Sociodemográfico de Nayarit. Censo de Población y Vivienda 2020*.

## Índice de desarrollo humano

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) tiene como objetivo medir el conjunto de capacidades y libertades que tienen los individuos para tener una calidad de vida aceptable, considerando: 1) la posibilidad de contar con una vida larga y saludable; 2) la capacidad de adquirir conocimientos; 3) la oportunidad de tener recursos que permitan un nivel de vida digno (CONABIO, 2014). De esta manera, los valores del IDH oscilan entre 0 y 1, siendo considerados alto (IDH>0.8), medio (0.5-0.79) y bajo (IDH<0.5). En la RBMM, el IDH a nivel municipal correspondió en general a una condición media (Figura 66).

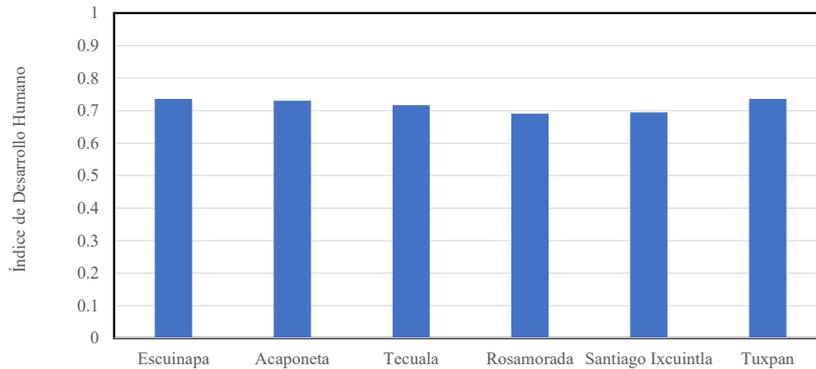


Figura 66. Índice de Desarrollo Humano a nivel municipal en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit. Se muestra el municipio adyacente de Escuinapa, Sinaloa para fines comparativos.

Fuente consultada: CONABIO. 2014. *Índice de desarrollo humano por municipio, 2010*. Fecha de consulta: 01 de agosto de 2023. [http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/pobla/indsol/idhmun10gw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/pobla/indsol/idhmun10gw)

### *Índice de rezago social (IRS)*

El IRS nace de la necesidad de cumplir con los propósitos establecidos por la Ley General de Desarrollo Social (LGDS), de desarrollar indicadores de medición de la pobreza más allá de considerar solamente el ingreso como única variable. Este índice se calcula aplicando un análisis de componentes principales a indicadores como el rezago educativo, acceso a servicios de salud, servicios básicos, de calidad y espacios en la vivienda, así como activos en el hogar (CONABIO,2014). De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), el IRS coadyuva con la generación de información que puede incidir en la toma de decisiones en materia de política social, especialmente para analizar la desigualdad de coberturas sociales que subsisten en el país<sup>3</sup>. A nivel localidad, este indicador en la RBMNN fluctuó principalmente en categoría baja a muy baja (Figura 67).

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social.

Fuente: [https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice\\_Rezago\\_Social\\_2020.aspx](https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice_Rezago_Social_2020.aspx); último acceso: 21 de noviembre de 2023.

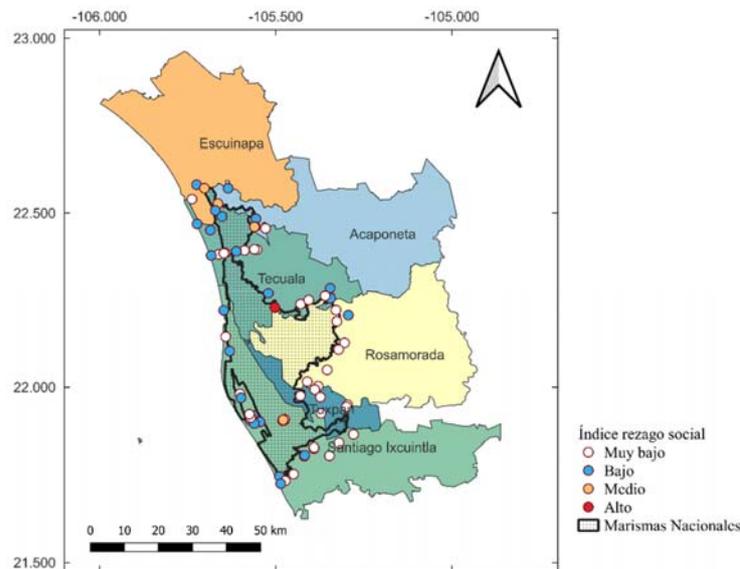


Figura 67. Grado de rezago social por localidades que se encuentran en la zona de influencia de la RBMNN. Datum: WGS 1984. Sistema de referencia: coordenadas geográficas.

Fuente consultada: CONABIO. 2014. *Grado de rezago social por localidad, 2010*. Fecha de consulta: 01 de agosto de 2023.

[http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/pobla/indsol/pexmun10gw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/pobla/indsol/pexmun10gw)

### *Índice de vulnerabilidad social asociado a desastres*

El concepto de vulnerabilidad se refiere a qué tan propensos se encuentran ciertos elementos, como los seres humanos, sus sustentos y bienes a sufrir efectos adversos cuando son impactados por eventos peligrosos (Cardona *et al.*, 2012). En este caso, es un indicador a nivel municipal sobre la susceptibilidad a sufrir desastres ante el impacto de diferentes tipos de eventos y considerando las condiciones socioeconómicas. En el caso de la RBMNN, el nivel de vulnerabilidad en general fue bajo, y solo en el caso del municipio de Tecuala se categorizó como medio<sup>4</sup>.

### *Carencia por acceso a la alimentación*

Considerar problemas económicos, culturales y de seguridad alimentaria pueden ayudar a identificar mecanismos para garantizar que los recursos se encuentren disponibles

<sup>4</sup> Fuente consultada: CENAPRED. 2011. *Grado de vulnerabilidad social por municipio, 2010*. Fecha de consulta: 01 de agosto de 2023.

[http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/pobla/indsol/gvul10mungw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/pobla/indsol/gvul10mungw)

para generaciones futuras (Christie *et al.*, 2017). De acuerdo con CONEVAL<sup>5</sup>, este índice se refiere a aquellas personas o sector de la población que por alguna situación ven disminuido su derecho a una alimentación nutritiva y de calidad o que contengan los nutrientes necesarios.

En términos de seguridad alimentaria y medición de pobreza, se considera relevante identificar la carencia por acceso a la alimentación (leve, moderada, severa). En el caso de Marismas Nacionales, los porcentajes a nivel municipal variaron entre 21% (Tuxpan) y 34% (Rosamorada) (Figura 68).

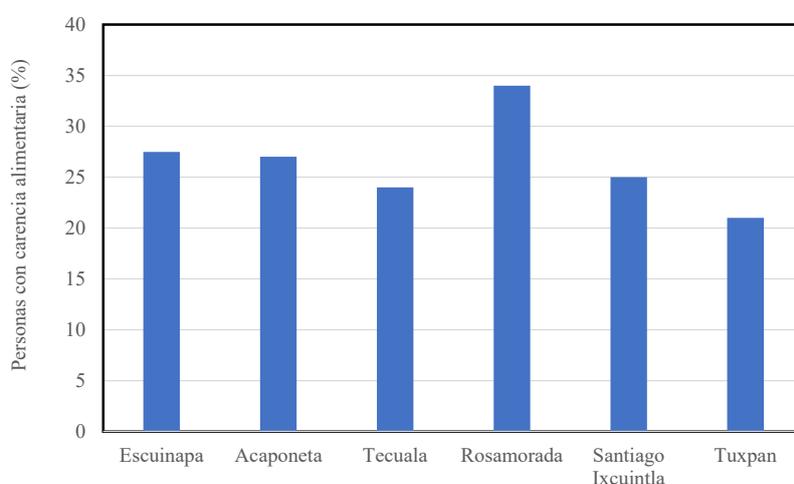


Figura 68. Porcentaje de personas con carencia alimentaria a nivel municipal en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit. Se muestra el municipio adyacente de Escuinapa, Sinaloa, para fines comparativos.

Fuente consultada: CONABIO (2014). *Población con carencia por acceso a la alimentación por municipio, 2010*. Fecha de consulta: 01 de agosto de 2023.

[http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/pobla/indsol/acalim10gw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/pobla/indsol/acalim10gw)

### Grado de marginación

El Índice de Marginación se utiliza para identificar el grado de desigualdad social y económica de las localidades a nivel nacional, como resultado de la falta de acceso a la educación, residencia digna y carencia de bienes (CONABIO, 2012). La figura 69 muestra el grado de marginación (bajo, medio, alto, muy alto) para 65 localidades ubicadas dentro o

<sup>5</sup> CONEVAL, <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Medici%C3%B3n/Indicadores-de-carencia-social.aspx>; fecha de última consulta: 21 de noviembre de 2023).

en el margen del polígono correspondiente a la RBMM. En su mayoría, el grado de marginación de esas localidades fue determinado de medio a alto.

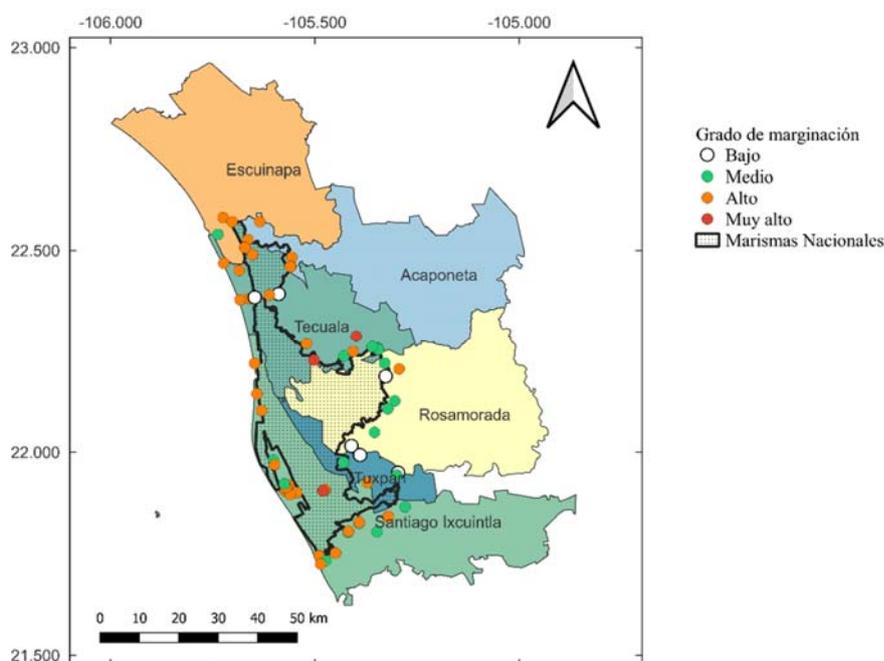


Figura 69. Grado de marginación de localidades ubicadas en la zona de influencia de la RBMM. Datum: WGS 1984. Sistema de referencia: coordenadas geográficas.

Fuente consultada: CONABIO. 2012. *Grados de marginación a nivel localidad, 2010*. Fecha de consulta: 01 de agosto de 2023.

[http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/pobla/asgral/marloc10gw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/pobla/asgral/marloc10gw)

### *Pobreza extrema*

Con referencia a la población en condición de extrema pobreza a nivel municipal, se observó que Acaponeta y Tecuala registraron los porcentajes más altos, con 12.1 y 10.9% respectivamente, mientras que en el caso del resto de los municipios fue menor al 10%, siendo Tuxpan el municipio con el menor porcentaje (7%)<sup>6</sup>.

### *Percepción social de los servicios ecosistémicos*

Uno de los ejes importantes en los estudios de las dimensiones humanas es el relacionado con los servicios ecosistémicos, los cuales son los beneficios que los seres

<sup>6</sup> Fuente consultada: CONABIO. 2014. *Población en condición de pobreza extrema por municipio, 2010*. Fecha de consulta: 01 de agosto de 2023.

[http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/pobla/indsol/pexmun10gw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/pobla/indsol/pexmun10gw)

humanos obtienen de los ecosistemas, tangibles e intangibles. De acuerdo con FAO (2008), pueden clasificarse como servicios de:

*Provisión:* se refiere a los productos obtenidos de los ecosistemas, entre los que se incluyen los alimentos, recursos genéticos, compuestos farmacéuticos, agua.

*Soporte:* son los beneficios que son necesarios para la producción del resto de los servicios ecosistémicos, tales como la fotosíntesis, formación de suelos, el ciclo de nutrientes y del agua.

*Regulación:* estos servicios incluyen la calidad del aire, clima, erosión, controles biológicos y protección ante eventos naturales como los huracanes.

*Culturales:* son los beneficios no materiales que la humanidad obtiene de los ecosistemas, tales como actividades recreativas, experiencias estéticas, valores culturales, laboratorios naturales para investigación, ecoturismo

La percepción social de los servicios ecosistémicos de los manglares de la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit fue analizada a partir de 51 encuestas considerando ambos sexos (hombres 54.9%, mujeres 45.1%) y aplicadas en diferentes localidades de la reserva (Boca de Camichín, Cuacoyolt, Francisco Villa, Tecuala, La Puntilla, Novillero, Pajaritos, Pericos, San Felipe Orizatlán, Teacapán, en este último caso si bien pertenece a Sinaloa, se consideraron ya que los encuestados realizan actividades en la reserva). La edad de los encuestados se encontró entre 18 y 60 años. El mayor porcentaje obtenido en el grado de escolaridad fue de secundaria (27.5 %), seguido por los grados de preparatoria (25.5%), universidad (25.5 %) y posgrado (7.8%). Entre ellos, el 39.2 % desarrolla un trabajo que se relaciona con las comunidades de manglar, con un ingreso mensual máximo de \$5,000 M.N. (54.3%). Del total de personas encuestadas, solo el 7.8 % contestó que no conocían los manglares y entre las que contestaron que sí, la especie de mangle rojo (*R. mangle*) fue la más conocida, seguida del mangle blanco (*L. racemosa*) y el negro (*A. germinans*).

Una de las preguntas abiertas de la encuesta fue sobre la importancia que tienen los manglares, donde las respuestas más frecuentes mencionaron que albergan una gran biodiversidad, reconociéndolas como zonas de crianza y reproducción, producción de oxígeno, su función como barrera natural contra huracanes, servicios ecosistémicos y económicos, y finalmente su función filtradora y apoyo contra el calentamiento global. Solo el 12.8 % indicó no contar con conocimiento sobre su importancia.

#### *Servicios de provisión*

Los servicios de provisión de los manglares son los bienes tangibles, tales como el alimento, los compuestos potencialmente útiles para la industria farmacéutica, su función como reservorios de especies locales y migratorias, entre otros. Con referencia al uso del manglar por los pobladores locales, en general fue de tipo económico y de subsistencia,

refiriéndose principalmente a la pesca, seguido de su utilización como leña y para construcción. El 9.8% reconoció algunos usos medicinales y el mismo porcentaje respondió que eran zonas de depósito de basura. El 86% de los encuestados reconoció consumir alimentos que provienen de los manglares y mencionaron que los recursos pesqueros más utilizados en primer lugar son los peces, seguido de los camarones, ostiones y jaibas. En cuanto al uso medicinal, mencionaron algunos “remedios caseros” hechos con raíces, hojas y corteza de mangle rojo. Se reportó el uso de raíces en infusión para mejorar la circulación de la sangre, controlar diabetes, cáncer y anemia, mascar hojas para el dolor de muelas, corteza en infusión para molestias en riñones, raíces en infusión para problemas digestivos y otros remedios para las manchas en la piel y vitiligo.

#### *Servicios de soporte*

Entre los servicios de soporte que aportan los manglares se encuentra la fotosíntesis, la formación de suelo, la producción primaria, el ciclo de nutrientes y el ciclo del agua. El 100% de los encuestados reconoció su relevancia en la producción de oxígeno.

#### *Servicios de regulación*

Son los beneficios que proveen los manglares para regular el ambiente, tales como el almacenamiento de carbono, protección costera, prevención de la erosión, purificación del agua, la polinización. El 88.2% de los encuestados reconoció la función filtradora de los manglares, así como su rol fundamental de protección ante eventos naturales como los huracanes (98%), así como ante el calentamiento global (98%).

#### *Servicios culturales*

Estos servicios se refieren a los beneficios no materiales asociados a la belleza, la recreación, la cultura. Para el uso recreativo, el 58.8 % mencionó que había realizado alguna actividad en los manglares. Entre las actividades que se efectúan, se mencionó el avistamiento de aves y cocodrilos, pesca, limpieza de playas, reforestación y paseos en lancha. Se les cuestionó sobre si deseaban la implementación de más actividades de este tipo en la reserva y solo el 17.6 % respondió de manera negativa. Con respecto a la valoración espiritual y mental, el 88.2 % indicó que los manglares proporcionaban un sentimiento de felicidad y el 5.9 % mencionó que les causaba tristeza, ya que existían zonas que habían sido muy afectadas y el otro 5.9 % no les causaba ninguna emoción. Asimismo, la mayoría (98%) reportó que observar los manglares les proporcionaba relajación. Sobre la valoración estética, se preguntó de manera abierta sobre su conocimiento referente a la representación de los manglares en obras artísticas, respondiendo principalmente en pinturas, documentales, novelas, películas, imágenes, fotos, murales, esculturas y billetes. Por otra parte, solo el 19.6

% de los encuestados respondió que realiza tradiciones o costumbres en los manglares, identificándose el uso recreativo y la observación de aves migratorias.

### *Reconocimiento de factores de perturbación*

El 90.2 % de los encuestados respondió que sí tenía la responsabilidad de proteger a las comunidades de manglar, al ser residentes de municipios que forman parte de la reserva. Otra de las preguntas realizadas se refirió al conocimiento de enfermedades que afectan a esta vegetación, obteniendo que el 27.5 % respondió positivamente, indicando plagas (insectos), estrés por cambios de salinidad y competencia por introducción de plantas invasoras como enredaderas. Otra de las preguntas se dirigió a su conocimiento sobre las abejas, el 70.6 % respondió que su abundancia ha disminuido y el 11.8 % no había notado alguna diferencia.

Finalmente, la perspectiva de los encuestados sobre la cobertura de manglar en los últimos años, el 80.4 % indicó ha disminuido y el 7.8 % de las personas expresó que han observado un aumento en estas poblaciones. Especificaron que las causas más frecuentes de disminución son la tala, huracanes y la contaminación (en orden descendente) y en menor grado el crecimiento poblacional y calentamiento global. También se interrogó sobre la distinción de cambios en estas zonas, mencionando el aumento en el nivel del mar, en la salinidad del agua, contaminación, sequía, temperatura ambiente y erosión, así como disminución en la biodiversidad y recursos pesqueros.

## **CONCLUSIONES**

Los resultados de estructura forestal mostraron diferencias importantes entre las 12 parcelas analizadas en las dos etapas de estudio (2019 y 2022). Con diferencias significativas estadísticamente entre parcelas y entre etapas, el valor promedio más bajo de D130 se registró en la primera etapa en la parcela ID\_12 (D130 promedio = 3.14 cm), mientras que el más bajo de altura se observó en la segunda etapa en la parcela ID\_11 (altura promedio = 2.3 m). Las características estructurales de estas dos parcelas las ubica como las más vulnerables a eventos climáticos o actividades humanas. El número de individuos registrados fueron bajos para las dos en ambas etapas, *i.e.* 26 en la parcela ID\_11 y 34 en la ID\_12 dentro de la parcela 20×20 en 2019, equivalente a una densidad de 650 y 850 ind·ha<sup>-1</sup>, respectivamente, dos de las cuatro más bajas, mientras que en 2022 sólo se observaron 22 individuos en la parcela ID\_11 con una densidad de 250 ind·ha<sup>-1</sup> de *L. racemosa*, 275 ind·ha<sup>-1</sup> de *A. germinans* y 50 ind·ha<sup>-1</sup> sin identificar; en la parcela ID\_12 no fue posible determinar su estructura forestal al estar cubierta en su totalidad por *C. verticillata*. En estos dos sitios, cercanos uno del otro y pertenecientes al área de Agua Brava, se observó la presencia de la enredadera *C. verticillata*,

conocida comúnmente como tripa de zopilote, considerada especie invasora para el manglar; en el muestreo de abril de 2022 ambas parcelas se encontraron cubiertas en su totalidad por esta especie. Particularmente esta zona ha presentado cambios en su hidrodinámica, debido a la construcción de una carretera hace algunas décadas. Esta fragmentación de la zona, aunada a la invasión de la enredadera, podría explicar el elevado número de individuos muertos, el más alto entre las 12 parcelas, todos invadidos *C. verticillata*. La afectación de estas dos parcelas también se ve reflejada en sus valores de productividad (hojarasca) que fueron los más bajos de todos los sitios durante febrero de 2020. En el caso de los muestreos de abril y septiembre/noviembre de 2022, así como de mayo/junio de 2023, no fue posible recuperar ninguna canasta.

La causa más común de mortalidad fue por eventos naturales y en menor proporción por tala. La especie más afectada fue *L. racemosa*, con 113 mangles muertos en las 12 parcelas durante la primera etapa, de los cuales 85 fueron por causas naturales y el resto por tala. En la segunda etapa, esta misma especie persistió como la más vulnerable con 88 individuos muertos entre las 12 parcelas.

La presencia de las tres principales especies de mangle varió entre las parcelas, observándose *L. racemosa* y *R. mangle* en las parcelas ID\_1-6, ubicadas en la región de Agua Brava y en la apertura del Canal de Cuautla. Las parcelas ID\_7 y 8 (ubicadas en la Boca de Camichín) y la 9 (cercana al Canal de Cuautla) son las únicas que presentaron las tres especies (*L. racemosa*, *R. mangle* y *A. germinans*). La parcela ID\_10 presentó bosque monoespecífico de *A. germinans* durante la primera etapa, sin embargo, en la segunda fueron observados 12 individuos de *L. racemosa* dentro de la parcela, cambiando sus características estructurales.

El repoblamiento en general fue bajo y se observó sólo en 7 de las 12 parcelas en la primera etapa, siendo nulo en las parcelas ID\_5, 6, 10, 11 y 12. En la segunda etapa sólo se observaron plántulas en las parcelas ID\_2, 4 y 9.

En cuanto al análisis de las variables ambientales dentro de las parcelas, destacan los valores elevados de salinidad del agua en las parcelas ID\_10 (para todos los muestreos excepto en septiembre/noviembre de 2022), 11 y 12 (para las dos primeras fechas), que coincide con los valores más altos de sólidos disueltos que presentaron un incremento en las últimas tres parcelas (ID\_10-12) en julio de 2019. En septiembre/noviembre 2022 los valores de salinidad fueron bajos para las primeras cuatro parcelas, aumentando principalmente en la parcela ID\_12. La temperatura intersticial del agua fue mayor durante julio 2019 en todas las parcelas, excepto en ID\_1 y 5, y en mayo/junio de 2023 principalmente en la parcela ID\_11 cuyo valor (32.5°C) fue el segundo más alto en todos los sitios y periodos de muestreo; los valores promedio más bajos para este mismo parámetro se registraron en los muestreos de febrero de 2020, abril de 2022 y sep/nov de 2022. En los canales adyacentes a las parcelas, cabe destacar los valores de salinidad del agua, que presentaron una disminución en las parcelas ID\_10-12 en todos los muestreos excepto en julio de 2019 y el valor más alto se

registró en la parcela ID\_11 durante junio de 2023 con un valor promedio de salinidad de 64.5 ups. En septiembre/noviembre de 2022 todos los valores se mantuvieron como los más bajos excepto en las parcelas ID\_5 y 6.

En los resultados del análisis de sedimentos, se pudo observar una mayor cantidad de carbono en el estrato a una profundidad de 50-100 cm en todas las parcelas analizadas y una menor cantidad a la menor profundidad (0-15 cm). Con referencia a la acreción/subsidencia, en todas las parcelas se registró una ganancia en la acumulación de sedimentos, con una tasa entre  $\sim 0.5$  a  $3.7 \text{ mm}\cdot\text{mes}^{-1}$ .

De acuerdo a la productividad total derivada del análisis de hojarasca, en las primeras etapas se observó una disminución de julio de 2019 a febrero de 2020 en todas las parcelas excepto la ID\_9, con baja productividad en las parcelas ID\_11 e ID\_12, donde en febrero (2020) se registró mayor densidad de *C. verticillata* e incluso su presencia dentro de las canastas; y de febrero 2020 a abril 2022, la productividad disminuyó en todas las parcelas excepto en la ID\_6. En abril de 2022, en la parcela ID\_10 no se registró productividad porque no se encontraron las canastas (las cuales fueron repuestas), y en el caso de las parcelas ID\_11 y 12, se encontró cubierta en su totalidad por la tripa de zopilote por lo que tampoco fue posible realizar este análisis. En los muestreos realizados en septiembre y noviembre de 2022 se observó un notorio aumento en la productividad de las parcelas ID\_1-10, producto de la afectación del huracán Roslyn. En las parcelas ID\_11 y 12 no se pudieron recuperar canastas, al estar invadidas por la enredadera *C. verticillata*, es por esto que no se tienen registros de productividad desde esa fecha. En el muestreo realizado entre el 31 de mayo el 03 de junio de 2023, aumentó la productividad en sólo 3 parcelas de las 10 (considerando que en las parcelas ID\_11 y 12 no se registró).

A excepción de la afectación de las parcelas ya mencionadas, en general en la primera etapa de análisis estructural se observó buena condición de salud en las comunidades de manglar analizadas en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, con escasa o nula contaminación, salvo en la parcela ID\_8 donde se registraron contaminantes tipo PET. En la quinta etapa se vieron afectaciones por el huracán Roslyn en la gran mayoría de las parcelas, y muy baja densidad en la parcela ID\_11, así como la imposibilidad de determinar la estructura forestal en la parcela ID\_12 debido a la invasión completa de los mangles por *C. verticillata*.

Con referencia a las dimensiones humanas, Barrett *et al.* (2011) discutieron que la persistencia de condiciones de extrema pobreza se encuentran muy relacionadas con la pérdida rápida de biodiversidad. De acuerdo con López-Medellín *et al.* (2011) condiciones de marginación y una percepción social pobre con respecto a la relevancia ecológica de los humedales puede incrementar la vulnerabilidad de estos ecosistemas ante posibles cambios de uso de suelo como agricultura, ganadería, acuicultura o crecimiento urbano, entre otras actividades humanas, además de los impactos relacionados con factores climáticos, entre

otros<sup>7</sup>. En el caso de Marismas Nacionales, si bien se observó un porcentaje bajo de analfabetismo a nivel municipal (<10%) y un índice de rezago social de bajo a muy bajo, otros indicadores denotan la necesidad de contar con más programas sociales, ya que se observó un IDH medio y un grado de marginación de medio a alto, así como una carencia por acceso a la alimentación de 21-34%, y una población en condiciones de pobreza extrema estimada en un 7-12%, principalmente en el municipio de Tecuala. El principal indicador de impacto de actividades humanas en la estructura de los manglares de la RBMNN fue la mortalidad por tala, la cual fue mayor en las parcelas ubicadas en los municipios de Tecuala (parcelas ID 5 y 6) y Santiago-Ixcuintla (parcela ID 7), los cuales registraron valores mayores en los índices de carencia alimentaria, marginación y pobreza extrema. El Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) reportó incumplimiento en indicadores de calidad de agua para los municipios de Rosamorada, Santiago Ixcuintla y Tuxpan (Anexo 3), asimismo en éstos se observó una mayor extensión en el cambio de uso de suelo actualmente destinado a instalaciones camaronícolas (4,179 ha), mientras que la zona norte integrada por los municipios de Tecuala y Acaponeta concentran el segundo polo de desarrollo (3,453 ha), según datos del Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Nayarit (2019; Anexo 4). De acuerdo con el Programa de Manejo Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit (SEMARNAT, 2013), la reserva es poco susceptible a incendios forestales debido a la influencia fluvial. La entidad reportó un conteo histórico (1970-2022) de 4,121 incendios y 436,587 ha afectadas, mientras que en comparación la entidad colindante Jalisco -y que se encuentra entre los cinco estados que son más afectados a nivel nacional- ha reportado 22,772 incendios y 1,365,224 ha afectadas para el mismo periodo, donde en el país se estima que el 59% es causado por actividades intencionales y agrícolas (Comisión Nacional Forestal; Anexo 5). De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2020, los municipios de Acaponeta, Santiago Ixcuintla y Rosamorada, registraron afectaciones por incendios (161, 84 y 77, respectivamente; Fuente: INEGI, <https://www.inegi.org.mx/app/scitel/consultas/index>; último acceso: 10 de noviembre de 2023).

Los servicios ecosistémicos han sido muy utilizados para estudiar la interacción de los humanos con los manglares (Friess *et al.*, 2021), siendo un tema fundamental en el manejo de la RBMNN. Bimrah *et al.* (2022), mencionan que se han identificado al menos 17 relaciones importantes entre los servicios ecosistémicos que brindan los manglares y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas (*e.g.* producción y consumo responsable, acción por el clima, vida submarina y vida de ecosistemas terrestres, ODS 12,13, 14 y 15, respectivamente). En el caso de Marismas Nacionales, los pobladores

---

<sup>7</sup> La Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (2009) define vulnerabilidad como las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza, y que pueden surgir de varios factores físicos, sociales, económicos y ambientales.

encuestados mostraron en general conocimiento sobre los diferentes servicios ecosistémicos que proveen los manglares en las diferentes categorías (provisión, regulación, soporte y culturales) y reconocieron como beneficiarios tener un rol importante en su conservación, lo cual es un aspecto importante a destacar y que, en combinación con programas sociales se puede impactar positivamente en el estado de conservación de la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit.

## LITERATURA CITADA

Aburto-Oropeza, O., E. Ezcurra, G. Danemann, V. Valdez, J. Murray, E. Sala. 2008. Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *PNAS* 105(30):10456–10459.

Acosta-Velázquez, J. 2003. Análisis de la condición del bosque de manglar en el Sistema Lagunar Teacapán-Agua Brava-Marismas Nacionales y sus relaciones a nivel de paisaje. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C., México. 81 pp.

Acosta-Velázquez, J., A. Ruiz-Luna. 2007. Variación de la cobertura, distribución y estructura de los manglares del complejo lagunar Bahía Magdalena-Bahía Almejas. 1990-2005. En: Funes-Rodríguez R, Gómez-Gutiérrez J, Palomares-García R. eds. Estudios ecológicos en Bahía Magdalena. CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, México, p 127-141.

Agraz-Hernández, C.M., R. Noriega-Trejo, J. López-Portillo, F.J. Flores-Verdugo, J.J. Jiménez-Zacarías. 2006. Guía de Campo. Identificación de los Manglares en México. Universidad Autónoma de Campeche. 45 p.

Agraz-Hernández, C.M., C. García-Zaragoza, S. Iriarte-Vivar, F.J. Flores-Verdugo, P. Moreno-Casasola. 2011. Forest structure, productivity and species phenology of mangroves in the La Mancha lagoon in the Atlantic coast of Mexico. *Wetlands Ecology and Management*, 19(3): 273-293.

Arreola-Lizárraga, A., F.J. Flores-Verdugo, A. Ortega-Rubio. 2004. Structure and litterfall of an arid mangrove stand on the Gulf of California, Mexico. *Aquatic Botany*, 79 (2): 137-143.

Barrett, C.B., A.J. Travis, P. Dasgupta. 2011. On biodiversity conservation and poverty traps. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.*, 108(34): 13907–13912.

Bennett, N.J., R. Roth, S.C. Klain, K. Chan, P. Christie, D.A. Clark, G. Cullman, D. Curran, T.J. Durbin, G. Epstein, A. Greenberg, M.P. Nelson, J. Sandlos, R. Stedman, T.L. Teel, R. Thomas, D. Veríssimo, C. Wyborn. 2017. Conservation social science: Understanding and

integrating human dimensions to improve conservation. *Biological Conservation*, 205: 93-108. ISSN: 0006-3207

Berlanga-Robles, C.A. 1999. Evaluación de las condiciones actuales y del cambio en los paisajes de humedales de la costa sur de Sinaloa, México: una aproximación con el uso de datos provenientes de sensores remotos. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 111 pp.

Berlanga-Robles, C.A., A. Ruiz-Luna. 2002. Land-use mapping and change detection in the coastal zone of northwest Mexico using remote sensing techniques. *J. Coast. Res.*, 18(3): 514-522.

Berlanga-Robles, C.A., A. Ruiz-Luna. 2007. Analysis of change trends of the mangrove forest in Teacapan Agua-Brava lagoon system, Mexico. An approximation using Landsat satellite images. *Universidad y Ciencia*, 23(1): 29-46.

Bimrah, K., R. Dasgupta, S. Hashimoto, I. Saizen, S. Dhyani. 2022. Ecosystem services of mangroves: a systematic review and synthesis of contemporary scientific literature. *Sustainability*, 14, 12051.

Bright, A.D.; H. K. Cordell, A. P. Hoover, M.A. Tarrant. 2003. A human dimensions framework: guidelines for conducting social assessments. Gen. Tech. Rep. SRS-65. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 83 pp.

Cardona, O.D., M.K. van Aalst, J. Birkmann, M. Fordham, G. McGregor, R. Perez, R.S. Pulwarty, E.L.F. Schipper, B.T. Sinh. 2012. Determinants of risk: exposure and vulnerability. En: *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, New York, NY, USA, 65-108.

Carrera y De la Fuente, L.G. 2003. Inventario y clasificación de humedales en México. Parte I. Ducks Unlimited de México, A.C. México, 239 pp.

Christie, P., N. J. Bennett, N. J. Grayf, T. 'Aulani Wilhelmm, N. Lewis, J. Parks, N. C. Ban, R. L. Gruby, L. Gordon, J. Day, S. Taei, A. M. Friedlander. 2017. Why people matter in ocean governance: Incorporating human dimensions into large-scale marine protected areas *Marine Policy*, 84: 273–284.

Cinner, J.E., G. David. 2011. The human dimensions of coastal and marine ecosystems in the Western Indian Ocean. *Coastal Management*, 39:351–357.

Cintron, G.M., Y. Schaeffer-Novelli. 1984. Methods for studying mangrove structure. In: The mangrove Ecosystem: research methods. Monographs on Oceanographic Methodology, 8: 91-113.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2006. Capital natural y bienestar social. México, D.F. 71 pp.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2012. Atlas Digital del Agua México. Sistema Nacional de Información del Agua (2012). <http://www.conagua.gob.mx/atlas/ciclo09.html>

Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA). 2013. Base de Datos Anuario (2013). [www.conapesca.sagarpa.gob.mx](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx)

Cottam, G., J. T. Curtis. 1949. A Method for Making Rapid Surveys of Woodlands by Means of pairs of Randomly Selected Trees. Ecology, 30(1): 101-104.

Cowardin, L.M., V. Carter, F.C. Golet, E.T. LaRoe. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States, U.S., Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. 103 pp.

Curtis, J., R. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology, 32: 476-496.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2010. Decreto por el que se declara como Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biósfera, la región conocida como Marismas Nacionales Nayarit, localizada en los municipios de Acaponeta, Rosamorada, Santiago Ixcuintla, Tecuala y Tuxpan en el Estado de Nayarit. DOF - Diario Oficial de la Federación.

Faunce, C.H., J.E. Serafy. 2006. Mangroves as fish habitat: 50 years of field studies. Marine Ecology Progress Series, 318: 1-18.

Félix-Pico, E.E., O.E. Holguín-Quiñones, A. Hernández-Herrera, F. Flores-Verdugo. 2006. Mangrove primary production at El Conchalito Estuary in La Paz Bay (Baja California Sur, Mexico). Ciencias Marinas, 32: 53-63.

Flores-Verdugo, F.J., F. González-Farías, M. Blasco-Correa, A. Nunez-Pastén. 1997. The Teacapán-Agua Brava-Marismas mangrove ecosystem, Pacific coast of Mexico: an ecological and anthropogenic activity profile. En: Kjerfve B, Lacerda LD, Diop ES (eds) Mangrove Ecosystem Studies in Latin America and Africa. UNESCO, Paris. pp. 35-46.

Friess, D. A., S. Chin Chua, Z. Jaafar, K.W. Krauss, E.S. Yando. 2021. Mangroves and people: Impacts and interactions. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 248, 107155.

Holdridge, L.R. 1947. Determination of World Plant Formation from Simple Climate Data. Science, 105: 367-368.

- Hopkins, J.S., P.A. Sandifer, M.R. DeVoe, A.F. Holland, C.L. Browdy, A.D. Stokes. 1995. Environmental impacts of shrimp farming with special reference to situation in the continental United States. *Estuaries* 18(1A): 25-42.
- Huang, S., L. Tang, J.P. Hupy, *et al.* 2021. A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *J. For. Res.*, 32: 1–6.
- INEGI. 2020. Panorama Sociodemográfico de Nayarit. Censo de Población y Vivienda 2020. 59 pp.
- Joshi, D., B. Gallant, A. Hakhu, S. De Silva, C. McDougall, M. Dubois, I. Arulingam. 2021. Ramsar Convention and the wise use of wetlands: rethinking inclusion. *Ecological Restoration*, 39 (1–2).
- Kauffman, J.B., C. Heider, T.G. Cole, K.A. Dwire, D.C. Donato. 2011. Ecosystem Carbon Stocks of Micronesian Mangrove Forests. *Wetlands*, 31: 343-352.
- Kovacs, J.M., J. Wang, M. Blanco-Correa. 2001. Mapping Disturbances in a Mangrove Forest Using Multi-Date Landsat TM Imagery. *Environmental Management*, 27(5): 763-776.
- Kovacs, J.M., F. Flores-Verdugo, J. Wang, L.P. Aspden. 2004. Estimating leaf area index of a degraded mangrove forest using high spatial resolution satellite data. *Aquatic Botany*, 80: 13-22.
- Kovacs, J.M., J. Wang, F. Flores-Verdugo. 2005. Mapping mangrove leaf area index at the species level using IKONOS and LAI-2000 sensors for the Agua Brava Lagoon, Mexican Pacific. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 62: 377-384.
- López-Medellín, X., A. Castillo, E. Ezcurra. 2011. Contrasting perspectives on mangroves in arid northwestern Mexico: Implications for integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 54(4): 318–329.
- López-Portillo, J., E. Ezcurra. 1985. Litter fall of *Avicennia germinans* L. in a one-year cycle in a mudflat at the Laguna de Mecoacán, Tabasco, México. *Biotropica*, 17(3):186-190.
- López-Portillo, J., E. Ezcurra. 2002. Los manglares de México: una revisión. *Madera y Bosques*, 27-51.
- López-Portillo, J.A., A.L. Lara-Domínguez, M.C. Martínez-García, M. Hernández-Sánchez, M. Rodríguez-Rivera, C. Ureña-Aranda, R.I. Galán-Breth, V.M. Vásquez, E. Sáinz-Hernández. 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. Veracruz, Instituto de Ecología A.C. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto. No. FN007. Ciudad de México.

Lugo, A.E., S.C. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecological and Systematics*, 5:39-64.

Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas. 2009. Terminología sobre la estrategia internacional para la reducción de desastres de las Naciones Unidas. Ginebra, Suiza. 43 pp.

Páez-Osuna, F. 2001. The environmental impact of shrimp aquaculture: Causes, effects, and mitigating alternatives. *Environmental management*, 28(1): 131-140.

Rechkemmer, A., L.V. Falkenhayn. 2009. The human dimensions of global environmental change: Ecosystem services, resilience, and governance. *The European Physical Journal Conferences*, 1, 3-17.

Rodríguez-Zúñiga, M.T., C. Troche-Souza, A.D. Vázquez-Lule, J.D. Márquez-Mendoza, B. Vázquez- Balderas, L. Valderrama-Landeros, S. Velázquez-Salazar, M.I. Cruz-López, R. Ressler, A. Uribe-Martínez, S. Cerdeira-Estrada, J. Acosta- Velázquez, J. Díaz-Gallegos, R. Jiménez-Rosenberg, L. Fueyo-Mac Donald, C. Galindo-Leal. 2013. Manglares de México/Extensión, distribución y monitoreo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 128 pp.

Rodríguez-Zúñiga, M.T., E. Villeda Chávez, A. D. Vázquez Lule, M. Bejarano, M. I. Cruz López, M. Olgún, S.A. Villela Gaytán, R. Flores. 2018. Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México. 272 pp.

Saenger, P. 2002. *Mangrove ecology, silviculture and conservation*. Kluwer academic publishers. 360 pp.

Sánchez, O., M. Herzig, E. Peters, R. Márquez, L. Zambrano (Ed). 2007. *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. SEMARNAT-INE. 297 pp.

Schomaker, M.E., S.J. Zarnoch, W.A. Bechtold, D.J. Latelle, W.G. Burkman, S.M Cox. 2007. *Crown-condition classification: A guide to data collection and analysis*. USDA. Forest Service. Asheville, USA

SEMARNAT. 2013. Programa de manejo Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit. 199 pp.

Toledo-Ibarra, G.A., K.J.G. Díaz-Reséndiz, G.H. Ventura-Ramón, C.A. Romero-Bañuelos, I.M. Medina-Díaz, A.E. Rojas-García, A. Vega-López, M.I. Girón-Pérez. 2016. Assessment of pollution of the Boca de Camichin Estuary in Nayarit (Mexico) and its influence on oxidative stress in *Crassostrea corteziensis* oysters. *Molecular and Integrative Physiology*, 200: 47-55.

Tovilla-Hernández, C., D.M. Infante-Mata, F. Ovalle-Estrada, J.C. De-La-Presa, J.R. García-Alfaro, G. De La Cruz. 2013. Inventario del manglar y avances de la intrusión salina. Tapachula, México: El Colegio de la Frontera Sur.

UNESCO. 1980. Ecosistemas de los bosques tropicales. Informe sobre el estado de conocimiento. UNESCO/PNUMA/FAO. Madrid, 771 pp.

Valderrama-Landeros, L.H., M.T. Rodríguez-Zúñiga, C. Troche-Souza, S. Velázquez-Salazar, E. Villeda-Chávez, J.A. Alcántara-Maya, B. Vázquez-Balderas, M.I. Cruz-López, R. Ressler. 2017. Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980–2015. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México. ISBN: 978-607-8328-78-9.

Valdez-Hernández, 2002. Aprovechamiento forestal de manglares en el estado de Nayarit, costa Pacífica de México. *Maderas y Bosques*, 8: 129-145.

Vega-Rodríguez, M. 2008. Estimating primary productivity of red mangroves in southwestern Puerto Rico from remote sensing and field measurements. *Marine Science*, Puerto Rico. 92 pp.

Velázquez-Salazar, S., Rodríguez-Zúñiga, M.T., Alcántara-Maya, J.A., Villeda-Chávez, E., Valderrama-Landeros, L., Troche-Souza, C., Vázquez-Balderas, B., Pérez-Espinosa, I., Cruz-López, M.I., Ressler, R., De la Borbolla, D.V.G., Paz, O., Aguilar-Sierra, V., Hruby, F., Muñoa-Coutiño, J.H. 2021. Manglares de México. Actualización y análisis de los datos 2020. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, CdMx. Pp. 168. ISBN: 978-607-8570-50-8.

Weng, N., W.X. Wang. 2014. Variations of trace metals in two estuarine environments with contrasting pollution histories. *Science of the Total Environment*, 485-486: 604-614.

Yáñez-Arancibia, A, R. Twilley, A.L. Lara-Domínguez. 1998. Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Maderas y Bosques*, 4-2: 3-19.

Yun-Ru, J., W.Y. Chen, S. Singh, C.M. Liao. 2011. Trade-offs between elimination and detoxification in rainbow trout and common bivalve molluscs exposed to metal stressors. *Chemosphere*, 85(6): 1048-1056.

Zar, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis*. Ed. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River. 3th, New Jersey. 662 pp.

## ANEXOS

### ANEXO I

#### *Sistema de clasificación de humedales (Cowardin et al., 1979, En: Sánchez et al., 2007)*

*Sistema palustre:* este tipo de humedales se caracterizan por no recibir influencia de las mareas, aunque sí por las aguas subterráneas, precipitación o desbordamiento de cauces de ríos.

*Sistema lacustre:* Humedales situados en una depresión topográfica, cuya vegetación arbórea, arbustiva o de emergentes perennes no cubra más del 30% del área, y que tenga superficie total mayor a 8 ha.

*Sistema fluvial:* ambiente contenido dentro de un canal más o menos profundo, con dos condiciones: la salinidad no debe exceder 0.5 ppm y no incluye humedales dominados por árboles, arbustos o emergentes perennes.

*Sistema marino:* océano abierto sobre la plataforma continental.

*Sistema estuarino:* Ambiente mareal, profundos o someros, con acceso al mar de manera esporádica o parcialmente obstruido, y que recibe ocasionalmente escurrimientos de agua dulce.

#### *Tipos fisonómicos*

*Ribereño:* Se localiza en los bordes de la desembocadura de los ríos y canales deltáicos. Suele ser el más desarrollado estructuralmente y de mayor productividad primaria por encontrarse en condiciones ambientales óptimas. Los valores reportados para este tipo de bosque indican un área basal de  $41.3 \pm 8.8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , una densidad de  $1730 \text{ arb ha}^{-1} \pm 350$  y una altura de  $17.7 \pm 3.7 \text{ m}$  (Agraz-Hernández et al., 2006).

*Borde o franja:* se encuentra en la orilla de las lagunas costeras, estuarios y bahías. En este tipo fisonómico, se puede observar la zonación clásica de *R. mangle* y/o *L. racemosa*, *A. germinans* y *C. erectus*, si existe pendiente topográfica e influencia de mareas. Los valores reportados para este tipo de bosque indican un área basal de  $17.9 \pm 2.9 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , una densidad de  $5930 \pm 3005 \text{ arb ha}^{-1}$  y una altura de  $8.2 \pm 1.1 \text{ m}$  (Agraz-Hernández et al., 2006).

*Cuenca:* ocurren en depresiones topográficas con poco flujo y refluo de agua. Las aguas de inundación tienden a acumularse en la depresión y raramente sufren un intercambio durante el ciclo de las mareas. Se encuentran detrás de los ribereños y de borde.

*Arbustivos o Enanos:* se desarrollan en sitios caracterizados por presentar diversas limitaciones para el crecimiento y desarrollo, rara vez pasan de 1,5 m. Típicamente forman una comunidad escasa y dispersas en forma de matorrales. Se localizan en ambientes con carbonatos y zonas áridas.

### ***Tipos de coronas (Schomaker et al., 2007)***

Existen diferencias del tipo y tamaño de corona en zonas de árboles de la misma edad o del mismo grupo, estos tipos de corona se pueden clasificar en dominante, codominantes, intermedios y suprimidos.

*Dominantes:* son individuos que tienen coronas que se extienden por encima del nivel medio de la cobertura del manglar, se caracteriza por recibir luz plena por encima y por los lados, son coronas generalmente bien desarrolladas.

*Codominante:* individuos con coronas que conforman el principal nivel del dosel de un área en específico, de menor altura que los dominantes, reciben luz por encima regularmente. El diámetro de la corona es menor que los dominantes.

*Intermedios:* son árboles con coronas mucho menor que los codominantes, de menor altura, ocasionalmente reciben luz directa, pues su corona está por debajo del promedio de la altura del dosel. El crecimiento del árbol es lento.

*Suprimido:* es la menor de todos los tipos de corona, no reciben luz directa por encima o por los lados. Los árboles en esta clasificación de corona corresponden a adultos con poco crecimiento o a individuos muy jóvenes. El crecimiento en general de estos individuos es bajo.

## ANEXO 2

La siguiente tabla, describe las fechas de muestreo y actividades realizadas en cada una de las 12 unidades de muestreo permanente, incluyendo los análisis de estructura forestal, parámetros ambientales, acreción-subsistencia, de hojarasca, y de análisis de nutrientes.

PARCELA	FECHA DE MUESTREO	ACTIVIDADES REALIZADAS	OBSERVACIONES
1	20/junio/2019 y 26/septiembre/2022	En ambas fechas se realizó el análisis de estructura forestal, se midieron parámetros ambientales en piezómetros (agua intersticial) y canales adyacentes, se analizó concentración de nutrientes, y se midió condición de salud de la vegetación a través del cálculo <i>in situ</i> del NDVI.	El NDVI no se calculó en la última fecha de muestreo (02/junio/2023) porque se dañó el equipo. Para todas las parcelas, el análisis de estructura forestal se pospuso dos años (de 2020 a 2022) por causa de la pandemia COVID-19 SARS-CoV-2.
	12/julio/2019, 14/febrero/2020, 08/abril/2022, 02/junio/2023	Se midieron parámetros ambientales en muestras de agua intersticial y de los canales adyacentes a cada parcela, la productividad a través del análisis de hojarasca, la tasa de acreción-subsistencia, y se calculó el NDVI.	
2	21/junio/2019 y 28/septiembre/2022	En ambas fechas se realizó el análisis de estructura forestal, se midieron parámetros ambientales en piezómetros (agua intersticial) y canales adyacentes, se analizó concentración de nutrientes para las mismas muestras de agua, y se midió condición de salud de la vegetación a través del cálculo <i>in situ</i> del NDVI.	El NDVI no pudo ser calculado para la última fecha, ya que el equipo se dañó (detalles en el documento 4 Parámetros ambientales productividad elevación subsidencia.xlsx).
	12/julio/2019, 14/febrero/2020, 08/abril/2022, 03/junio/2023	Se midieron parámetros ambientales en muestras de agua intersticial y de los canales adyacentes a cada parcela, la productividad a través del análisis de hojarasca, la tasa de acreción-subsistencia, y se calculó el NDVI.	
3	19/junio/2019 y 16/noviembre/2022	En ambas fechas se realizó el análisis de estructura forestal, se midieron parámetros	No hay registros del NDVI para la fecha del

		ambientales en piezómetros (agua intersticial) y canales adyacentes, se analizó concentración de nutrientes para las mismas muestras de agua, y se midió condición de salud de la vegetación a través del cálculo <i>in situ</i> del NDVI.	03/junio/2023, ya que el equipo se dañó. El registro de los parámetros de estructura forestal de la segunda etapa, para las parcelas ID_3, e ID_6-12, se realizó en el mes de noviembre de 2022, ya que se pospuso por efectos del huracán Roslyn que tocó tierra en las costas de Nayarit, afectando toda la zona de la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, e imposibilitando el acceso a los sitios de estudio.
	12/julio/2019, 14/febrero/2020, 08/abril/2022, 03/junio/2023	Se midieron parámetros ambientales en muestras de agua intersticial y de los canales adyacentes a cada parcela, la productividad a través del análisis de hojarasca, la tasa de acreción-subsistencia, y se calculó el NDVI.	
4	18/junio/2019 y 29/septiembre/2022	En ambas fechas se realizó el análisis de estructura forestal, se midieron parámetros ambientales en piezómetros (agua intersticial) y canales adyacentes, se analizó concentración de nutrientes para las mismas muestras de agua, y se midió condición de salud de la vegetación a través del cálculo <i>in situ</i> del NDVI.	
	12/julio/2019, 13/febrero/2020, 08/abril/2022, 02/junio/2023	Se midieron parámetros ambientales en muestras de agua intersticial y de los canales adyacentes a cada parcela, la productividad a través del análisis de hojarasca, la tasa de acreción-subsistencia, y se calculó el NDVI.	
5	15/mayo/2019 y 27/septiembre/2022	En ambas fechas se realizó el análisis de estructura forestal, se midieron parámetros ambientales en piezómetros (agua intersticial) y canales adyacentes, se analizó concentración de nutrientes para las mismas muestras de agua, y se midió condición de salud de la vegetación a través del cálculo <i>in situ</i> del NDVI.	
	12/julio/2019, 13/febrero/2020,	Se midieron parámetros ambientales en muestras de agua intersticial y de los canales	

	08/abril/2022, 02/junio/2023	adyacentes a cada parcela, la productividad a través del análisis de hojarasca, la tasa de acreción-subsidencia, y se calculó el NDVI.	
6	14/mayo/2019 y 15/noviembre/2022	En ambas fechas se realizó el análisis de estructura forestal, se midieron parámetros ambientales en piezómetros (agua intersticial) y canales adyacentes, se analizó concentración de nutrientes para las mismas muestras de agua, y se midió condición de salud de la vegetación a través del cálculo <i>in situ</i> del NDVI.	
	12/julio/2019, 13/febrero/2020, 08/abril/2022, 02/junio/2023	Se midieron parámetros ambientales en muestras de agua intersticial y de los canales adyacentes a cada parcela, la productividad a través del análisis de hojarasca, la tasa de acreción-subsidencia, y se calculó el NDVI.	
7	25/marzo/2019 y 14/noviembre/2022	En ambas fechas se realizó el análisis de estructura forestal, se midieron parámetros ambientales en piezómetros (agua intersticial) y canales adyacentes, se analizó concentración de nutrientes para las mismas muestras de agua, y se midió condición de salud de la vegetación a través del cálculo <i>in situ</i> del NDVI.	
	10/julio/2019, 11/febrero/2020, 06/abril/2022, 31/mayo/2023	Se midieron parámetros ambientales en muestras de agua intersticial y de los canales adyacentes a cada parcela, la productividad a través del análisis de hojarasca, la tasa de acreción-subsidencia, y se calculó el NDVI.	
8	26/marzo/2019 y 14/noviembre/2022	En ambas fechas se realizó el análisis de estructura forestal, se midieron parámetros ambientales en piezómetros (agua intersticial) y canales adyacentes, se analizó concentración de nutrientes para las mismas muestras de agua, y	

		se midió condición de salud de la vegetación a través del cálculo <i>in situ</i> del NDVI.	
	10/julio/2019, 11/febrero/2020, 06/abril/2022, 31/mayo/2023	Se midieron parámetros ambientales en muestras de agua intersticial y de los canales adyacentes a cada parcela, la productividad a través del análisis de hojarasca, la tasa de acreción-subsidencia, y se calculó el NDVI.	
9	16/mayo/2019 y 17/noviembre/2022	En ambas fechas se realizó el análisis de estructura forestal, se midieron parámetros ambientales en piezómetros (agua intersticial) y canales adyacentes, se analizó concentración de nutrientes para las mismas muestras de agua, y se midió condición de salud de la vegetación a través del cálculo <i>in situ</i> del NDVI.	
	11/julio/2019, 12/febrero/2020, 07/abril/2022, 01/junio/2023	Se midieron parámetros ambientales en muestras de agua intersticial y de los canales adyacentes a cada parcela, la productividad a través del análisis de hojarasca, la tasa de acreción-subsidencia, y se calculó el NDVI.	
10	17/mayo/2019 y 17/noviembre/2022	En ambas fechas se realizó el análisis de estructura forestal, se midieron parámetros ambientales en piezómetros (agua intersticial) y canales adyacentes, se analizó concentración de nutrientes para las mismas muestras de agua, y se midió condición de salud de la vegetación a través del cálculo <i>in situ</i> del NDVI.	
	11/julio/2019, 12/febrero/2020, 07/abril/2022, 01/junio/2023	Se midieron parámetros ambientales en muestras de agua intersticial y de los canales adyacentes a cada parcela, la productividad a través del análisis de hojarasca, la tasa de acreción-subsidencia, y se calculó el NDVI.	
11	27/marzo/2019 y 18/noviembre/2022	En ambas fechas se realizó el análisis de estructura forestal, se	En los muestreos realizados en 2022 y

		midieron parámetros ambientales en piezómetros (agua intersticial) y canales adyacentes, se analizó concentración de nutrientes para las mismas muestras de agua, y se midió condición de salud de la vegetación a través del cálculo <i>in situ</i> del NDVI.	2023, no se pudo medir la productividad, ya que no se recuperaron las canastas. Tanto la parcela ID_11 como la ID_12, desde la primera etapa (2019) registraron la presencia de la enredadera conocida como “tripa de zopilote”, la cual se hizo más evidente en los siguientes muestreos.
	11/julio/2019, 12/febrero/2020, 07/abril/2022, 01/junio/2023	Se midieron parámetros ambientales en muestras de agua intersticial y de los canales adyacentes a cada parcela, la productividad a través del análisis de hojarasca, la tasa de acreción-subsidencia, y se calculó el NDVI.	
12	28/marzo/2019 y 18/noviembre/2022	En la primera fecha se tomaron los parámetros de estructura forestal, en la segunda no pudo ser posible porque la parcela se encontraba invadida por la enredadera <i>Cissus verticillata</i> , sofocando los árboles e impidiendo su medición. En ambas se midieron parámetros ambientales en piezómetros (agua intersticial) y canales adyacentes, se analizó concentración de nutrientes para las mismas muestras de agua, y se midió condición de salud de la vegetación a través del cálculo <i>in situ</i> del NDVI.	Específicamente para esta parcela, no se tienen registros de estructura forestal para la segunda etapa (noviembre de 2022), así como tampoco de productividad en las fechas de 2022 y 2023, ya que se registró una mayor presencia de la planta invasiva “tripa de zopilote”, que cubrió en su totalidad a los árboles de la parcela y zona de muestreo.
	11/julio/2019, 12/febrero/2020, 07/abril/2022, 01/junio/2023	Se midieron parámetros ambientales en muestras de agua intersticial y de los canales adyacentes a cada parcela, la productividad a través del análisis de hojarasca, la tasa de acreción-subsidencia, y se calculó el NDVI.	

### ANEXO 3

#### Indicadores de calidad de agua (SINA 3.0).

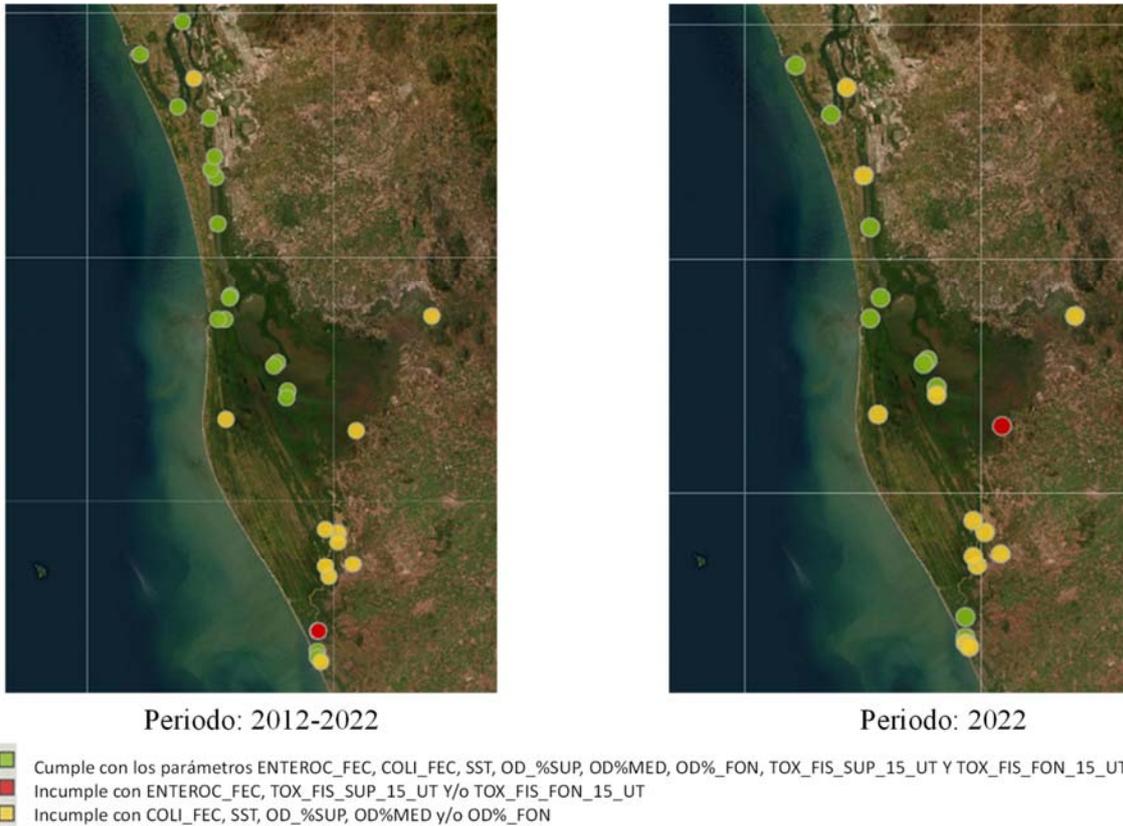


Figura 70. Indicadores de Calidad de agua durante 2012-2022 y 2022. Fuente: Sistema Nacional de Información del Agua; <https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/SINA/?opcion=SIH>

ENTEROC\_FEC: Enterococos fecales

COLI\_FEC: Coliformes fecales

SST: Sólidos suspendidos totales

OD\_%SUP: Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto superficial

OD%MED: Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto medio

OD%\_FON: Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en fondo

TOX\_FIS\_SUP\_15\_UT: Valor de toxicidad, *Vibrio fisheri*, 15 minutos, superficial, unidades de toxicidad

TOX\_FIS\_FON\_15\_UT: Valor de toxicidad, *Vibrio fisheri*, 15 minutos, en fondo, unidades de toxicidad

#### ANEXO 4

#### SUPERFICIE UTILIZADA POR INSTALACIONES CAMARONÍCOLAS

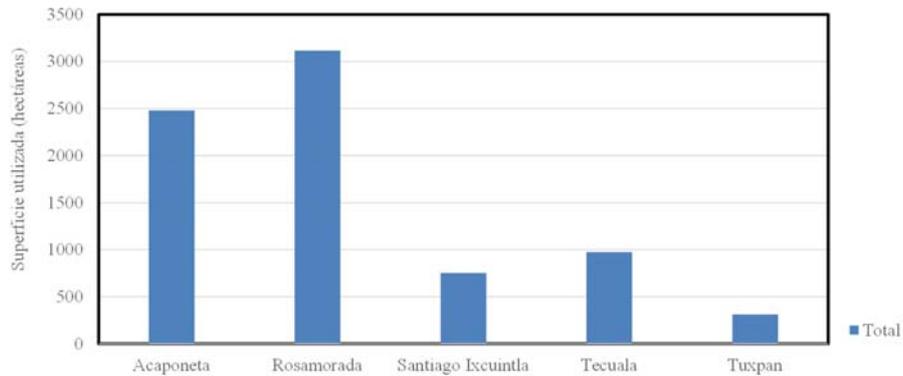


Figura 71. Superficie utilizada (ha) por instalaciones camaronícolas en municipios que integran la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit. Elaboración propia. Fuente: Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Nayarit (CESANAY). <https://cesanay.org/>

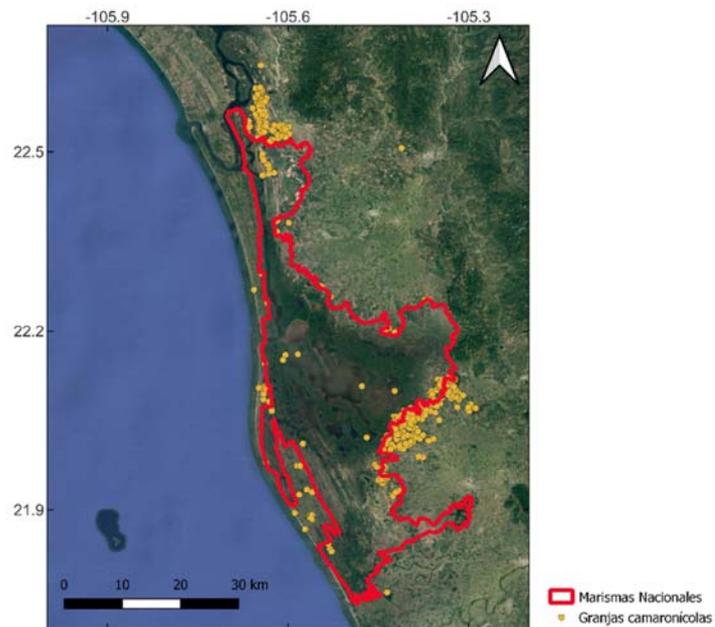


Figura 72. Ubicación de granjas camaronícolas en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit. Elaboración propia. Fuente: Padrón de Instalaciones Acuícolas 2019. Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Nayarit (CESANAY). <https://cesanay.org/>. Datum: WGS 1984. Sistema de referencia: coordenadas geográficas.

## ANEXO 5

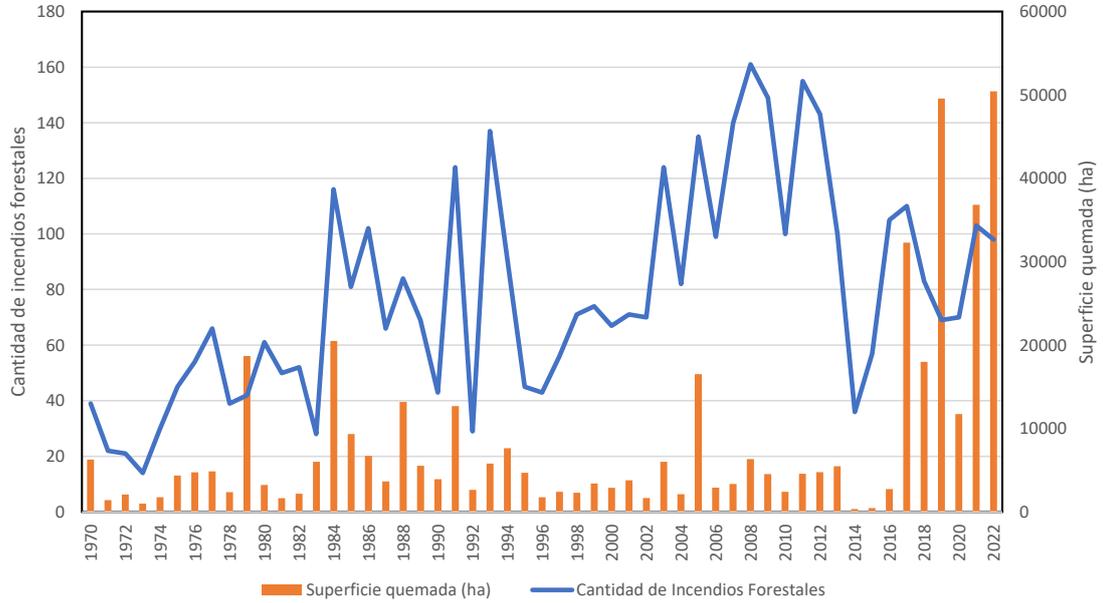


Figura 73. Incendios forestales y superficie afectada (ha) para el Estado de Nayarit (1970-2022). Elaboración propia. Fuente: Comisión Nacional Forestal; <https://snif.cnf.gob.mx/incendios/>; último acceso 10 de noviembre de 2023.