



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

**PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE**
COORDINACIÓN GENERAL



**“SEGUIMIENTO AMBIENTAL PUERTO DE MANZANILLO
PROGRAMA MAESTRO DE DESARROLLO PORTUARIO 2000-
2010”**

LICITACIÓN PÚBLICA NO. LA-009J3B001-E71-2021

**Monitoreo de las lagunas: Valle de las Garzas, San Pedrito y
Cuyutlán**

MANGLE

INFORME. - ENERO- JULIO 2022

Responsable técnico del programa: M.C. Arnoldo Campos Chávez

Coordinador técnico del proyecto: Dr. Manuel Patiño Barragán



MARINA

SECRETARÍA DE MARINA

**PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE**

COORDINACIÓN GENERAL



ADMINISTRACIÓN DEL PUERTO
MERCANTIL MARINA



UNIVERSIDAD
DE COLIMA



UNIVERSIDAD
DE COLIMA



ÍNDICE

I.	Introducción.....	11
I.1.	Áreas de estudio	13
I.2.	Objetivos del programa	13
I.2.1.	Objetivo general.....	13
I.2.1.1.	Objetivos particulares	14
II.	Indicadores ambientales y metas del programa.....	14
III.	Metodología empleada	15
III.1.	Sitios Permanentes de Muestreo	15
III.2.	Monitoreo de DAP.....	18
III.3.	Monitoreo de hojarasca	20
III.4.	Monitoreo de salinidad superficial e intersticial.	23
III.5.	Monitoreo de plántulas.....	26
III.6.	Monitoreo de luminosidad debajo del dosel del bosque.	26
IV.	Resultados.....	30
IV.1.	Laguna Valle de las Garzas.....	30
IV.2.	Laguna de Cuyutlán.....	36
IV.3.	Laguna de San Pedrito	39
V.	Interpretación de los resultados	44
V.1.	Producción de hojarasca.....	44
V.2.	Nivel freático	47
V.3.	Salinidad de agua superficial e intersticial	49
V.4.	Luminosidad debajo del dosel del bosque	52
V.5.	Análisis de DAP	53



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

V.6.	Cambios en la densidad de plántulas	55
V.6.1.	Laguna Valle de las Garzas	55
V.6.2.	Laguna de Cuyutlán	57
V.6.3.	Laguna San Pedrito.....	58
I.1.	Resultados de NDVI en el bosque de manglar de la Laguna de Cuyutlán	60
V.7.	Vegetación secundaria.....	62
VI.	Conclusiones	79
	Bibliografía	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de la salinidad de agua superficial en los SPM: (unidades en porcentaje). El símbolo – indica que no se observó agua superficial.	50
Tabla 2. Resumen de salinidad de agua intersticial en los SPM: (unidades en porcentaje). El símbolo – indica que el nivel freático del sitio fue mayor a 70 cm de profundidad.	51
Tabla 3. Resumen del porcentaje de luminosidad que penetra el dosel del bosque de manglar en los SPM en el periodo noviembre de 2021 a julio de 2022.....	52
Tabla 4. Incremento volumétrico promedio de los 12 individuos de mangle por SPM estudiados en los SPM del periodo agosto de 2021 y julio de 2022. Se presentan los valores en unidades de $m^3 \times 10^{-3}$	54
Tabla 5. Densidad (valores promedio) de plántulas en los SPM de la Laguna Valle de las Garzas para la progresión de agosto de 2021 a julio 2022. Se presenta el promedio de los 4 subcuadrantes por sitio en los 10 meses. Unidades: individuos/ m^2	56
Tabla 6. Densidad (valores promedio) de plántulas en SPM de la Laguna de Cuytlán para la progresión de agosto de 2021 a julio 2022. Unidades: individuos/ m^2	57
Tabla 7. Densidad (valores promedio) de plántulas en SPM de San Pedrito para la progresión de agosto de 2021 a julio 2022. Unidades en individuos / m^2	58
Tabla 8. Comparación de resultados de NDVI en el bosque de manglar en Cuytlán.	60
Tabla 9. Listado taxonómico de especies registradas en el periodo enero a julio de 2022 en los tres sistemas lagunares estudiados. Consultar Anexo D para más detalle de la tabla.	63
Tabla 10. Valores históricos de producción de hojarasca entre diciembre-enero a junio-julio de los años 2020 y 2022.	65
Tabla 11. Valores de NDVI por SPM de 2019, 2021 y 2022.	68
Tabla 12. Nivel freático en los SPM en la Laguna Valle de las Garzas.....	71



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

Tabla 13. Resumen de especies vegetales identificadas por sistema y su presencia en los tres humedales. 73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio (Imagen Google Earth 2017).	13
Figura 2. SPM en la Laguna Valle de las Garzas y San Pedrito. Clasificación con base en la Imagen de satélite Pléiades de octubre de 2021. Consultar Anexo A para ver la delimitación individual.	16
Figura 3. SPM en la Laguna de Cuyutlán. Clasificación con base en la Imagen de satélite Pléiades de octubre de 2021. Consultar Anexo A para ver la delimitación individual.	17
Figura 4. Método de cuadrantes para cuantificar el mangle.	18
Figura 5. Medición con cinta métrica de la circunferencia de un individuo de mangle.	19
Figura 6. Colocación de trampa de hojarasca. A) La canasta es atada a estructuras de la vegetación circundante a 1.5 m del suelo; B) La canasta se instala debajo de las copas de los individuos de mangle.	21
Figura 7. A) Identificación de trampas o recolectores de hojarasca; B) Recolección de material orgánico.	22
Figura 8. Cuantificación de hojarasca recolectado y secado.	23
Figura 9. Medición de la profundidad a la que se encuentra el nivel freático.	24
Figura 10. Recolección de agua intersticial.	25
Figura 11. Medición de salinidad con un sensor digital.	25
Figura 12. Delimitación de sub cuadrante para monitoreo de plántulas.	26
Figura 13. Fotografía del dosel.	27
Figura 14. Fotografía transformada a blanco (Luz) y negro (Follaje).	28
Figura 15. Copa de árboles desprovistos de follaje en la copa, condición que ocurre desde el inicio del estudio.	31
Figura 16. Nivel freático a -29 cm del suelo.	32
Figura 17. Condiciones actuales del SPM3.	33
Figura 18. Humedad en el suelo, pero sin presencia de agua superficial.	34
Figura 19. Nivel freático por encima del suelo en algunas zonas del sitio.	35
Figura 20. A) El nivel freático a nivel del suelo; B) Floración; C) Individuos de mangle caído y ladeados; D) Vegetación secundaria invadiendo la copa de los árboles. .	36

Figura 21. El Nivel freático continua por debajo de los 70 cm.....	37
Figura 22. A) Presencia de humedad superficial pero no agua; B) Nivel freático a - 7.5 cm; C) Aún sin presencia de vegetación secundaria nueva por la temporada de lluvias; D) Sin germinación de nuevas plántulas de mangle.....	38
Figura 23. Sin presencia de germinación de plántulas.....	39
Figura 24. Imagen donde se ilustra que los sitios se encuentran colindando con la mancha urbana e instalaciones del Puerto de Manzanillo. En color rojo se señalan los SPM dentro del área de manglar.	40
Figura 25. Presencia de agua superficial en la zona de mangle rojo; mientras que en el área de mangle blanco sólo hay humedad.	41
Figura 26. Humedad abundante y pequeños charcos de agua superficial.	42
Figura 27. Humedad superficial, pero sin presencia de agua ni germinación de nueva vegetación de ninguna especie.	43
Figura 28. Producción de hojarasca en Valle de las Garzas.....	45
Figura 29. Producción de hojarasca en Cuyutlán.....	46
Figura 30. Producción de hojarasca en San Pedrito.	46
Figura 31. Producción de hojarasca en el periodo junio-julio 2022 de los 12 SPM estudiados en tres humedales de la costa de Colima. Valle de las Garzas (VG), Laguna de Cuyutlán (CY) y San Pedrito (SP). Se presentan promedios ordenados en la progresión de mayor a menor producción.	47
Figura 32. Nivel freático en la Laguna Valle de las Garzas.....	48
Figura 33. Nivel freático en la Laguna de Cuyutlán.....	49
Figura 34. Nivel freático en la Laguna de San Pedrito.	49
Figura 35. Canal de agua que comunica el Puerto Interior y la Laguna Valle de las Garzas, suministra agua el SPM10. Imagen de satélite Pléiades de octubre de 2021.	50
Figura 36. Porcentaje de luminosidad que penetra el dosel del bosque de manglar en los SPM en el periodo noviembre de 2021 a julio de 2022.....	53
Figura 37. Incremento anual del volumen promedio (12 árboles) en cada uno de los SPM de septiembre de 2021 a julio de 2022. Valores expresados en m ³	55

Figura 38. Progresión de los patrones de supervivencia de las plántulas establecidas en los sitios de muestreo de la Laguna del Valle de las Garzas de agosto 2021 a julio 2022. Se muestra el número absoluto de plantas que se cuantificó cada mes. 56

Figura 39. Progresión de los patrones de supervivencia de las plántulas establecidas en los sitios de muestreo de la Laguna de Cuyutlán de agosto 2021 a julio 2022. Se muestra el número absoluto de plantas que se cuantificó cada mes. 58

Figura 40. Progresión de los patrones de supervivencia de las plántulas establecidas en los sitios de muestreo de la Laguna de San Pedrito de agosto 2021 a julio 2022. Se muestra el número absoluto de plantas que se cuantificó cada mes. 59

Figura 41. Resumen del reclutamiento de propágulos que lograron establecerse y llegar al estado de plántula, en los sitios de las tres lagunas del estudio. 60

Figura 42. Valores de NDVI en el bosque de manglar de la época de lluvias (octubre de 2021) y época de secas (abril de 2022). 61

Figura 43. Valores de NDVI en el bosque de manglar de la época de estiaje de 2019 vs 2022. 62

Figura 44. Producción histórica de hojarasca de enero a julio de 2020 vs 2022. ... 66

Figura 45. Resumen histórico de valores de NDVI en el bosque de manglar de la Laguna Valle de las Garzas del periodo mayo de 2019 a marzo de 2022. 67

Figura 46. Resumen histórico de valores de NDVI en el bosque de manglar de San Pedrito del periodo mayo de 2019 a marzo de 2022. 67

Figura 47. Resumen histórico de valores de NDVI en el bosque de manglar de San Pedrito del periodo 2019 a marzo de 2022. 68

Figura 48. Porcentaje de cambios del índice de vegetación en los SPM. 69

Figura 49. Modelo digital de elevación en la Laguna Valle de las Garzas. 70

Figura 50. Nivel freático en los SPM de la Laguna Valle de las Garzas. 72

Figura 51. Índice de similitud (Jaccard) de especies estimado por sitio de muestreo en época de lluvias. 74

Figura 52. Índice de similitud (Jaccard) de especies estimado por sitio de muestreo en época de estiaje. 74

Figura 53. Localización de los SPM1 y SPM2. 75



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

Figura 54. Suministro y distribución del agua en los SPM1 y SPM2. Fotografías tomadas con dron mavic 2 el día 21 de octubre de 2021..... 76

Figura 55. Identificación de los SPM en San Pedro utilizando una imagen de Google Earth de 2003..... 77

Figura 56. Densidad de plántulas en función del sistema lagunar (unidades en plantas/m²). 78



I. Introducción

Los ecosistemas de manglar cubren 13'776,000 hectáreas (ha) a nivel mundial y representan menos de 1 % de la superficie terrestre. A pesar de esa restringida distribución geográfica, son de los ecosistemas más productivos de todo el mundo que funcionan como importantes sumideros de gases de efecto invernadero. Entre otros servicios ecosistémicos, los manglares soportan las pesquerías locales y globales, brindan protección contra fenómenos meteorológicos extremos, son hábitat para diferentes especies de plantas, animales y comunidades humanas y favorecen la regulación hídrica y de contaminantes. Sin embargo, son vulnerables al incremento de la temperatura y del nivel medio del mar, así como al cambio de uso del suelo y la contaminación. México es el cuarto país del mundo con más extensión de manglares: 775,555 ha (Rodríguez Zúñiga, y otros, 2018).

Colima es uno de los estados más pequeños del país con solo el 0.29 % de la superficie de México (INEGI, 2019), se caracteriza por tener una importante diversidad de ecosistemas; sin embargo, también es una región expuesta a las erupciones del Volcán de Colima, además de ser una zona sísmica importante afectada frecuentemente por ciclones tropicales, huracanes y torbellinos de menor tamaño. Por otro lado, por sus características orográficas el territorio se ve incidido tanto por heladas y granizadas, tormentas eléctricas e inundaciones, todos derivados de los fenómenos naturales (Villanueva Morán *et al.*, 2008), que tienen impactos significativos sobre la biodiversidad en el estado y la región circundante.

En el estado se presentan siete zonas ecológicas. Predominan las áreas cálidas subhúmedas asociadas a los elementos tropicales; también zonas templadas subhúmedas y frías, vinculadas con áreas de serranía y volcanes; asimismo, se presentan zonas de humedales y la zona de suelos halo-gipsófilos, que responden a ciertos factores limitantes del sustrato, como la presencia de agua, sales o minerales (Báez-Montes, 2016).

Debido a esas variaciones ambientales se presentan 14 tipos de vegetación, de acuerdo con la clasificación en el Inventario Nacional Forestal: selva baja caducifolia, selva alta o mediana subcaducifolia, selva baja espinosa perennifolia

(vegetación de galería), pinar-encinar, pinar, encinar, bosque mesófilo de montaña, matorral espinoso, pastizal, sabana, palmar, manglar, carrizal-tular y vegetación flotante (Báez-Montes, 2016).

Los ecosistemas costeros son importantes por su productividad en el planeta y relevantes en el mantenimiento y provisión de múltiples servicios ecosistémicos como: regulación del clima, ciclos biogeoquímicos, provisión de alimento y de agua, reciclaje de nutrientes, producción de oxígeno, entre otros. La vegetación de ambientes costeros marinos está representada por casi la mitad de los tipos de vegetación presentes en la entidad, es importante mencionar aquella capaz de soportar la concentración salina, como el manglar, vegetación halófito y de dunas (Báez-Montes, 2016)

Los manglares mexicanos son ecosistemas estructuralmente heterogéneos debido a la amplia gama de características ambientales de los lugares donde se desarrollan, resultado de la combinación de factores climáticos, biofísicos, geomorfológicos, hidrológicos y biológicos (Villeda-Chávez y otros, 2018).

Por otra parte, los manglares se han adaptado a inundación de periodicidad específica, siendo el agua uno de los factores más importantes para el desarrollo de las plantas, su carencia constituye una de las principales fuentes de estrés. Es por esto, que muchas plantas han desarrollado respuestas que les permiten tolerar diferentes niveles de déficit de agua, que van desde déficit hídrico leve hasta sequías (Moreno F., 2009).

Los manglares de México representan el 5 % del total mundial y colocan a nuestro país en el cuarto lugar de los 125 países y territorios que poseen este ecosistema (Rodríguez Zúñiga, y otros, 2013).

Se cuenta con seis especies en el país, cuatro de ellas son comunes: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), el mangle negro (*Avicennia germinans*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* y *Conocarpus erectus var. sericeus*) (Valderrama Landeros, y otros, 2017).

En este programa de estudio se pretende evaluar a los manglares de la Laguna de Cuyutlan, San Pedrito y la Laguna Valle de las Garzas, en lo que corresponde a una amplia diversidad de ambientes, en los humedales costeros del estado de Colima.

I.1. Áreas de estudio

La Laguna Valle de Las Garzas se localiza en las coordenadas $19^{\circ} 05' 05''$ y $19^{\circ} 06' 10''$ latitud Norte, $104^{\circ} 18' 00''$ y $104^{\circ} 19' 20''$ de longitud Oeste. Colinda al Norte con la comunidad de Salagua, al Este con la comunidad de Las Garzas y la carretera costera Manzanillo-Cihuatlán; al Sur con la carretera Manzanillo-Santiago y a 25 m aproximadamente el puerto interior de San Pedrito; mientras que la Laguna de Cuyutlán se localiza al Sur-este de la ciudad de Manzanillo (Figura 1).

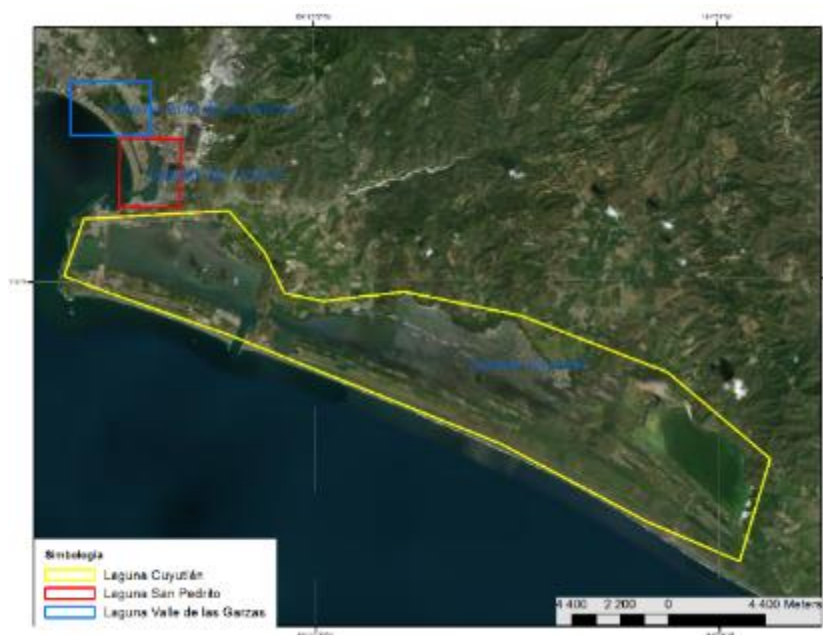


Figura 1. Localización del área de estudio (Imagen Google Earth 2017).

I.2. Objetivos del programa

I.2.1. Objetivo general

Seguimiento ambiental de las autorizaciones ambientales en materia de impacto ambiental y cambio de uso de suelo del proyecto “Puerto de Manzanillo, Programa Maestro de Desarrollo Portuario 2000-2010” y del acuerdo administrativo de

levantamiento parcial de suspensión no. Fpa 13.5/2c.27.5/0211/2019 “Puerto de Manzanillo, Programa Maestro de Desarrollo Portuario 2000-2010, que dice también el FPA 13.5/2C.27.5/0211/2019.

Cuantificar la estructura y composición de la vegetación de manglar de la Laguna Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán.

Evaluar el estado de conservación del manglar de la Laguna Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán

I.2.1.1. Objetivos particulares

- Describir la estructura del manglar en la Laguna Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán.
- Cuantificar la producción de la hojarasca mensualmente de las especies de mangle que integran el bosque de manglar en Laguna Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán.

II. Indicadores ambientales y metas del programa

El estado del manglar, así como otras especies vegetales se utilizarán como indicadores ambientales.

En particular se utilizarán los siguientes indicadores:

- a) Densidad poblacional del manglar de individuos con diámetro > 2.5 cm.
- b) DAP = diámetro a la altura del pecho.
- c) Altura de los árboles con diámetro > 2.5 cm.
- d) Tasas de crecimiento anual de plantas de mangle seleccionadas.
- e) Presencia, densidad y supervivencia en el tiempo de propágulos de mangle rojo y blanco.
- f) Productividad del bosque de manglar (hojarascas).
- g) Estado general de salud de los bosques de manglar (a través del uso de imágenes satelitales).
- h) Presencia de vegetación invasora a sitios de manglar.
- i) Salinidad de agua superficial e intersticial.

j) Luminosidad por debajo del dosel del manglar.

La meta general del programa es elaborar un diagnóstico del estado del manglar en la Laguna Valle de las Garzas y de los bosques de manglar de San Pedrito y Laguna de Cuyutlan.

Las metas particulares son:

- 1.- Generar un diagnóstico tanto estructural como funcional de las tres zonas principales que son evaluadas.
- 2.- Hacer un diagnóstico comparativo que integre los tres ecosistemas de manglar bajo estudio.

III. Metodología empleada

III.1. Sitios Permanentes de Muestreo

En cada zona de estudio de manera general se hace una descripción simple del estado del manglar y vegetación asociada. En esa descripción se anotan las especies de manglar encontradas y de las condiciones en los que se encuentran. Por ejemplo, árboles muertos o en condiciones de estrés, pero aún de pie, presencia de hongos, insectos y otros artrópodos y de manera importante reportar daños significativos causados por plagas y eventos meteorológicos catastróficos.

Utilizando el método de cuadrantes fueron elegidos 12 “**Sitios Permanentes de Muestreo**” (SPM), considerando la división natural y antrópica que mantiene cada laguna. Este tipo de muestreo es utilizado frecuentemente para estimar varios parámetros de tipo sistémico-ecológicos. En este trabajo se usó el método de cuadrantes para dar respuesta a los objetivos particulares anotados a través de los indicadores utilizados. En la Laguna Valle de las Garzas se establecieron seis SPM y tres en San Pedrito como se indica en la Figura 2. En la Laguna de Cuyutlán se eligieron tres SPM, uno en cada uno de los Vasos II, III y IV (Figura 3). En el Anexo A se presenta la delimitación geográfica de cada uno de los SPM.

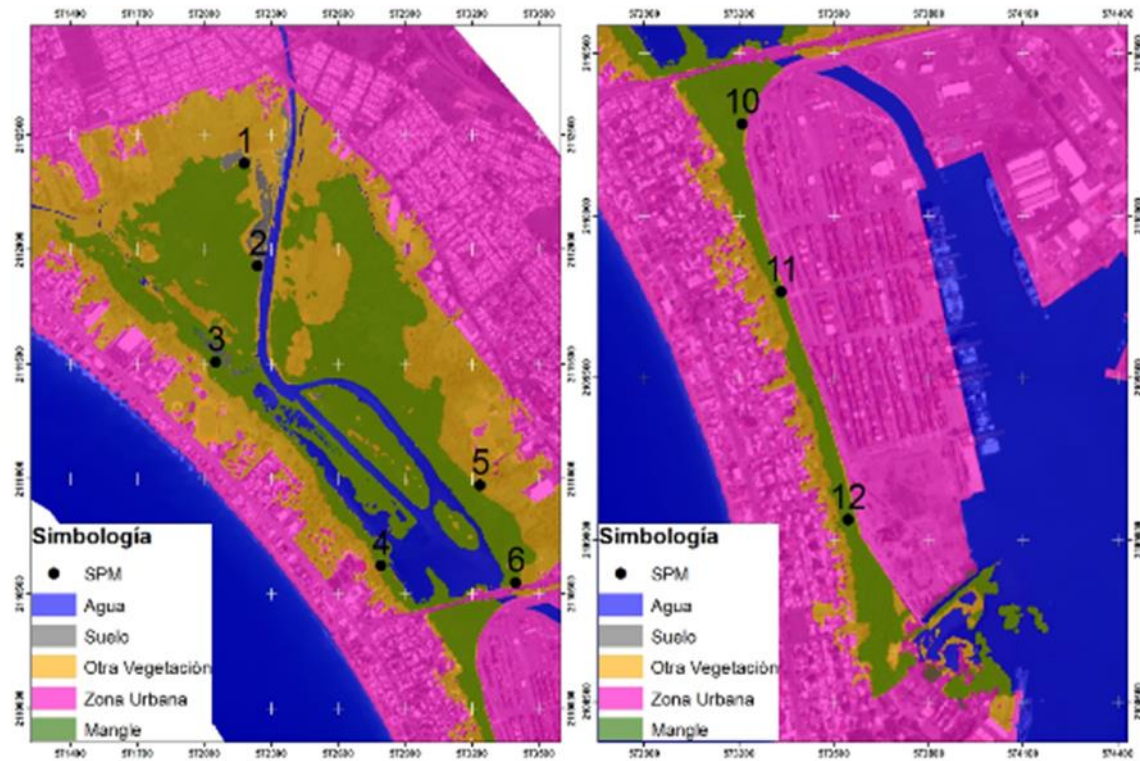


Figura 2. SPM en las Lagunas Valle de las Garzas y San Pedrito. Clasificación con base en la Imagen de satélite Pléiades de octubre de 2021. Consultar Anexo A para ver la delimitación individual.

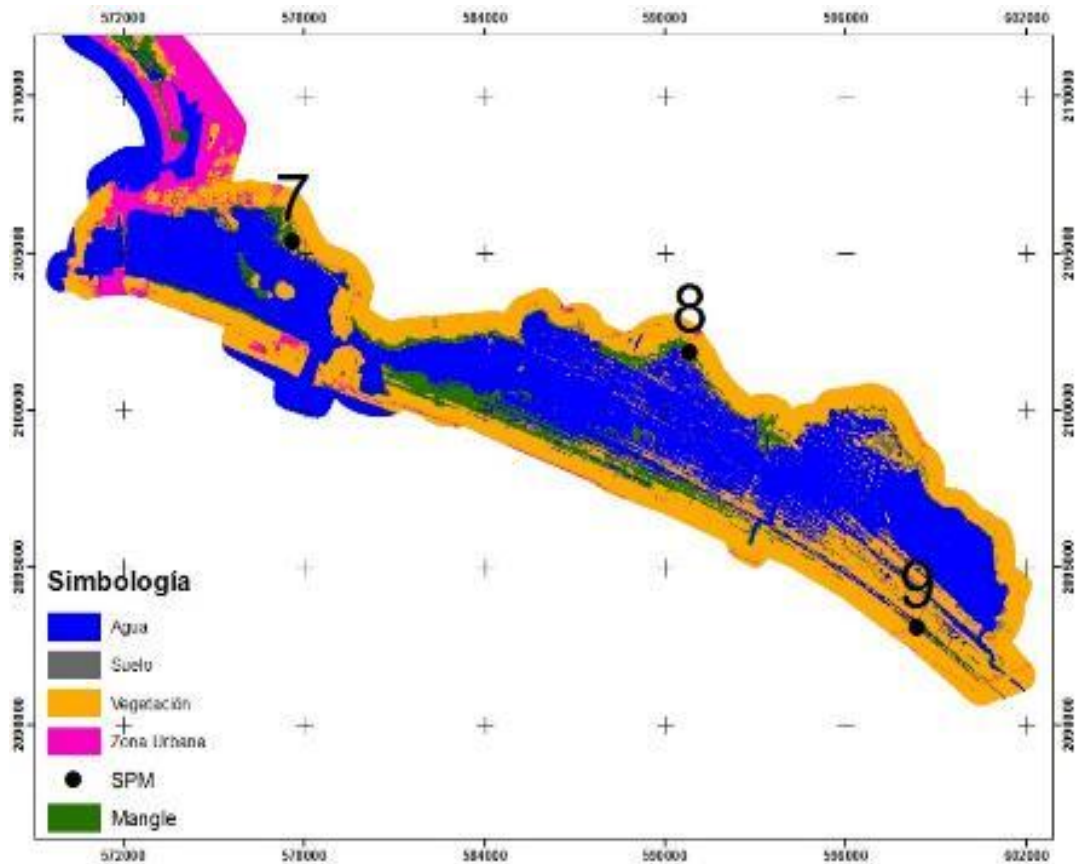


Figura 3. SPM en la Laguna de Cuyutlán. Clasificación con base en la Imagen de satélite Pléiades de octubre de 2021. Consultar Anexo A para ver la delimitación individual.

Del trabajo realizado en cada SPM se elaboran bitácoras de campo donde se registra la siguiente información:

- Número de cuadrante.
- Especie.
- Perímetro del tronco, altura total, DAP de cada individuo (solo primera vez); en censos subsiguientes, se seleccionaron 12 individuos y etiquetados para llevar a cabo un seguimiento longitudinal.
- Presencia/ausencia de floración/fruto/semilla.
- Presencia/ausencia de plántulas: en primer muestreo y siguientes muestreos cuantificación del total de ellas en cuadrantes de 1 m².
- Medición de la altura en 6 plántulas por cuadrante de 1 m².
- Apariencia/estado de los individuos.

- Estado general del sitio: haciendo referencia principalmente a los efectos de origen antropogénico, o afectaciones por fenómenos meteorológicos.

En la Figura 4 se muestra una representación del método de cuadrantes que ha sido utilizado para este estudio. Los SPM se definen como parcelas cuadradas de 20 x 20 m.

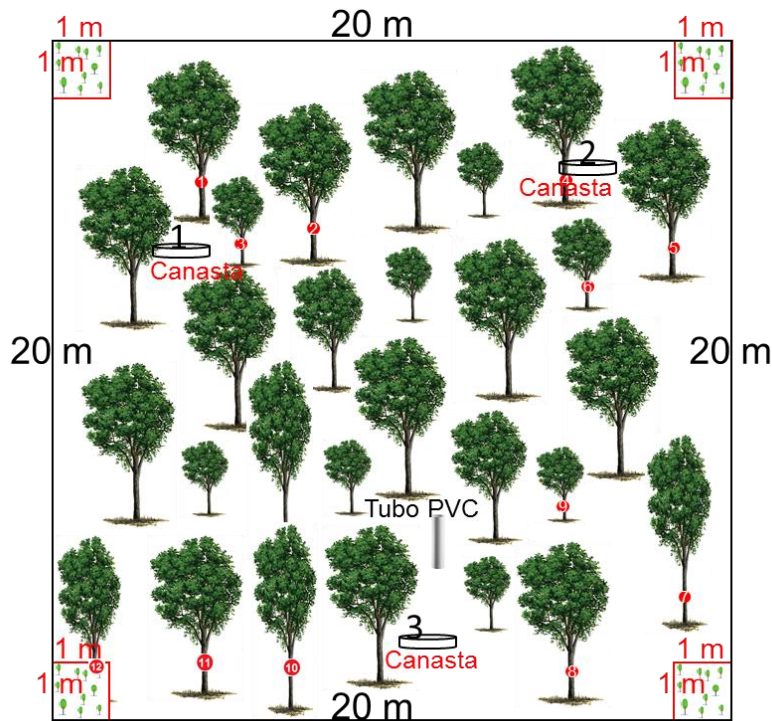


Figura 4. Método de cuadrantes para cuantificar el mangle.

III.2. Monitoreo de DAP

Todos los árboles adultos, dentro del cuadrante de 400 m², con un diámetro mayor a 2.5 cm son sujetos de estudio. En el primer muestreo se cuantificó el total de ellos realizándose la estimación del DAP y su altura cuando las condiciones lo permitieron. Eventualmente una muestra representativa se etiquetó para su estudio a través del tiempo (estudio longitudinal); así, en los siguientes muestreos, a partir de una muestra aleatoria de 3 individuos adultos dentro cada cuadrante en los SPM (12 en total), se lleva a cabo un seguimiento longitudinal en el tiempo de la cohorte seleccionada de árboles: cada dos meses se re-evalúan para determinar su tasa de

crecimiento anual (TCA) cuyas unidades pueden ser expresadas en cm año^{-1} , o cm día^{-1} .

Este indicador se puede estimar a partir de la información que ya se obtiene de los SPM. En general para estimar el DAP de los árboles, se utiliza una cinta métrica para medir la circunferencia de los árboles, a una altura de 1.3 m a partir del suelo; esto es en el caso de especies como *L. racemosa* y *A. germinans*; mientras que para *R. mangle* el dato se toma por encima de la raíz más alta. Estos individuos son marcados con una cinta de color para identificarlos y ubicarlos a la distancia; en adición se utiliza una etiqueta metálica donde se anota un código que identifica de manera particular cada árbol en un SPM en particular; finalmente para asegurar que las mediciones se realizan en el mismo punto del árbol, el sitio de medición se marca con pintura indeleble e insertando un clavo de acero inoxidable (Figura 5). Con la fórmula elemental trigonométrica del perímetro del círculo se obtiene algebraicamente el diámetro: $\text{Perímetro} = \text{Pi} \times D$.



Figura 5. Medición con cinta métrica de la circunferencia de un individuo de mangle.

III.3. Monitoreo de hojarasca

La producción y descomposición de hojarasca son procesos en los que la materia orgánica se deposita y reduce en sus elementos constituyentes, para su reutilización en el ecosistema. Ambos procesos regulan la cantidad y contenido bioquímico de la materia orgánica producida en un ecosistema (Rocha Loredo & Ramírez Marcial, 2009). Además, de la precipitación y flujos corticales es la principal fuente de fertilización natural.

Para este fin se utilizan trampas de captura de hojarasca; en este estudio se instalaron 36 de ellas distribuidas en el bosque de manglar que se encuentra en las zonas de estudio: Valle de las Garzas (18), San Pedrito (9) y Laguna de Cuyutlán (9). Estas trampas tienen forma de embudo y fueron construidas con malla mosquitera de 2 mm de luz por cuadro; se sostiene por una estructura circular de alambre y cuenta con un diámetro de 52 cm (superficie de captura = 0.196 m²). Se instalaron a una altura aproximada de 1.30 metros de altura, iniciando sobre la superficie del suelo (Figura 7).

La recolección del material de hojarasca se realiza cada mes y se transporta al laboratorio en bolsas tipo malla que permite eliminar la humedad que conserva el material. El proceso de secado de la hojarasca se hace en bolsas de papel, las cuales son etiquetadas e introducidas a un horno eléctrico a 65-70 °C por 72 horas. Posteriormente, la masa total seca de cada muestra se obtiene con una balanza granataria electrónica (Figura 6 y Figura 8).



Figura 6. Colocación de trampa de hojarasca. A) La canasta es atada a estructuras de la vegetación circundante a 1.5 m del suelo; B) La canasta se instala debajo de las copas de los individuos de mangle.



Figura 7. A) Identificación de trampas o recolectores de hojarascas; B) Recolección de material organico.

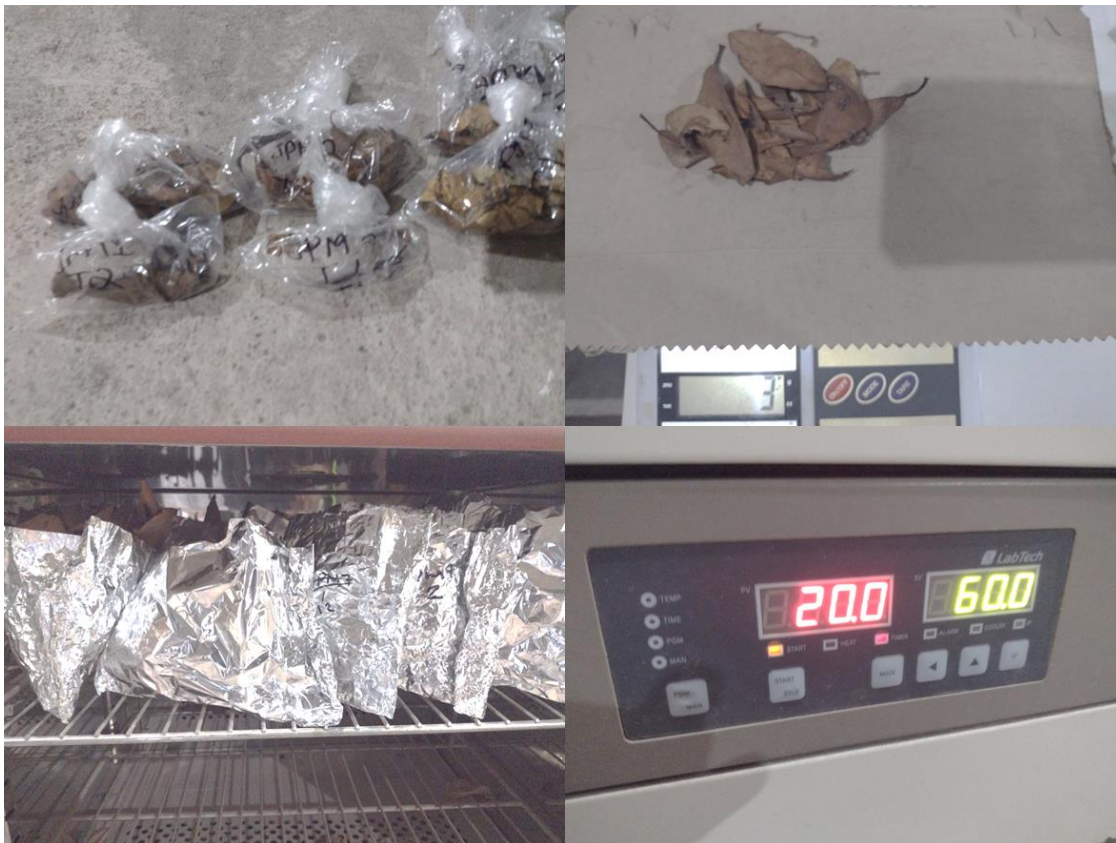


Figura 8. Cuantificación de hojarasca recolectado y secado.

Finalmente, con la ayuda de un Dron se realizan vuelos a diferentes alturas, para obtener evidencia fotográfica y videos de alta resolución como complemento y así lograr una perspectiva aérea de las condiciones en las que se encuentra el bosque del manglar en los tres sistemas evaluados.

III.4. Monitoreo de salinidad superficial e intersticial.

Este indicador ambiental se mide a partir del mes de octubre 2021. Para este fin se utilizan sensores de conductividad y salinidad modelo AZ 8372 (AZ Instrument Corp.), que tienen capacidad para medir un amplio rango de salinidad y son portátiles.

El protocolo general es tomar una muestra por sitio tanto de agua superficial como intersticial. El agua superficial se recolecta con la ayuda de un recipiente de plástico con tapa hermética, en algún lugar del SPM donde aflore el agua.

Por otro lado, para la recolecta del agua intersticial se utilizó un tubo de PVC con una longitud de 70 cm y diámetro de 10 cm, al que se le hacen perforaciones pequeñas para que el agua fluya hacia el interior del tubo, evitando el ingreso de sólidos del suelo. Este tubo permanece enterrado en el sitio para obtener las muestras subsiguientes del estudio; entre muestra y muestra la boca del tubo permanece tapada.

Antes de recolectar la muestra de agua, se mide a la profundidad a la que se encuentra el nivel freático utilizando un flexómetro (Figura 9).



Figura 9. Medición de la profundidad a la que se encuentra el nivel freático.

Al momento de extraer una muestra, se inserta un recipiente en el tubo de PVC, hasta el nivel de agua de ese momento, ésta se conserva en un recipiente de plástico con tapa hermética (Figura 10).



Figura 10. Recolecta de agua intersticial.

Ambas muestras, la superficial y la intersticial, se llevan al laboratorio donde posteriormente se hacen las mediciones de salinidad, a temperatura ambiente (Figura 11).



Figura 11. Medición de salinidad con un sensor digital.

III.5. Monitoreo de plántulas

Para el estudio de los propágulos o plantas juveniles en cada SPM, de manera paralela se establecen cuatro sub-parcelas de 1 x 1 m (preferentemente en las esquinas) dónde se contabilizan todas y miden (altura principalmente). Los indicadores de altura se obtienen de una muestra aleatoria de 6 plántulas (señaladas con cinta de color naranja y enumerada) por cada cada uno de los 4 sub-cuadrantes de 1 m² (Figura 12).



Figura 12. Delimitación de sub cuadrante para monitoreo de plántulas.

III.6. Monitoreo de luminosidad debajo del dosel del bosque.

El protocolo de este monitoreo se basa en el uso de tomas fotográficas digitales. Para este fin, con una cámara digital, se hace una toma, con el lente apuntando hacia la copa de los árboles y con inclinación de 90° con relación al plano del suelo (Figura 13).



Figura 13. Fotografía del dosel.

Debido a que existe vegetación secundaria que obstruye la visibilidad y plántulas juveniles de hasta 2 m en algunos sitios, cada mes la fotografía se obtiene de puntos diferentes en el sitio.

Para obtener el porcentaje de luz que penetra el dosel del bosque, la imagen se procesa con software especializado (ArcMap, ERDAS IMAGINE y Photoshop). Para su tratamiento, utilizamos la banda 3 (azul) para transformar cada pixel a valores binarios (Mauro Diaz, Lencinas, & Héctor, 2014). El resultado es un “*raster*” donde cada celda equivale un pixel transformado a valores de 0’s y 1’s. Estos valores representan la luz o cielo (0) y el follaje (1).



Figura 14. Fotografía transformada a blanco (Luz) y negro (Follaje).

Para obtener el porcentaje de luz que penetra el dosel del bosque de manglar, se suma la cantidad de pixeles con valores de 1's dividido entre el número total de pixeles.

$$\text{Porcentaje luz} = \left(\frac{\sum 1}{\sum 1 + \sum 0} \right) * 100$$

Value	Count
0	12174403
1	3750845

$$\% \text{ Luz} = \frac{3750845}{15925248} = 0.2355$$

Cálculo del Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

Los índices de vegetación son medidas cuantitativas provenientes de la medición de la radiación que las plantas emiten o reflejan, basadas en los valores digitales, que tienden a medir la biomasa o vigor vegetal. A partir de estos índices es posible evaluar el estado de "salud" de la vegetación (Díaz García & Juan José, 2015).

Los valores del NDVI dependen directamente de la energía absorbida o reflejada por las plantas en diversas partes del espectro electromagnético. De esta manera

es posible asignar una respuesta espectral para la vegetación sana y/o una gradación de sana a no sana. Este proceso metodológico ha sido usado con frecuencia en la diagnosis de enfermedades, infestaciones de plagas y falta de agua en la agricultura. En particular este índice está acotado entre los valores -1 a +1 y se presume que las condiciones de vigor mejoran a partir de 0.1, siendo +1 indicador de vigor máximo (Díaz García & Juan José, 2015).

Para la determinar el estado en el cual se encuentra el bosque de mangle, fue necesario la adquisición de una imagen de satélite de marzo de 2022 con 4 bandas (R, G, B, NI1+PAN) a 50 cm de resolución el pixel de la constelación Pléiades con un máximo de 15% de nubosidad, proyección UTM, Datum WGS84 en formato tiff y 11 bits de profundidad.

Posteriormente se realizó una clasificación no supervisada utilizando ArcGis, Erdas Imagine y Global Mapper. El resultado fue una capa donde se ilustra la distribución de las clases vegetación (excepto mangle), mangle, agua, suelo desnudo y zona urbana.

El NDVI fue calculado utilizando la siguiente fórmula (Ecuación 1).

$$NDVI = \frac{(Banda\ infrarroja\ cercana - Banda\ roja)}{(Banda\ infrarroja\ cercana + Banda\ roja)}$$

Ecuación 1. Fórmula para calcular el NDVI.

misma que ya lo hace automáticamente el ArcGis y Erdas Imagen. La capa resultante es un raster donde cada pixel indica tiene un valor correspondiente al índice de vegetación.

Finalmente utilizando la capa de clases, se extraen los valores de NDVI correspondiente al área de manglar.

IV. Resultados

El muestreo, en adición a la ejecución del método del cuadrante, consideró una descripción general de los aspectos físicos del sitio y de la apariencia, tanto de la vegetación en general como de los individuos de mangle, que son parte del cuadrante. El nivel freático fue medido en cada uno de los sitios, también el nivel de luminosidad, así como la salinidad del agua (superficial e intersticial) y la ausencia o presencia de propágulos o plántulas y semillas en los árboles o en el suelo.

Los análisis que requieren los datos de los 12 Sitios Permanentes de Muestreo (SPM) en su conjunto, se presentan en la sección de interpretación de resultados: entre otros, por ejemplo, los patrones de producción de hojarasca y salinidad a lo largo del periodo de estudio, los patrones de supervivencia de las plántulas que se establecieron en 2021, los niveles de luz en el sotobosque y la salinidad del agua.

En la descripción de los 12 SPM, los datos generales de DAP y densidad corresponde al mes de agosto, donde las muestras incluyeron a todos los individuos dentro del cuadrante de 400 m². Los resultados del semestre ó de cada mes, donde sólo se incluyen las muestras de 12 individuos que se monitorean mensualmente, se presenta en la sección de interpretación de resultados, en donde también se integra la información.

IV.1. Laguna Valle de las Garzas.

Caracterización del SPM 1.

Los individuos de mangle identificados dentro del área establecida pertenecen a la especie *L. racemosa* (mangle blanco). Dichos individuos presentan copa desprovista de follaje, así como un DAP promedio de 9 cm y una densidad de 0.21 ind/m². En general los individuos continúan presentando indicios de estrés, así como presencia de termitas en algunos individuos. En el sitio hay registro de individuos juveniles de hasta 4 m de altura aproximadamente. En el mes de julio, el sitio continuó sin presencia de agua superficial y un nivel freático por debajo de los 70 cm de profundidad, por lo tanto, no hay valores de salinidad que reportar, sin embargo, sí fue posible percibir un aumento en la humedad debajo de la materia



orgánica situada en el suelo. Por otro lado, en el sitio fueron identificados más individuos de mangle con flor en comparación con los meses anteriores, y ahora fue posible encontrar individuos con fruto; respecto a las plántulas, aún persisten en el sitio las plántulas germinadas en el ciclo anterior, con el mismo número de plantas encontradas en el mes de junio, aunque con ligero aumento en la altura. La apariencia en la copa de los individuos de mangle no muestra cambios importantes por mencionar (Figura 15).



Figura 15. Copa de árboles desprovistos de follaje en la copa, condición que ocurre desde el inicio del estudio.

Caracterización del SPM 2.

En este sitio la especie encontrada fue mangle blanco (*L. racemosa*) la cual domina por completo el área. Los individuos presentan una densidad de 0.47 ind/m², un DAP promedio de 5.6 cm y algunos individuos de mayor altura se encuentran desprovistos de follaje, mientras que los adultos medianos muestran un follaje medianamente denso; así mismo, no se encontraron individuos con flor y/o fruto. Por otra parte, es notable que la distribución espacial de las plántulas se encuentra de acuerdo con corrientes de entrada de agua; a diferencia de los meses anteriores,

este mes fue posible encontrar muestra de agua en el tubo colocado para medición de nivel freático, mostrando un reduciendo los niveles de profundidad encontrados desde meses anteriores: de -70 cm ahora se encontró en -29 cm (Figura 16). Aún se encuentran las plántulas de los subcuadrantes 1 y 4, reportando aumento en la altura de las mismas. Por otro lado, los individuos de mangle mostraron aumento en la presencia de individuos con flor y disminución en la muestra de materia orgánica encontrada en las trampas de hojarasca.



Figura 16. Nivel freático a -29 cm del suelo.

Caracterización del SPM 3.

En este sitio fueron identificadas dos especies de mangle: mangle rojo (*R. mangle*), el cual cubre un área aproximada de 220 m² y mangle blanco (*L. racemosa*) cubriendo un área aproximada de 180 m², ambos cubriendo una densidad de 0.15 ind/m², un DAP promedio de 12.09 cm. En este muestreo fue posible observar mayor número de individuos de mangle en floración, así como flores y proágulos en el suelo, tanto de mangle blanco como de mangle rojo, aunque en mayor proporción del primero; mientras que el número de plántulas es el mismo que se reportó para

el mes de junio (Figura 17). Por su parte, el agua superficial mostró un ligero cambio, ya que debajo de la materia orgánica encontrada en el suelo, fue posible percibir un aumento en la humedad del sitio, así como en el nivel freático del sitio, ya que en junio estaba en -5.5 cm y para julio se encontró en 0 cm. Por otro lado, al igual que el SPM anterior, en este sitio se notó disminución en la muestra de materia orgánica encontrada en las trampas de hojarasca.



Figura 17. Condiciones actuales del SPM3.

Caracterización del SPM 4.

En el SPM4 se encuentra mangle rojo (*R. mangle*) y mangle blanco (*L. racemosa*), el área que cubre el mangle blanco es aproximadamente de 300 m² y de mangle rojo 100 m², este último colindando con el cuerpo de agua. La densidad es 0.05 ind/m² y un DAP promedio de 24 cm. En general, los individuos de mangle continúan presentando buena apariencia; la población de manglar está mayormente compuesta por adultos, mismos que presentan un buen follaje, altura superior a los 10 m en algunos ejemplares; sin embargo, en el sitio aún es posible encontrar plántulas emergidas en la temporada más reciente. En el muestreo realizado el mes de julio fue posible percibir mayor humedad en el suelo, más no agua superficial

(Figura 18), así como un nivel freático menor: de -24 cm a -9 cm. Respecto a las plántulas encontradas en los subcuadrantes del SPM4, éstas presentan buena apariencia y con ligero aumento de altura de las mismas, aunque se notó una disminución en el número de plántulas que se encontraban dispersas en el SPM4. Por otro lado, al igual que los SPM anteriores, el SPM4 mostró más individuos en floración, aunque de manera general no se notó tan considerable como en los otros sitios.



Figura 18. Humedad en el suelo, pero sin presencia de agua superficial.

Caracterización del SPM 5.

En este sitio el bosque está integrado por dos especies de mangle, mangle rojo (*R. mangle*) y mangle blanco (*L. racemosa*). Los individuos de mangle tienen un DAP promedio de 14.2 cm y una densidad de 0.07 ind/m². Los ejemplares de manglar que conforman el SPM5 se mantienen con la inclinación que se reportó desde meses anteriores, así mismo, los individuos que se encuentran inclinados totalmente sobre el suelo permanecen en tal situación. Por otro lado, el nivel freático de este sitio al igual que los anteriores, mostró cambios para el mes de julio, ya que, mientras que en junio registró un nivel freático de -48, para el mes de julio se registró un nivel de +6.5, esto quiere decir que hubo muestra tanto de agua intersticial como

superficial (Figura 19), aunque esta última no se encuentra cubriendo todo el SPM sino por zonas. Respecto a las plántulas, aún se encuentra la única plántula que continúa siendo monitoreada desde agosto del año anterior, y no se encuentran numerables plántulas dispersas, sino muy pocas. Este mes también para el SPM5 la muestra de materia orgánica disminuyó y el número de individuos en floración aumentó.



Figura 19. Nivel freático por encima del suelo en algunas zonas del sitio.

Caracterización del SPM 6.

En este SPM se encuentra mangle blanco mayormente (*L. racemosa*), y menor presencia de mangle rojo (*R. mangle*), aunque los individuos de mangle rojo encontrados son juveniles y escasos (solamente 2 individuos en el SPM). El mangle blanco presentó un DAP promedio de 10.3 cm y una densidad de 0.16 ind/m². En el canal adyacente al sitio, la cantidad de agua que presenta normalmente continuó disminuyendo. En el sitio los individuos de mangle de mayor edad, altura y DAP se encuentran en su mayoría con cierto grado de inclinación o caídos, aparentemente por causas naturales como vientos fuertes causados por huracanes, sin embargo, también es posible encontrar individuos de generaciones más resientes, los cuales

han cubierto el espacio libre que los mangles de generaciones más antiguas han dejado disponibles. En este muestreo se identificó un ligero aumento en el número de individuos que presentaban flor, además, fue posible observar que algunos de ellos ya presentan fruto. Se mantienen las plántulas de los subcuadrantes 1 y 3, con aumento en las alturas de las mismas; mientras que las plántulas dispersas por el sitio, emergidas el año anterior, se han ido perdiendo con el paso del tiempo. Por otro lado, el nivel freático también mostró cambios en este sitio, en junio se encontraba en -8 cm y en julio se registró un nivel de 0 cm respecto al nivel del suelo. Como se mencionó anteriormente, este mes se notó un descenso en la cantidad de materia orgánica encontrada en los sitios, y el SPM6 no fue la excepción, tanto en las trampas de hojarasca como en el suelo se observó menos cantidad de material vegetal (Figura 20).



Figura 20. A) El nivel freático a nivel del suelo; B) Floración; C) Individuos de mangle caído y ladeados; D) Vegetación secundaria invadiendo la copa de los árboles.

IV.2. Laguna de Cuyutlán.

En la Laguna de Cuyutlán, fueron delimitados tres SPM; uno en el vaso II (SPM7), uno en el vaso III (SPM8) y otro en el vaso IV (SPM9). Se observó que, en cada sitio, las condiciones difieren, y como resultado, los individuos presentan características diferentes de un sitio a otro.

Caracterización del SPM 7.

En este sitio predomina el mangle blanco (*L. racemosa*) mismo que presenta un diámetro promedio de 13 cm, su distribución al interior de este genera una densidad 0.11 ind/m². El follaje en los individuos es abundante y da sombra a todo el sitio. El flujo de agua observado en meses anteriores, desde junio ya no fue localizado, por lo que el nivel freático se encontró también para el mes de julio, por debajo de los 70 cm (Figura 21). Esto puede ser a consecuencia de obras realizadas a unos metros del sitio de muestreo (Figura 21), donde una de las obras consiste en la creación de un canal, mismo que desvía el agua del arroyo. Al igual que el resto de los sitios, se observó un aumento en el número de individuos de mangle en floración.



Figura 21. El Nivel freático continua por debajo de los 70 cm.

Caracterización del SPM 8.

En este SPM, se encontró sólo mangle blanco (*L. racemosa*); los ejemplares presentaron un DAP promedio de 5.6 cm y una densidad de 0.43 ind/m². En el muestreo realizado el mes de julio fue posible observar un aumento en el nivel freático del sitio, ya que la muestra de agua intersticial se tomó a nivel cero del tubo donde se toma la muestra (a nivel de suelo), así mismo la humedad superficial del

sitio se percibió ligeramente mayor a la observada el mes anterior. Respecto a la apariencia de los individuos del sitio, la copa de los árboles presenta follaje abundante; en general muestran apariencia saludable. Durante todo el periodo se han registrado plántulas de diversos tamaños, dispersas por todo el sitio, así mismo, los subcuadrantes conservan las plántulas monitoreadas y aumento de tamaño de estas. Este sitio también reportó mayor número de individuos en floración para este mes, así como aumento de producción de materia orgánica (Figura 22). En este sitio es donde podemos identificar más presencia de *Batis maritima*, tanto de la Laguna de Cuyutlán, así como en comparativa con las otras dos lagunas.



Figura 22. A) Presencia de humedad superficial pero no agua; B) Nivel freático a -7.5 cm; C) Aún sin presencia de vegetación secundaria nueva por la temporada de lluvias; D) Sin germinación de nuevas plántulas de mangle.

Caracterización del SPM 9.

En este SPM sólo se encontraron individuos de mangle blanco (*L. racemosa*); los individuos presentaron un DAP promedio de 6.7 cm y una densidad de 0.03 ind/m². Los individuos de mangle en su mayoría son arbustivos y tienen más de un tallo y un follaje abundante. Desde inicios del estudio las condiciones del sitio continúan similares y el cambio con el paso del tiempo es poco o nulo. En el suelo se aprecia una gran cantidad de materia orgánica, misma que fue posible observar en las muestras de hojarasca recolectadas. Este sitio no presenta plántulas en los sub-

cuadrantes establecidos, así como casi nula la presencia de plántulas dispersas en el SPM. El número de individuos en floración aumentó de acuerdo con lo registrado el mes anterior (Figura 23). Por otro lado, el nivel freático registró un aumento, encontrándose casi a nivel de suelo el nivel del agua dentro del tubo, de igual forma, la humedad en el suelo, mostró un aumento.



Figura 23. Sin presencia de germinación de plántulas.

IV.3. Laguna de San Pedrito

El mangle en esta zona está delimitado por la infraestructura urbana (Viviendas y Calles) al oeste, mientras que del lado sur y este colinda con el Puerto de Manzanillo y al norte con la Laguna Valle de las Garzas (Figura 24).

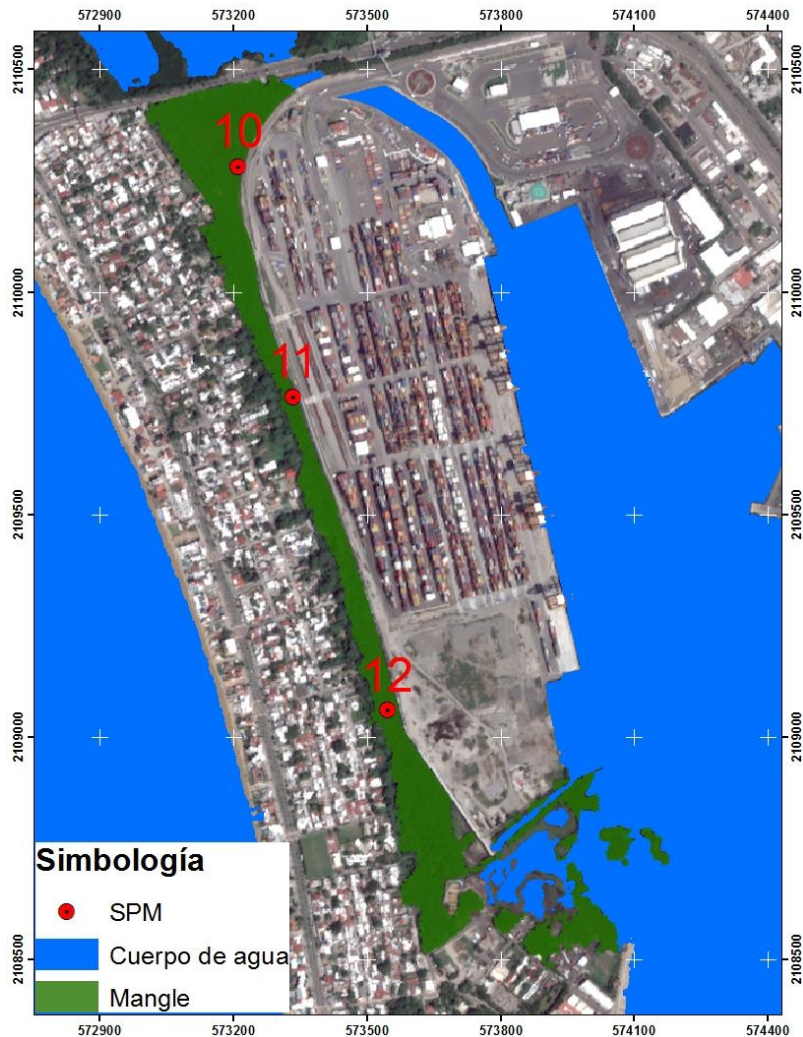


Figura 24. Imagen donde se ilustra que los sitios se encuentran colindando con la mancha urbana e instalaciones del Puerto de Manzanillo. En color rojo se señalan los SPM dentro del área de manglar.

Caracterización del SPM 10.

La especie de mangle predominante es el mangle blanco (*L. racemosa*), sin embargo, también se encontraron individuos de mangle rojo (*R. mangle*). En el sitio los individuos tienen un DAP promedio 6.8 cm y una densidad de 0.33 ind/m². En el muestreo que se realizó en el mes de julio, se observó la presencia de agua superficial aún de manera localizada, esto únicamente donde se encuentra mangle rojo, en el resto del sitio no se encuentra agua superficial y la humedad en el suelo es aún casi imperceptible bajo la hojarasca, aunque se mantiene cierto grado de

esta. También se encontró aumento en la floración de mangle blanco y rojo de este sitio (Figura 25).



Figura 25. Presencia de agua superficial en la zona de mangle rojo; mientras que en el área de mangle blanco sólo hay humedad.

Caracterización del SPM 11.

En el sitio hay presencia de mangle blanco y mangle rojo mismo que es el de mayor abundancia; en promedio la densidad es de 0.11 ind/m² y un DAP promedio de 20.7 cm. El sitio continúa sin presencia de agua superficial, sin embargo, fue posible percibir un aumento en la humedad bajo la hojarasca del suelo. Al igual que el mes anterior, en el muestreo de julio se observaron individuos en floración, aunque se notó un incremento en el número de ellos; así mismo, fueron identificadas flores de mangle blanco, de mangle rojo y propágulos en el suelo y en muestras de hojarasca (Figura 26).



Figura 26. Humedad abundante y pequeños charcos de agua superficial.

Caracterización del SPM 12.

Debido a las condiciones de humedad, es un lugar donde es posible observar individuos de mangle rojo (*R. mangle*), sin embargo, el mangle blanco (*L. racemosa*) es la especie predominante. La densidad del bosque de manglar es de 0.05 ind/m² y un DAP promedio de 31.5 cm. Este sitio es el que menos humedad presenta y con nula presencia de plántulas, ya que no hay plántulas en los subcuadrantes establecidos ni dispersas en el SPM. Este mes fue posible observa individuos con presencia de flores y mayor producción de hojarasca (Figura 27).



Figura 27. Humedad superficial, pero sin presencia de agua ni germinación de nueva vegetación de ninguna especie.

V. Interpretación de los resultados

Los resultados de análisis de los valores recopilados en campo, sugieren que el bosque de manglar de los tres sistemas está bajo la influencia de actividades antropogénicas que transforman el paisaje de estos tres sistemas.

La Laguna Valle de las Garzas y San Pedrito están totalmente rodeados por infraestructura urbana (Figura 2), mientras que la Laguna de Cuyutlán (Figura 3) tiene menos influencia antropogénica y, por lo tanto, presenta menor perturbación.

V.1. Producción de hojarasca.

En otros estudios realizados por la UCOL en la Laguna de Cuyutlán sobre la producción de hojarasca, se conoce que existe una variabilidad anual y mensual (fenología foliar, floral y reproductiva) y espacial. En este estudio, al comparar la variabilidad en la producción de hojarasca, en los tres sistemas estudiados, se hace muy evidente la variabilidad espacial y temporal, al haber completado ya 9 meses del año, que prácticamente incluyen el fin del periodo de lluvias de 2021 y el inicio del estiaje de octubre y hasta junio 2022 (Figura 28, Figura 29 y Figura 30). En general la tendencia sugiere una mayor productividad en Cuyutlán, intermedia en el Valle de las Garzas y la más baja en San Pedrito. En este mes el incremento en la materia orgánica sólo ocurrió de manera importante en dos de los sistemas lagunares estudiados. El incremento más notable fue en Cuyutlán donde se recolectaron hasta $19 \text{ g m}^2 \text{ día}^{-1}$ en un de los tres sitios; un segundo sitio de Cuyutlán generó en el mes aproximadamente $10 \text{ gr m}^2 \text{ día}^{-1}$ y sólo un sitio del Valle de las Garzas generó igualmente cerca de $10 \text{ g m}^2 \text{ día}^{-1}$. En San Pedrito los tres sitios estudiados se mantienen por debajo de $5 \text{ g m}^2 \text{ día}^{-1}$. En los próximos meses ya será posible caracterizar con mayor claridad las diferencias entre los tres sistemas lagunares.

En Figura 31 del periodo de mayo-junio 2022, se presenta la secuencia de mayor a menor la producción en los 12 sitios de estudio; en la gráfica se aprecia que este mes, sólo un sitio en Cuyutlán, como ya se mencionó arriba, llegó a niveles de producción ($19 \text{ g m}^2 \text{ día}^{-1}$) muy por encima del resto de los SPM. Entre el resto, dos

sitios llegaron a una producción cercana a $10 \text{ g m}^2 \text{ día}^{-1}$. Los nueve SPM restantes repartidos entre el Valle de las Garzas, Cuyutlán y de San Pedrito se intercalan en la progresión en valores en o por debajo de $5 \text{ g m}^2 \text{ día}^{-1}$, valores de producción que siguen siendo representativos del final del estiaje.

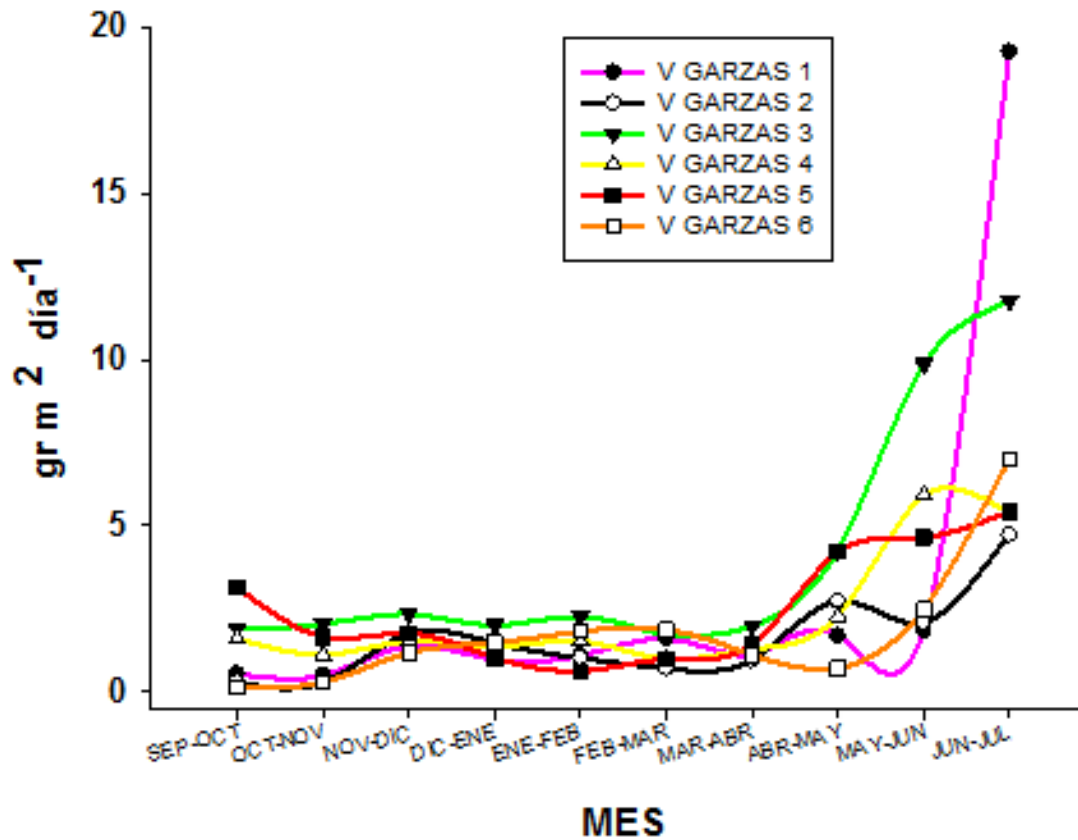


Figura 28. Producción de hojarasca en Valle de las Garzas.

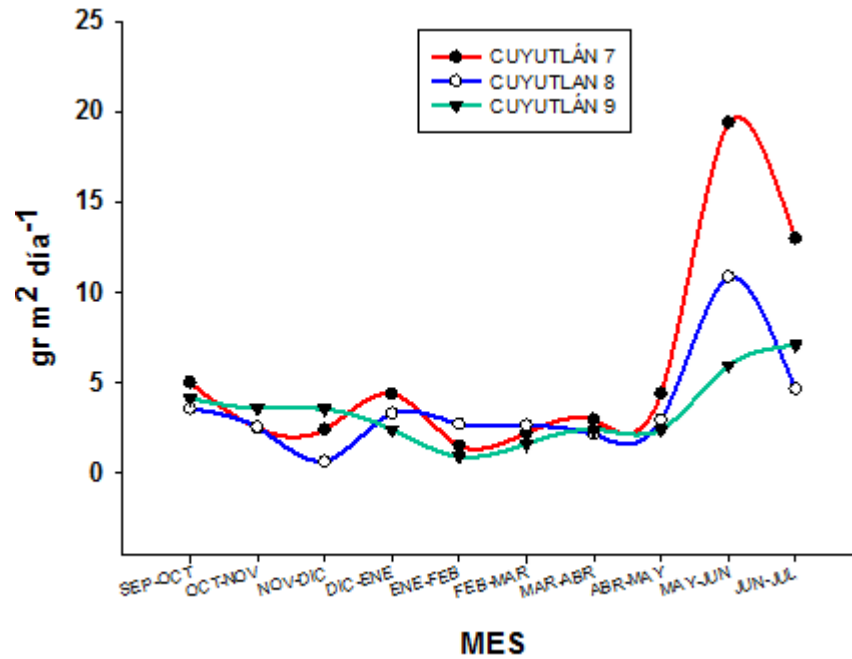


Figura 29. Producción de hojarasca en Cuyutlán.

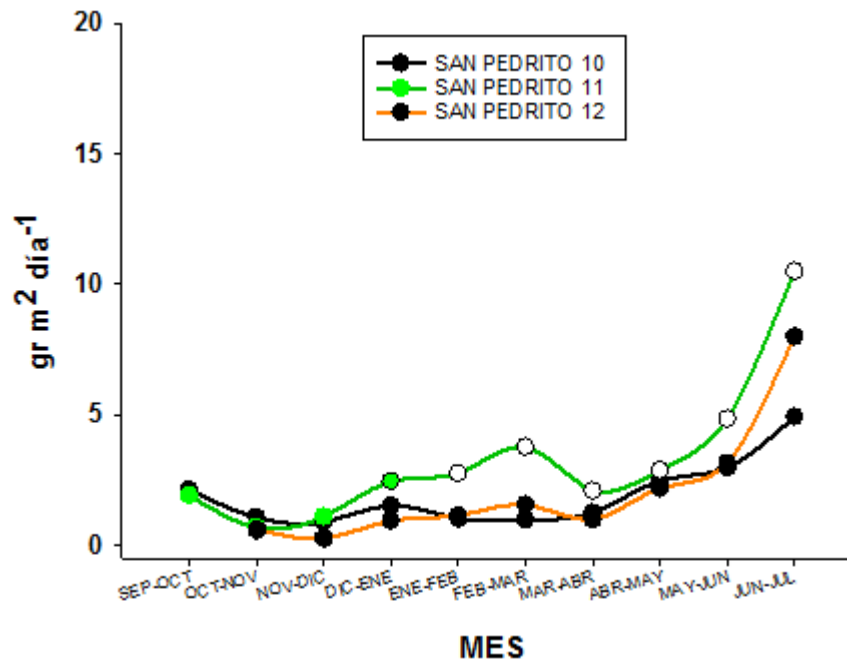


Figura 30. Producción de hojarasca en San Pedrito.

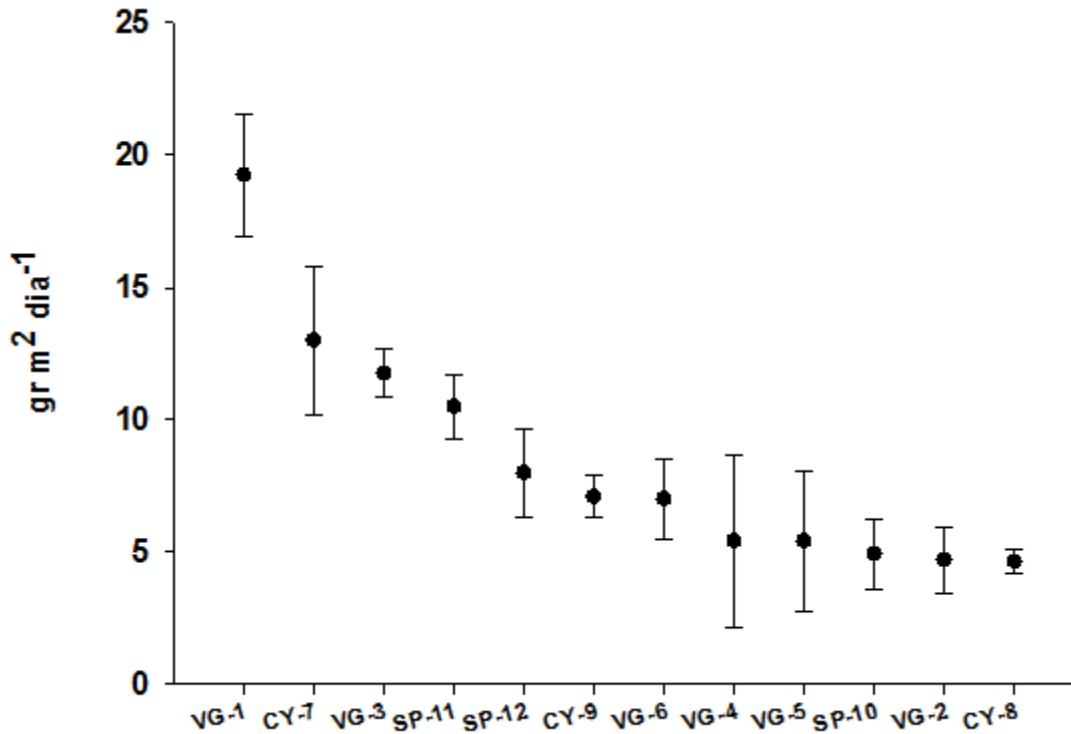


Figura 31. Producción de hojarasca en el periodo junio-julio 2022 de los 12 SPM estudiados en tres humedales de la costa de Colima. Valle de las Garzas (VG), Laguna de Cuyutlán (CY) y San Pedrito (SP). Se presentan promedios ordenados en la progresión de mayor a menor producción.

V.2. Nivel freático

El nivel freático continúa en aumento, excepto en el SPM1 donde se encuentra por debajo de los 70 cm. En el SPM2 por primera vez el agua fue localizado por encima de los -70 cm, en este mes se encontraba a -29 cm, es posible que sea a consecuencias de las precipitaciones de la temporada de lluvias. En el SPM3 disminuyó a cero y SPM4 ascendió a -9 cm. En el SPM5 el aumento fue de 41.5 cm, en el mes anterior se encontraba a -48 cm y en este muestreo estaba a +6.5 cm, cabe aclarar que el nivel de agua se encontraba cubriendo el tubo de PVC donde se toma la muestra, pero esta cobertura fue en un 40 % del sitio. Finalmente, en el SPM6 el nivel continuó a cero cm del suelo.

Desde el muestreo realizado en el mes de mayo se detectó un aumento del nivel freático (excepto en el SPM5), lo que podemos especular que se necesita poca

precipitación para aumentar el nivel del agua en todos los sitios, probablemente en el mes de agosto se identifique agua en el SPM1 y mayor nivel sobre el suelo en el resto de los sitios. Sin embargo, probablemente una vez que termine la temporada de lluvias, este descienda rápidamente, ya que en el mes de enero (cuando inició el muestreo de este parámetro) ya había descendido significativamente y en los sitios SPM1 y SPM2 se encontraba por debajo de los 70 cm (Figura 32).

Continuar con los muestreos mensuales de este parámetro es necesario para determinar la disponibilidad de agua en el bosque de manglar.

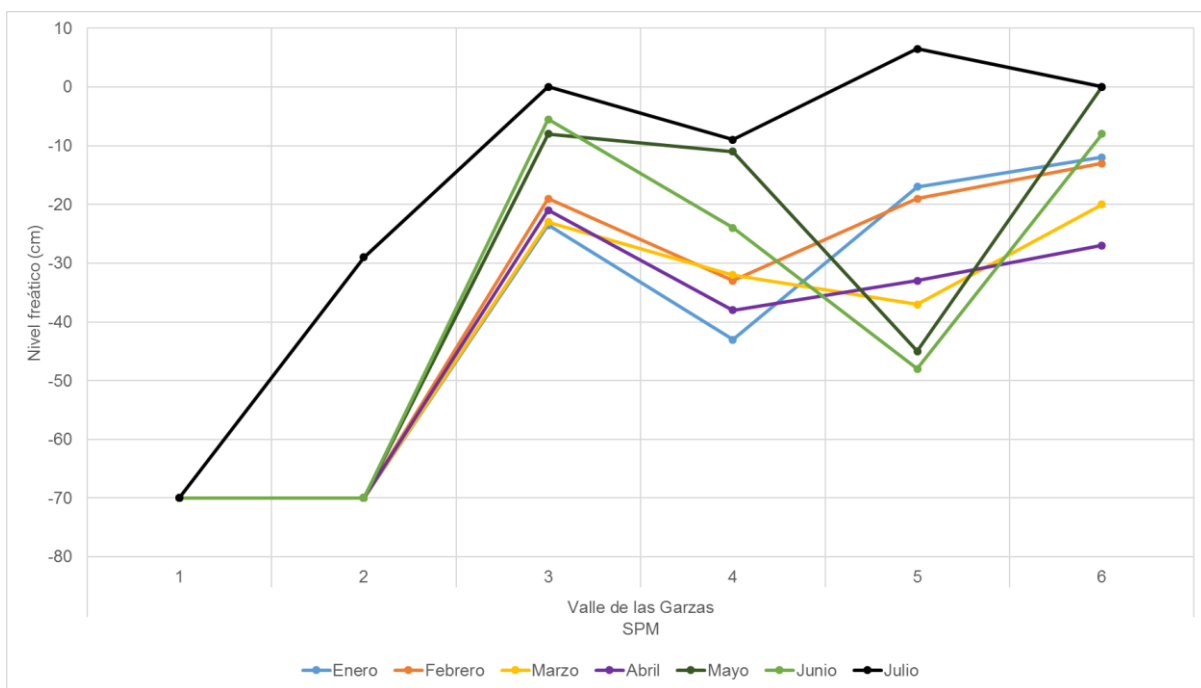


Figura 32. Nivel freático en la Laguna Valle de las Garzas.

Al igual que el Valle de las Garzas, en Cuyutlán el nivel freático comenzó su ascenso (excepto en el SPM7), en este caso desde el mes de junio. En el caso del SPM8 se localizó a nivel 0 y en el SPM9 a -7.5 cm (Figura 33). Probablemente en el mes de agosto estos dos sitios se encuentren inundados. En el caso del SPM7, probablemente el nivel aumente.

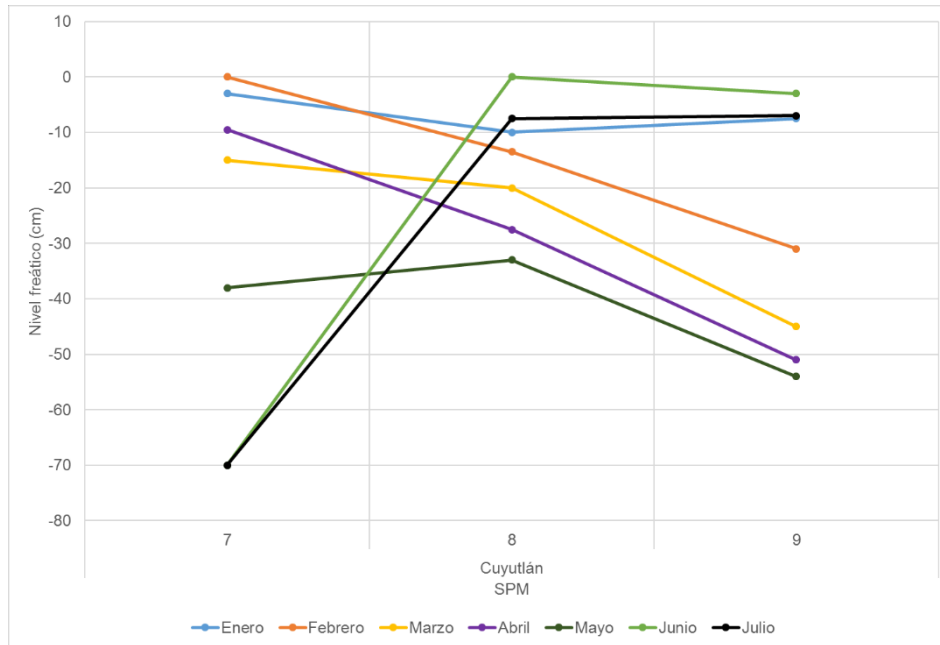


Figura 33. Nivel freático en la Laguna de Cuyutlán.

En San Pedrito también hubo ascenso del nivel freático, en el SPM10 se localizó a -3 cm, en el SPM11 a 0 y en el SPM12 a -28 cm (Figura 34).

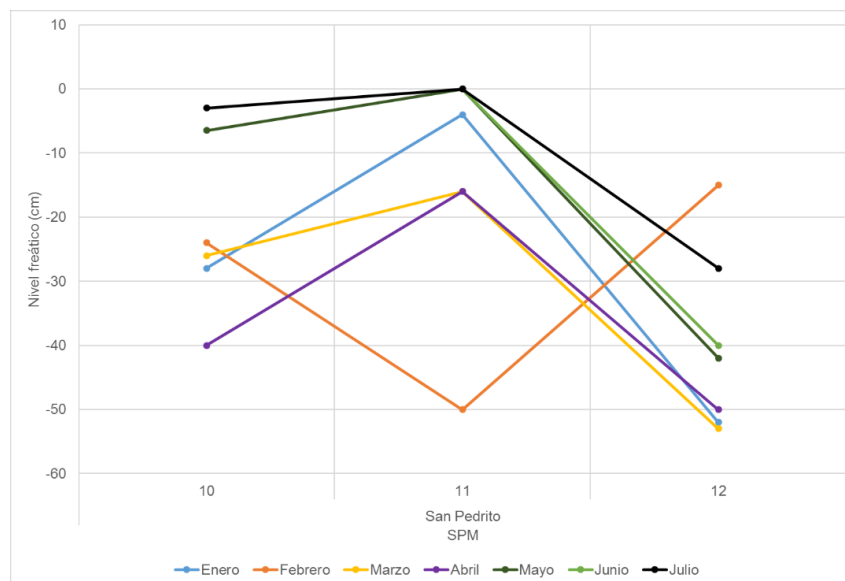


Figura 34. Nivel freático en la Laguna de San Pedrito.

V.3. Salinidad de agua superficial e intersticial

En la Tabla 1 se presentan los resultados de salinidad en agua superficial en cada uno de los 12 SPM. Un valor de “36 UPS” es la salinidad típica de agua de mar, un

valor “0” es el valor del agua dulce proveniente del continente a través de escurrimientos superficiales o subterráneos.

Como se mencionó anteriormente, la presencia de agua superficial es nula, sin embargo, en el SPM10 se acumula un poco de agua superficial donde hay mangle rojo (menor a los 2 cm), proveniente del canal que comunica el Puerto Interior con la Laguna Valle de las Garzas (Figura 35).

Como se ha descrito en los apartados anteriores, aún no hay presencia de agua superficial en la mayoría de los SPM. Únicamente en el SPM5 se logró recolectar agua y su salinidad fue de 2.4, valor cercano al agua dulce, por lo que indica que es agua producto de precipitaciones mezclada con el suelo salino del área de estudio. En el SPM10 continua la presencia de agua en la zona donde hay mangle rojo y la salinidad incrementó a 8.4 pero aún presenta baja salinidad (Tabla 1).



Figura 35. Canal de agua que comunica el Puerto Interior y la Laguna Valle de las Garzas, suministra agua el SPM10. Imagen de satélite Pléiades de octubre de 2021.

Tabla 1. Resumen de la salinidad de agua superficial en los SPM: (unidades en porcentaje). El símbolo – indica que no se observó agua superficial.

Laguna	SPM	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Va lle de las	1	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-



	2	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	15	20	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	0	-	-	-	-	-	-	-	-	2.4
	6	6	10	0	26	-	-	-	-	-	-
Cuyutlán	7	0	7	20	0	-	-	-	-	-	-
	8	10	17	0	22	-	-	-	-	-	-
	9	7	16	-	-	-	-	-	-	-	-
San Pedrito	10	4	9	24	7	4	5	5	4	7.23	8.4
	11	0	3	30	-	-	-	-	-	-	-
	12	5	-	-	-	-	-	-	0	-	-

*36 UPS es la salinidad de agua de mar.

En contraste con el agua superficial, la presencia de agua intersticial fue más constante, solamente en los SPM1 y SPM7 no fue posible recolectar muestra de agua. Durante casi todo el periodo de muestreo fue posible recolectar agua, excepto en los SPM1 y SPM2. En la Tabla 2 se presentan los resultados de agua intersticial en los 12 sitios durante el periodo de octubre de 2021 a julio de 2022. En general los valores de salinidad muestran un patrón de incremento desde octubre de 2021 a mayo de 2022, posteriormente inicia un descenso a causa del ingreso de agua dulce al sistema producto de las precipitaciones de lluvia por la temporada.

Tabla 2. Resumen de salinidad de agua intersticial en los SPM: (unidades en porcentaje). El símbolo – indica que el nivel freático del sitio fue mayor a 70 cm de profundidad.

Laguna	SPM	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Valle de las Garzas	1	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	2.4
	3	10	14	19	22	26	32	34	34	34.9	22.9
	4	12	17	-	24	24	27	28	16	10.8	6.0
	5	3	3	5	4	4	6	0	12	-	1.2
	6	8	11	2	1	1	1	1	1	12	1.2
Cuyutlán	7	0	0	15	1	1	1	1	1	-	-
	8	8	15	10	15	14	20	18	1	32.5	24.1
	9	6	15	23	25	25	32	31	12	30.1	37.4
San Pedrito	10	2	9	20	31	36	36	47	47	48.2	31.4
	11	0	2	11	24	18	15	12	6	4.8	1.2
	12	3	-	-	2	2	4	1	1	6.0	3.6

***36 es la salinidad de agua de mar.**

V.4. Luminosidad debajo del dosel del bosque

En la Tabla 3 y Figura 36 se presentan los resultados del estudio de la cantidad de luz natural que penetra el dosel en cada uno de los sitios. Al igual que los meses anteriores, el análisis continúa confirmando que la cobertura de follaje es mayor en el bosque de manglar de San Pedrito, mientras que en Valle de las Garzas es mucho menor y en Cuyutlán la cobertura tiene valores intermedios entre las Garzas y San Pedrito.

Tabla 3. Resumen del porcentaje de luminosidad que penetra el dosel del bosque de manglar en los SPM en el periodo noviembre de 2021 a julio de 2022.

Laguna	SMP	Promedio (%)	Luz disponible (%) por laguna
Valle de las Garzas	1	39.5	27.2
	2	38.1	
	3	18.5	
	4		
	5	18.5	
	6	27.6	
Cuyutlán	7	18.1	20.8
	8	26.3	
	9	17.9	
San Pedrito	10	17.9	12.9
	11	11.5	
	12	9.2	

Los SPM1, SPM2 y SPM6 es donde el individuo de mangle tiene menos follaje, permitiendo un mayor porcentaje de luz, en los dos primeros sitios el sotobosque de manglar presenta las copas desnudas, en SPM6 la mayoría de los individuos están inclinados. En la Laguna de Cuyutlán, el SPM8 es donde más luz penetra al sotobosque y en San Pedrito en SPM10 es donde más luz penetra (Figura 36).

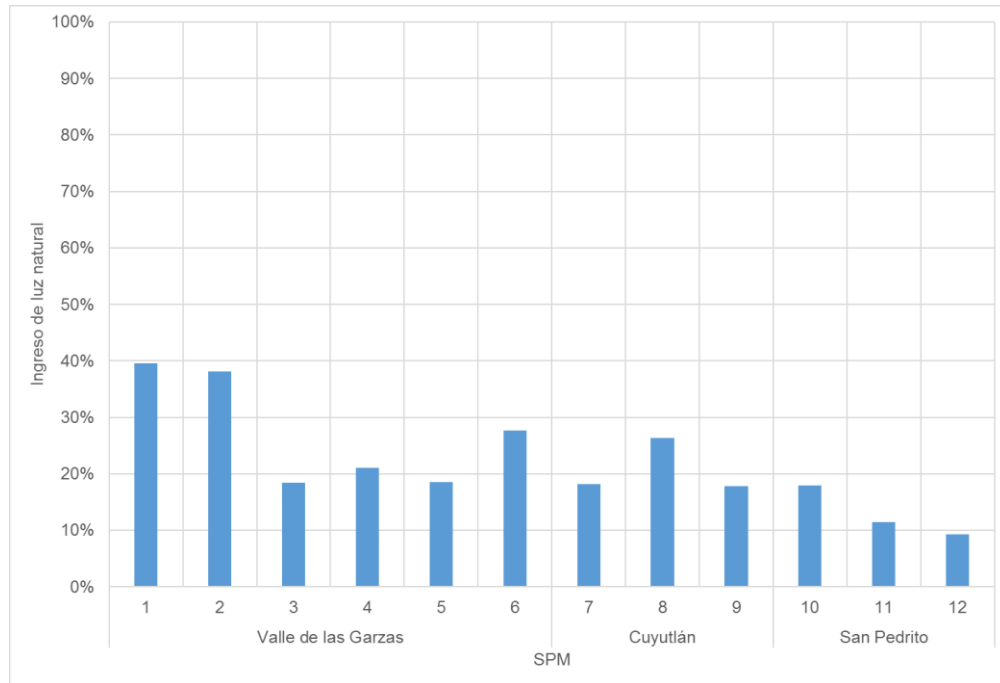


Figura 36. Porcentaje de luminosidad que penetra el dosel del bosque de manglar en los SPM en el periodo noviembre de 2021 a julio de 2022.

V.5. Análisis de DAP

La evolución del DAP, como se describió en la metodología, se evaluó con base en las mediciones de 12 árboles por SPM y en cada mes de septiembre a julio.

Este análisis en general debe hacerse una vez al año, aunque de manera preliminar aquí se presenta para reconocer algún patrón en el crecimiento de los árboles.

En general el crecimiento es casi imperceptible, con valores menores a 1 cm hasta el mes de julio en todos los SPM. El rango de incremento promedio encontrado fue de 0.21 a 0.47 cm. Estos valores son comparables a otros estudios realizados por la UCOL en la Laguna de Cuyutlán. El mangle blanco y el mangle rojo en cuanto a DAP, tienen tasas de crecimiento anual (TAC) cercanas a 0.5 cm o menos. En los estudios citados, también existe una gran variabilidad entre sitios y años. Por lo que, la conclusión es que los sitios observados corresponden a los patrones conocidos de crecimiento en la Laguna de Cuyutlán.

Por otro lado, con los valores de circunferencia y altura recabados durante el presente estudio se estimó el volumen de los 12 árboles de mangle en los 12 SPM evaluados del primer muestreo (Ago-2021) y el último (Jul-2022). En la Tabla 4 y Figura 37 se presenta los valores de incremento de volumen promedio de los 12 individuos de mangle por SPM durante el periodo de estudio.

Tabla 4. Incremento volumétrico promedio de los 12 individuos de mangle por SPM estudiados en los SPM del periodo agosto de 2021 y julio de 2022. Se presentan los valores en unidades de $m^3 \times 10^{-3}$.

Laguna	SPM	Incremento promedio por Ind (m^3)
Valle de las Garzas	1	0.010
	2	0.003
	3	0.008
	4	0.010
	5	0.013
	6	0.005
Cuyutlán	7	0.008
	8	0.009
	9	0.006
San Pedrito	10	0.007
	11	0.008
	12	0.006

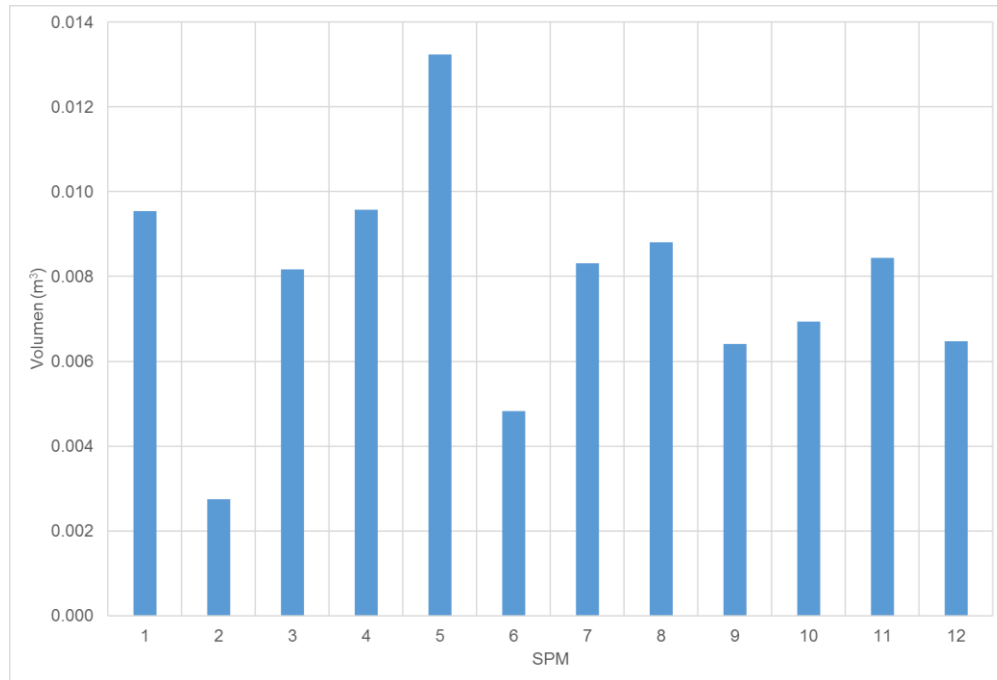


Figura 37. Incremento anual del volumen promedio (12 árboles) en cada uno de los SPM de septiembre de 2021 a julio de 2022. Valores expresados en m³.

V.6. Cambios en la densidad de plántulas

El reclutamiento de plántulas se considera, un factor importante en el reemplazamiento de los árboles adultos en el transcurso del tiempo. En otras palabras, los procesos demográficos que ocurren en estos individuos jóvenes son importantes para prever el futuro de un bosque dado.

En el periodo transcurrido de varios meses, desde el inicio del estudio, observamos primeramente el reclutamiento de plántulas en el sistema. Posterior a esto, a partir de los meses de diciembre y enero, es cuando se observó la pérdida paulatina de plántulas de mangle en los tres sistemas lagunares estudiados hasta el mes de julio que aquí se reporta.

V.6.1. Laguna Valle de las Garzas

En el Valle de las Garzas se observa una amplia variación en la densidad de plántulas (Tabla 5 y Figura 38). La progresión de la supervivencia en los sitios evaluados sugiere que a partir de abril se estabiliza la tasa de mortalidad,

permaneciendo constante hasta el momento, dando como resultado en una densidad promedio de 2.6 plántulas/m² (equivalente a 26 x 10³ ha).

Tabla 5. Densidad (valores promedio) de plántulas en los SPM de la Laguna Valle de las Garzas para la progresión de agosto de 2021 a julio 2022. Se presenta el promedio de los 4 subcuadrantes por sitio en los 10 meses. Unidades: individuos/m².

SPM	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
1	4.0	0.0	5.8	5.0	6.8	5.3	4.8	4.5	4.5	4.0	3.8	3.5
2	11.8	10.8	9.0	8.3	12.3	6.5	8.5	8.3	6.5	6.3	6.0	6.0
3	0.0	2.8	4.0	6.0	6.0	4.3	4.0	1.8	1.5	1.3	1.3	1.3
4	4.3	3.3	3.8	4.8	3.5	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
5	10.8	0.3	0.5	0.8	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
6	0.0	1.3	2.8	2.3	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	1.8	1.5	1.5

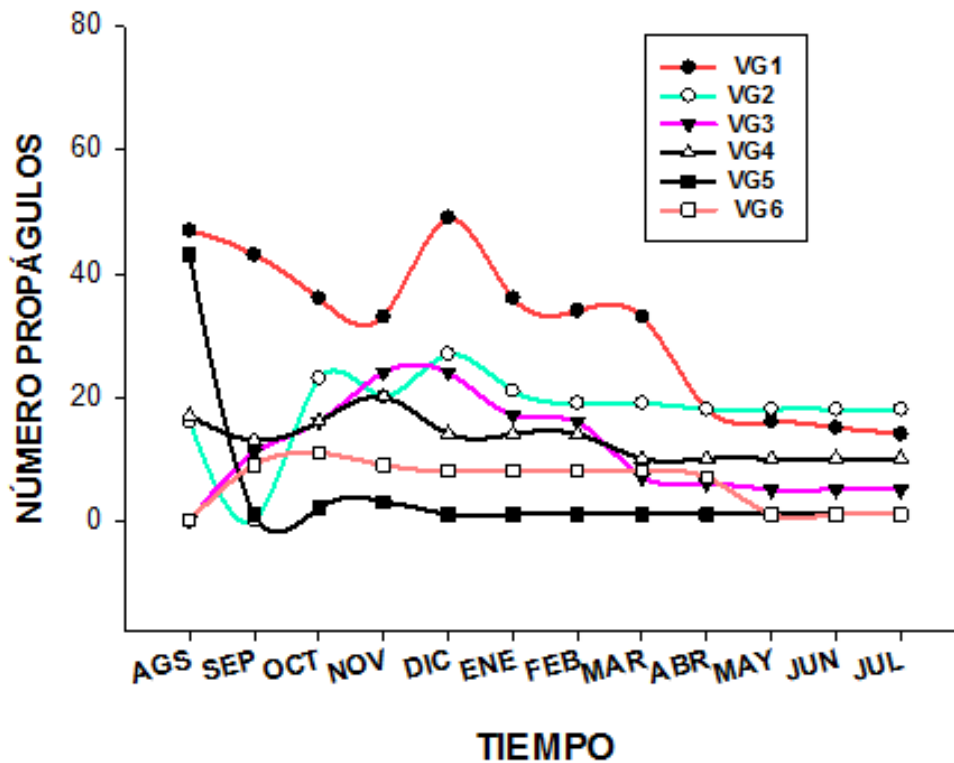


Figura 38. Progresión de los patrones de supervivencia de las plántulas establecidas en los sitios de muestreo de la Laguna del Valle de las Garzas de agosto 2021 a julio 2022. Se muestra el número absoluto de plantas que se cuantificó cada mes.

V.6.2. Laguna de Cuyutlán

En la Laguna de Cuyutlán, donde se ha contabilizado una mayor cantidad de plántulas, a la fecha, en el mes de julio en promedio se tiene una densidad de 2.5 plántulas/m² (equivalente a 25 x 10³ ha) y la tasa de mortalidad se ha estabilizado en “0” (Tabla 6 y Figura 39). En este sistema lagunar, de los tres sitios evaluados, en uno de ellos (SPM9) la población evaluada había llegado a “0” desde el mes de marzo. Es importante señalar que, con estos valores, Cuyutlán y las Garzas son equivalentes hasta el momento.

Tabla 6. Densidad (valores promedio) de plántulas en SPM de la Laguna de Cuyutlán para la progresión de agosto de 2021 a julio 2022. Unidades: individuos/m².

SPM	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
7	23.5	8.5	18.8	25.5	33.0	28.0	21.3	2.0	1.5	0.5	0.5	0.5
8	12.8	11.5	29.3	41.3	34.8	27.5	23.0	9.3	9.0	8.8	7.0	6.5
9	0.0	0.0	35.0	41.0	28.3	19.0	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

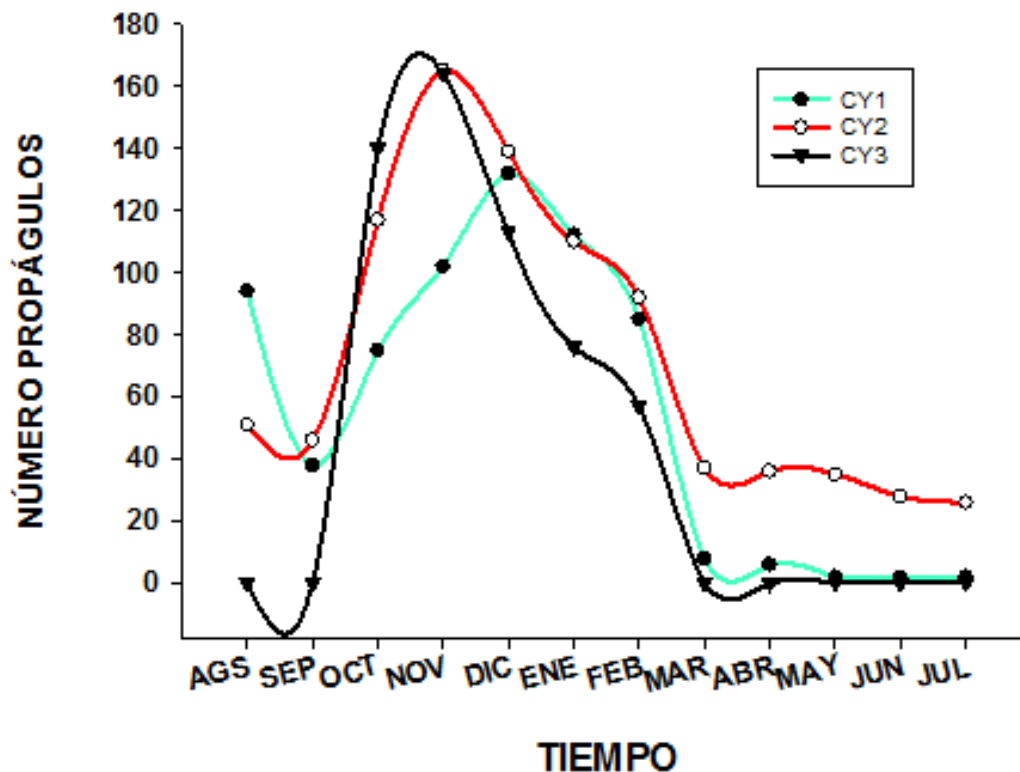


Figura 39. Progresión de los patrones de supervivencia de las plántulas establecidas en los sitios de muestreo de la Laguna de Cuyutlán de agosto 2021 a julio 2022. Se muestra el número absoluto de plantas que se cuantificó cada mes.

V.6.3. Laguna San Pedrito

Entre las tres lagunas, San Pedrito es la que presenta una menor densidad de plántulas, al mes de julio el promedio es de 1.8 plántulas/m² (18 x 10³ ha), valor inferior al encontrado en el Valle de las Garzas y Laguna de Cuyutlán. En este sistema lagunar, dos de los SPM ya mostraban una tasa muy baja de reclutamiento de plántulas desde el inicio del estudio. Sin embargo, en el restante, los procesos de reclutamiento y de mortalidad fueron análogos (con magnitudes muy contrastantes) a los ocurridos en el Valle de las Garzas y en Cuyutlán. Hasta el momento sólo dos meses se han mostrado con la misma tasa de mortalidad de plántulas en el sitio (Tabla 7 y Figura 40).

Tabla 7. Densidad (valores promedio) de plántulas en SPM de San Pedrito para la progresión de agosto de 2021 a julio 2022. Unidades en individuos / m².

SPM	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
10	0.0	16.3	9.3	20.8	20.3	18.3	16.0	13.3	8.3	4.5	4.0	3.3
11	-	2.3	2.3	2.8	3.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

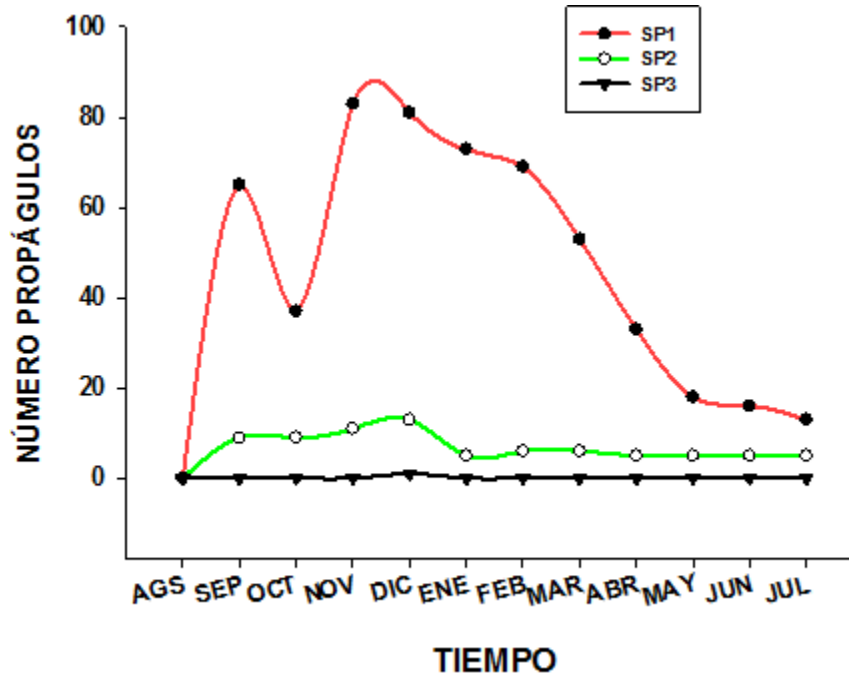


Figura 40. Progresión de los patrones de supervivencia de las plántulas establecidas en los sitios de muestreo de la Laguna de San Pedrito de agosto 2021 a julio 2022. Se muestra el número absoluto de plantas que se cuantificó cada mes.

En la Figura 41 se presenta una representación espacio-temporal del reclutamiento de propágulos en los tres sistemas de manglar estudiados. En ésta se aprecian los cambios descritos arriba. El patrón que emerge de manera gráfica es la amplia diferencia en las tasas de reclutamiento de plántulas entre Cuyutlán y los dos humedales restantes, siendo más alta en Cuyutlán.

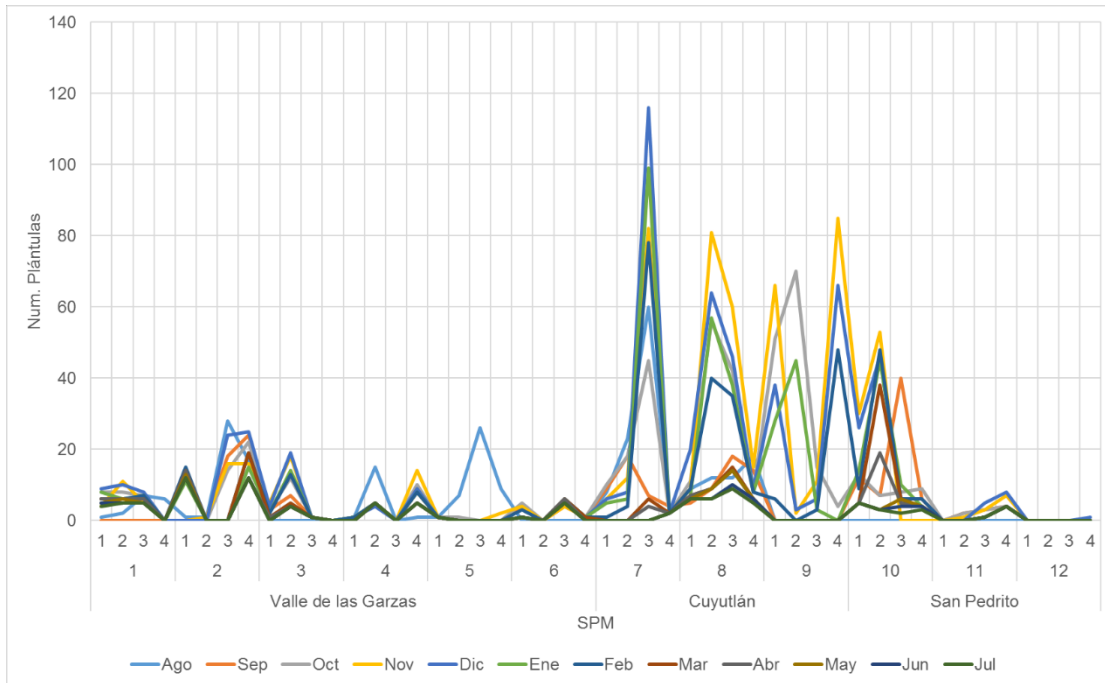


Figura 41. Resumen del reclutamiento de propágulos que lograron establecerse y llegar al estado de plántula, en los sitios de las tres lagunas del estudio.

I.1. Resultados de NDVI en el bosque de manglar de la Laguna de Cuyutlán

En Tabla 8 se presentan los resultados de NDVI en el bosque de manglar de la Laguna de Cuyutlán comparando los valores de época de estiaje de 2019 vs 2022; así mismo, los valores de época de lluvias de 2021. El análisis sugiere, al igual que en los sistemas del Valle de las Garzas y San Pedrito, que los individuos de mangle sufren un estrés durante el periodo de secas con respecto al periodo de lluvias. Así mismo, el índice ha disminuido de 2019 a 2022 en toda el área de manglar.

Tabla 8. Comparación de resultados de NDVI en el bosque de manglar en Cuyutlán.

Rango NDVI	Época estiaje		Época de lluvias
	2019	2022	2021
0.00 a 0.10	0.2%	17.6%	9.4%
0.11 a 0.20	0.1%	4.3%	31.3%
0.21 a 0.30	0.3%	30.9%	17.7%
0.31 a 0.40	0.7%	40.1%	12.2%
0.41 a 0.50	2.3%	7.0%	19.6%
0.51 a 0.60	7.5%	0.1%	3.8%
0.61 a 0.70	21.5%	0.0%	5.9%
0.71 a 0.80	54.7%	0.0%	0.0%
0.81 a 0.90	12.6%	0.0%	0.0%
0.91 a 1.00	0.0%	0.0%	0.0%

En las Figura 42 y Figura 43 se presenta la comparación de los valores de NDVI en el bosque de manglar de Cuyutlán, donde se aprecia considerable disminución del índice en la época de secas (abril de 2022) con respecto a la época de lluvias (octubre de 2021).

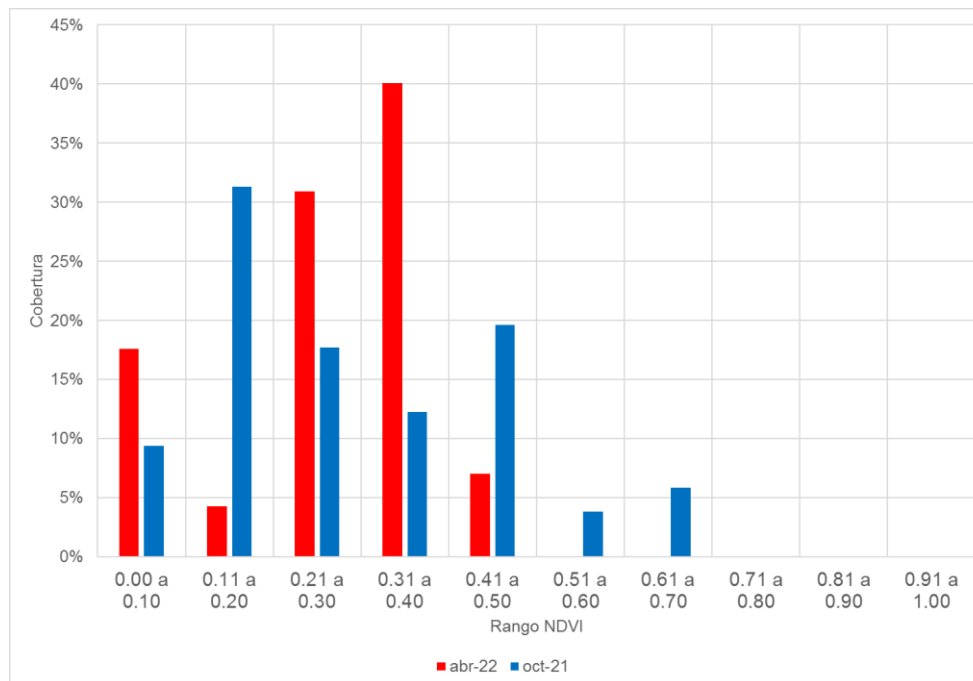


Figura 42. Valores de NDVI en el bosque de manglar de la época de lluvias (octubre de 2021) y época de secas (abril de 2022).

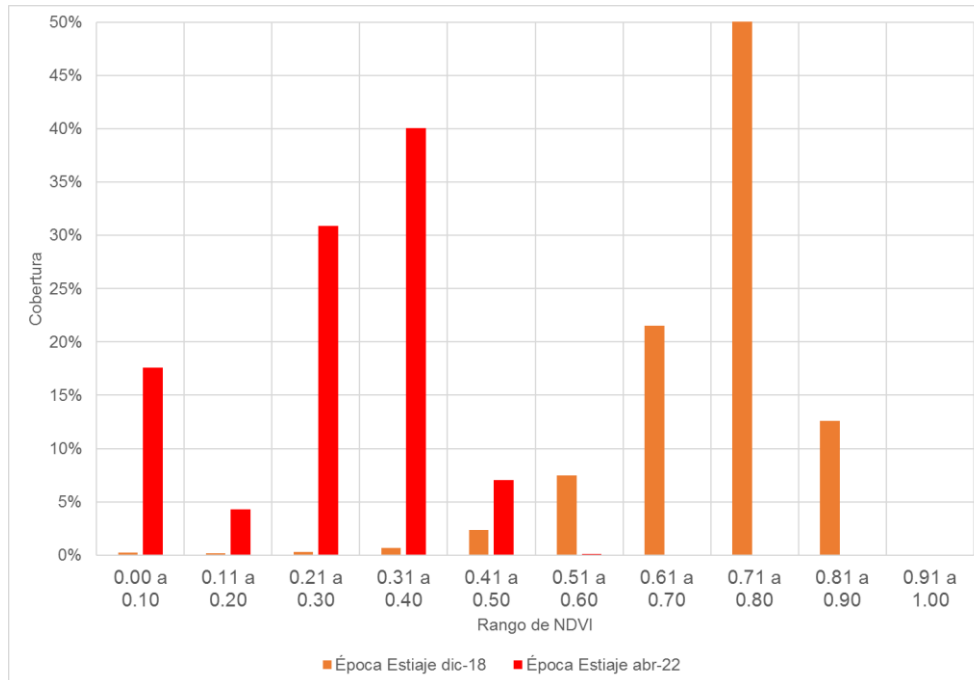


Figura 43. Valores de NDVI en el bosque de manglar de la época de estiaje de 2019 vs 2022.

Consultar anexo C para ver mapas de NDVI.

V.7. Vegetación secundaria

En el periodo de enero a julio de 2022 fueron identificadas 36 especies en los 12 SPM (Tabla 9). Como se ha realizado cada mes, el listado taxonómico se conforma con la siguiente información: nombre común, familia, nombre científico y estatus de conservación, esto es, si se encuentran registradas en alguna norma de conservación como la NOM-059-SEMARNAT-2010, incluyendo las modificaciones de su anexo Normativo III publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 24 de noviembre de 2019, así como la Fe de erratas de dicho anexo publicado en el DOF el 04 de marzo de 2020; a eso se suma el tipo de distribución: nativa, endémica, exótica e introducida.

De las especies encontradas; cuatro son vegetación halófila: Helecho de playa (*Acrostichum danaeifolium*), Verdolaga blanca (*Bacopa monnieri*), Batis (*Batis maritima*) y Verdolaga de playa (*Sesuvium portulacastrum*). De estas especies observadas sólo una es endémica: Palma abanico (*Brahea dulcis*) y también es la

única que se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Protección especial junto con Palma botella (*Roystonea regia*).

Tabla 9. Listado taxonómico de especies registradas en el periodo enero a julio de 2022 en los tres sistemas lagunares estudiados. Consultar Anexo D para más detalle de la tabla.

Nombre científico	Nombre común	Familia	Estatus	NOM-059-SEMARNAT-2010	Fr por SPM
<i>Alternanthera flavescens</i>	Amor seco del monte	<i>Amaranthaceae</i>	Nativa	-	1
<i>Mangifera indica</i>	Mango	<i>Anacardiaceae</i>	Introducida	-	3
<i>Acrocomia aculeata</i>	Palma Cocoyul	<i>Arecaceae</i>	Nativa	-	1
<i>Brahea dulcis</i>	Palma abanico	<i>Arecaceae</i>	Endémica	Pr	2
<i>Dypsis lutescens</i>	Palma areca	<i>Arecaceae</i>	Introducida	-	1
<i>Roystonea regia</i>	Palma de botella	<i>Arecaceae</i>	Nativa	Pr	1
<i>Pluchea odorata</i>	Canela	<i>Asteraceae</i>	Nativa	-	1
<i>Batis maritima</i>	Batis	<i>Bataceae</i>	Nativa	-	4
<i>Spathodea campanulata</i>	Tulipán africano	<i>Bignoniaceae</i>	Exótica	-	1
<i>Tabebuia rosea</i>	Rosa morada	<i>Bignoniaceae</i>	Nativa	-	5
<i>Tournefortia hirsutissima</i>	Tlachichinole	<i>Boraginaceae</i>	Nativa	-	1
<i>Cynophalla flexuosa</i>	Palo de agua	<i>Capparaceae</i>	Nativa	-	4
<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	<i>Combretaceae</i>	Desconocido	-	5
<i>Melothria pendula</i>	Sandía de Raton	<i>Curcubitaceae</i>	Nativa	-	5
<i>Momordica charantia</i>	Pepino cimarrón	<i>Curcubitaceae</i>	Exótica	-	3
<i>Acacia hindsii</i>	Huizcolote	<i>Fabaceae</i>	Nativa	-	3
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frijol	<i>Fabaceae</i>	Nativa	-	1
<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamúchil	<i>Fabaceae</i>	Nativa	-	7
<i>Pithecellobium lanceolatum</i>	Timuchil	<i>Fabaceae</i>	Nativa	-	7
<i>Heliotropium curassavicum</i>	Colita de alacrán	<i>Heliotropiaceae</i>	Nativa	-	3
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guásima	<i>Malvaceae</i>	Nativa	-	4
<i>Azadirachta indica</i>	Neem	<i>Meliaceae</i>	Introducida	-	2
<i>Ficus insipida</i>	Higuera blanca	<i>Moraceae</i>	Nativa	-	6

Nombre científico	Nombre común	Familia	Estatus	NOM-059-SEMARNAT-2010	Fr por SPM
<i>Muntingia calabura</i>	Capulín	<i>Muntingiaceae</i>	Nativa	-	3
<i>Syzygiumcumini</i>	Jambolán	<i>Myrtaceae</i>	Nativa	-	1
<i>Rivina humilis</i>	Tomatillo	<i>Petiveriaceae</i>	Nativa	-	2
<i>Acrostichum danaeifolium</i>	Helecho de playa	<i>Pteridaceae</i>	Nativa	-	3
<i>Morinda citrifolia</i>	Noni	<i>Rubiaceae</i>	Exótica	-	2
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	Bejuco tronador	<i>Sapindaceae</i>	Nativa	-	4
<i>Bacopa monnieri</i>	Verdolaga	<i>Scrophulariaceae</i>	Nativa	-	3
<i>Solanum diphyllum</i>	Chilillo	<i>Solanaceae</i>	Nativa	-	5
<i>Ipomoea alba</i>	Dama de noche	<i>Solanaceae</i>	Nativa	-	1
<i>Lycianthes lenta</i>	Lycianthes lenta	<i>Solanaceae</i>	Nativa	-	2
<i>Mimosa sp.</i>	Sierrilla	<i>Solanaceae</i>	Desconocido	-	1
<i>Solanum carolinense</i>	Ortiga de Carolina	<i>Solanaceae</i>	Introducida	-	3
<i>Cissus verticillata</i>	Tripa de zopilote	<i>Vitaceae</i>	Nativa	-	3

*Especies de vegetación halófito.

Continúa dominando la presencia de especies vegetales que no corresponden a vegetación de humedal, esto presumiblemente se debe a los altos niveles de perturbación por fuentes antropogénicas y a la abundancia de agua con bajos niveles de salinidad, tanto superficial como intersticial, en los tres sistemas a lo largo del año.

El patrón de colonización de los sitios sugiere alta diversidad de microambientes. También es evidente que cada microambiente presenta dificultades singulares para ser colonizado. Esto se deduce porque no hay una sola especie que invada más de 5 de los 12 sitios; lo común es que la mayoría sólo logra invadir 1 o 2 SPM.

Los SPM localizados en la Laguna de Cuyutlán son los que presentan mejores condiciones ambientales, en contraste con la Laguna Valle de las Garzas y San Pedrito.

Las variables evaluadas en cada uno de los sistemas presentan una mayor variabilidad en los sitios del Valle de las Garzas, incluso de un mes a otro, mientras que en Cuyutlán estos valores son más consistentes entre sitios y en el tiempo, lo que indica cierta estabilidad en general del sistema.

La producción de hojarasca en el bosque de manglar de la Laguna Valle de las Garzas se ha mantenido con un nivel de productividad similar, según el contraste hecho entre 2020 y 2022 respecto al mismo periodo de diciembre a julio (Figura 44).

El comparativo nos permite afirmar que la producción promedio mensual es similar en ambos años en el mismo periodo (Tabla 10).

Tabla 10. Valores históricos de producción de hojarasca entre diciembre-enero a junio-julio de los años 2020 y 2022.

Laguna Valle de las Garzas	Promedio 2020		Promedio 2022	
	(g m ⁻² día ⁻¹)	ESM	(g m ⁻² día ⁻¹)	ESM
Dic-Ene	2.96	0.88	1.38	0.46
Ene-Feb	1.98	0.26	1.39	0.59
Feb-Mar	2.58	0.35	1.31	0.49
Mar-Abr	3.25	0.24	1.30	0.29
Abr-May	4.33	1.26	2.65	0.85
May-Jun	4.78	1.04	4.47	1.98
Jun-Jul	8.45	1.72	8.93	1.99

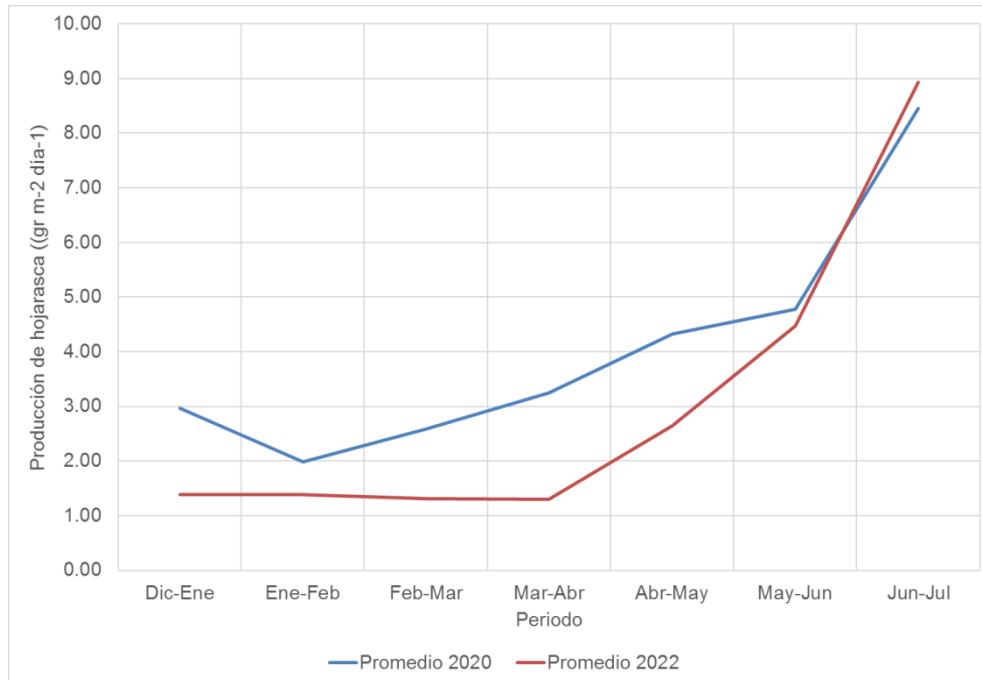


Figura 44. Producción histórica de hojarasca de enero a julio de 2020 vs 2022.

El análisis NDVI histórico del estado de salud de los bosques de manglar de la Laguna Valle de las Garzas (Figura 45), San Pedrito (Figura 46) y Cuyutlán (Figura 47), indican que han sufrido deterioro en su estado de salud desde mayo de 2019 a marzo de 2022. El comportamiento que presentan es similar en ambos sistemas, lo que nos indica que las condiciones ambientales son similares en ambos sistemas. Como se mencionó en el reporte anterior (mayo de 2022), el manto freático se comporta de manera similar en ambos sistemas y lo mismo ocurre con los valores de salinidad intersticial. También puede ser posible que sea un fenómeno cíclico que no alcanzamos a detectar por el esparcimiento temporal entre cada imagen de satélite.

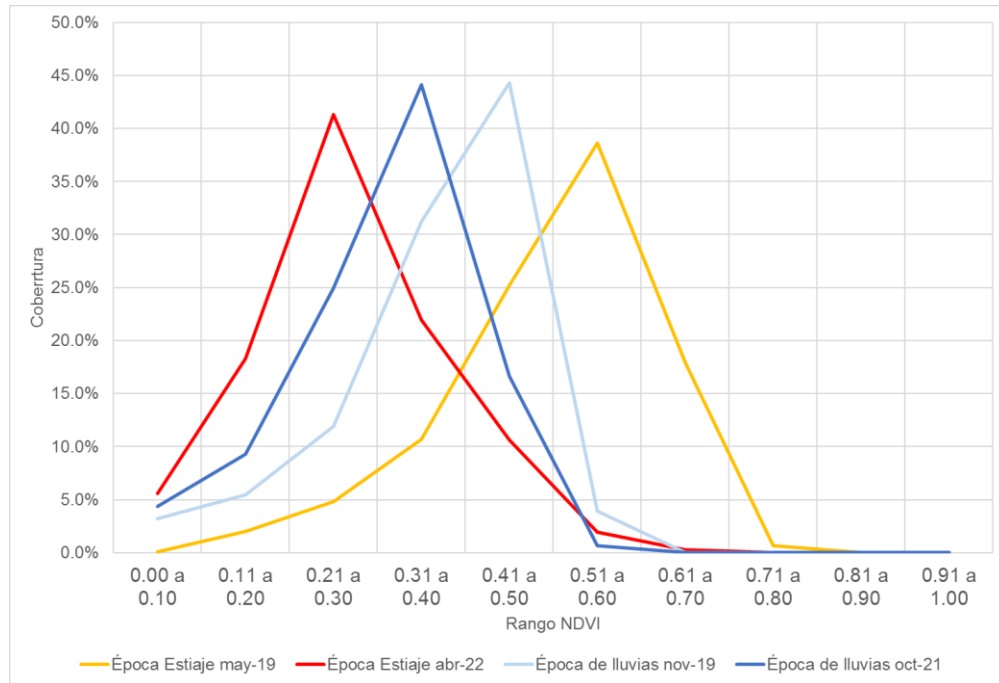


Figura 45. Resumen histórico de valores de NDVI en el bosque de manglar de la Laguna Valle de las Garzas del periodo mayo de 2019 a marzo de 2022.

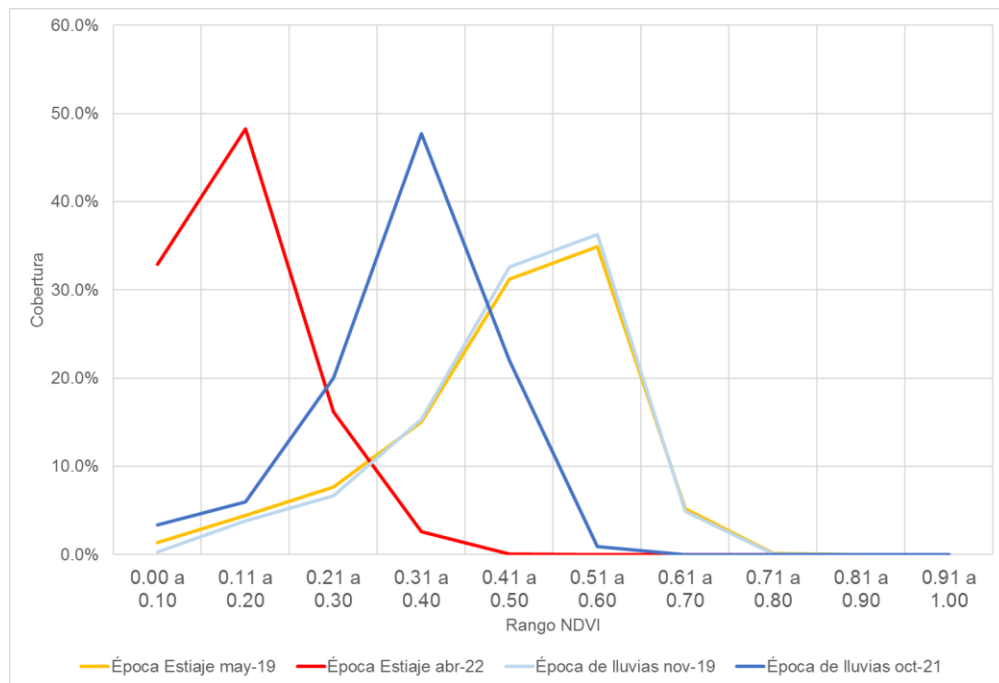


Figura 46. Resumen histórico de valores de NDVI en el bosque de manglar de San Pedrito del periodo mayo de 2019 a marzo de 2022.

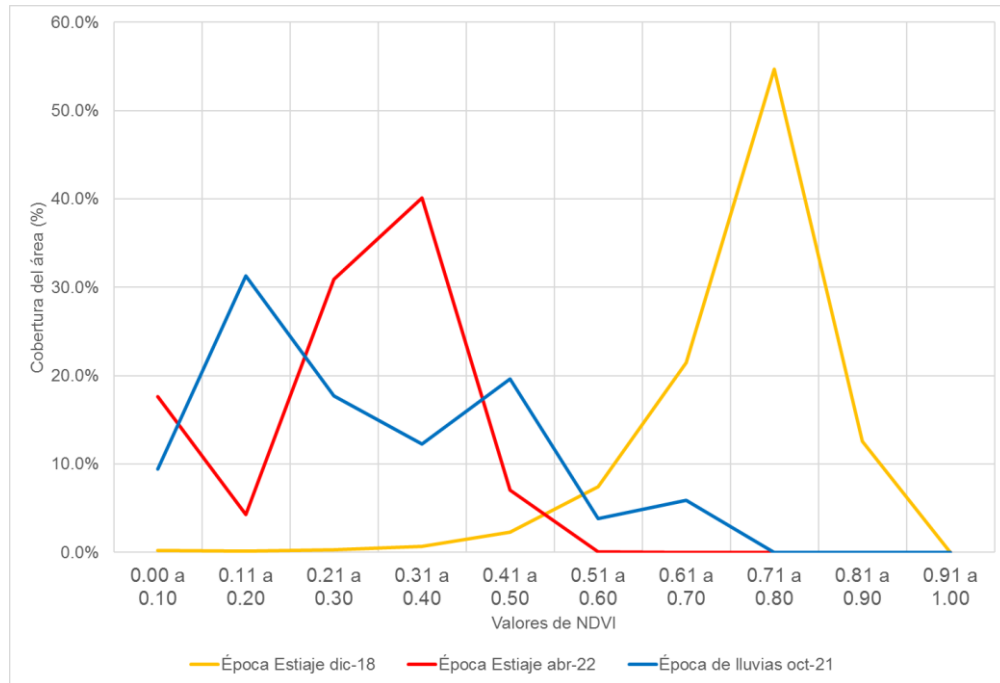


Figura 47. Resumen histórico de valores de NDVI en el bosque de manglar de San Pedrito del periodo 2019 a marzo de 2022.

Los valores de NDVI de los SPM localizados en la Laguna de Cuyutlán presentan mejor resistencia a la época de estiaje, mientras que el manglar de San Pedrito presenta cambios más altos incluso que el Valle de las Garzas (Tabla 11 y Figura 48).

Tabla 11. Valores de NDVI por SPM de 2019, 2021 y 2022.

Laguna	SMP	Promedio NDVI			Disminución	
		2019	2021	2022	Lluvias a Secas	Estiaje
						2019 vs 2022
Valle de las Garzas	1	0.34	0.33	0.22	34.6%	35.7%
	2	0.46	0.29	0.23	21.2%	49.5%
	3	0.57	0.28	0.25	11.3%	56.3%
	4	0.59	0.39	0.25	34.5%	56.6%
	5	0.55	0.35	0.30	12.6%	45.0%
	6	0.41	0.37	0.24	33.7%	41.1%
Cuyutlán	7	-	0.43	0.36	15.3%	-
	8	-	0.29	0.27	6.9%	-
	9	-	0.36	0.33	8.9%	-

Laguna	SMP	Promedio NDVI			Disminución	
		2019	2021	2022	Lluvias a Secas	Estiaje 2019 vs 2022
San Pedrito	10	0.49	0.37	0.17	53.6%	64.7%
	11	0.50	0.38	0.27	29.5%	47.0%
	12	0.49	0.32	0.20	36.9%	58.9%

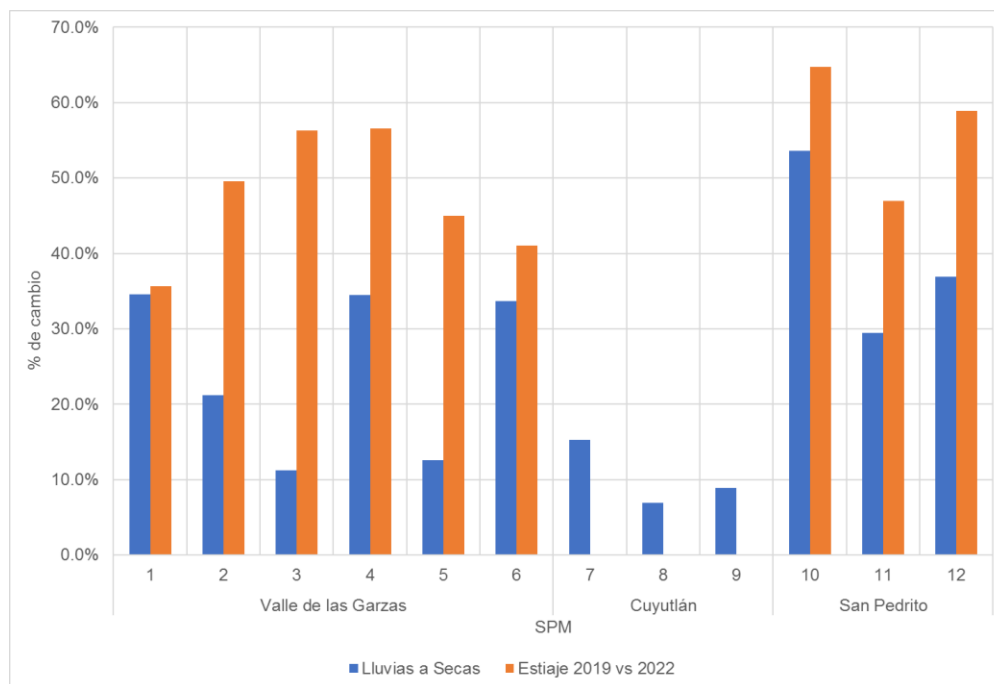


Figura 48. Porcentaje de cambios del índice de vegetación en los SMP.

Por el momento se desconoce si el estrés es la causa de variables físico químicas, ambientales, hídrico, invasión de otras especies, etc. Para conocer las causas del estrés al cual están sometidos, es recomendable analizar imágenes históricas con una frecuencia de dos imágenes por año (lluvias y estiaje) y agregar otras variables como índices de humedad para determinar si es un estrés hídrico. Los resultados pueden ayudar a determinar si corresponden a un evento cíclico o declive del bosque de manglar del Valle de las Garzas y San Pedrito, de ser el caso, la germinación de nuevas plántulas en el sitio puede regenerar el bosque con nuevos individuos y adaptarse a las nuevas condiciones presentes, pero también pueden

ganar terreno especies invasores y desplazar al manglar, en particular si continua el azolve en la Laguna Valle de las Garzas.

El nivel freático ha ascendido en todos los sitios de los tres sistemas a consecuencias de las precipitaciones de lluvia y se espera que este ascenso continúe hasta inundar completamente algunos sitios. El ascenso comenzó en algunos sitios en el mes de mayo, pero fue en junio cuando fue más evidente el incremento del agua, lo que indica que es muy sensible al aporte de agua.

En Figura 49 se presenta un mapa del modelo digital de elevación (MDE) de la Laguna Valle de las Garzas y los puntos de ubicación de los SPM.

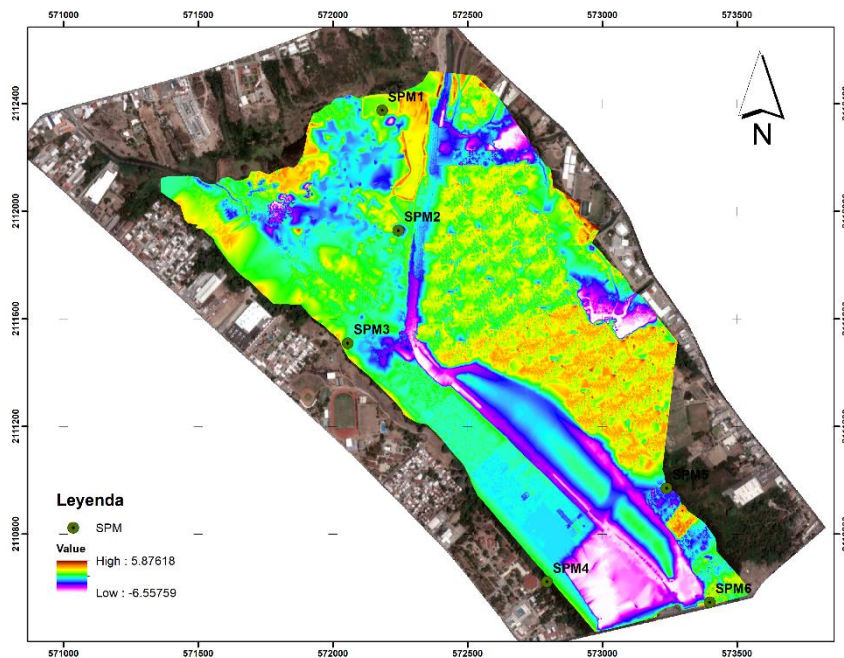


Figura 49. Modelo digital de elevación en la Laguna Valle de las Garzas.

En la Tabla 12 se presenta la elevación en metros sobre el nivel medio del mar (msnmm) a la que se encuentran los SPM de la Laguna Valle de las Garzas tomando como referencia el MDE anterior, así mismo, en la columna “Distancia al SPM” se presenta la distancia más corta a la cual se localiza del espejo de agua y en la columna “msnmm Agua” se indica la elevación mínima de la fosa en dicho punto. Finalmente, en la columna de “Nivel freático Jul2022: Profundidad” se indica la

profundidad a la cual fue localizado el nivel freático en el mes de julio y restando ese valor a la elevación a la cual se encuentra el SPM, da como resultado la cota en la que encuentra el nivel freático presentado en la columna “Nivel freático Jul2022: msnmm”.

Tabla 12. Nivel freático en los SPM en la Laguna Valle de las Garzas.

SPM	msnmm SPM	Espejo de agua			
		Distancia (m) al SPM	msnmm Agua	Nivel freático Jul2022	
				Profundidad (m)	msnmm
1	3.5	207	-0.9	-	-
2	1.2	25	0.16	-0.29	0.91
3	1.5	220	-2.2	0	1.5
4	1.5	81	-2.2	-0.09	1.41
5	0.5	92	-1.4	0.065	0.565
6	2.5	24	-2.2	0	2.5

En la Figura 50 se muestra en color gris la elevación a la que localiza cada SPM, mientras que el color azul representa el nivel freático registrado en el muestreo de julio y en color negro la profundidad máxima del espejo de agua en su distancia más corta al SPM. El SPM1 tiene la mayor elevación y se localiza a 207 m del espejo de agua y su elevación mínima es de -0.9 msnm, en cambio el SPM6 esta a 2.5 msnmm, pero se localiza a 24 m del espejo de agua y éste tiene una cota mínima de -2.2 msnmm. Lo anterior sugiere que la relación profundidad de la fosa que contiene el agua y la distancia a la que se encuentra el manglar, es importante para garantizar el suministro de agua a los individuos del bosque de manglar.

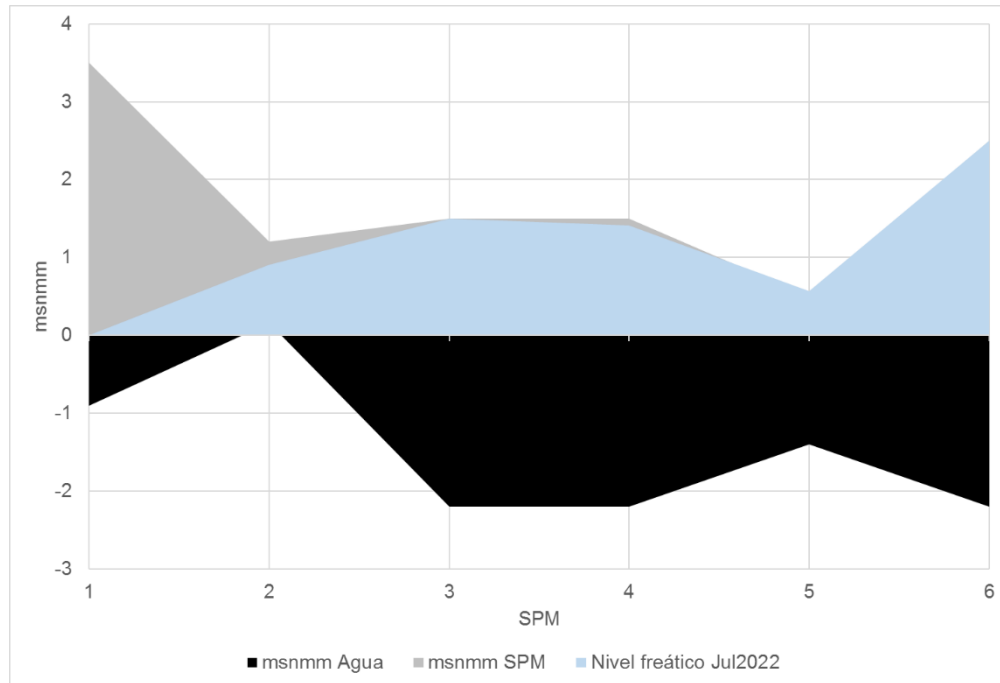


Figura 50. Nivel freático en los SPM de la Laguna Valle de las Garzas.

En Cuytlán el nivel freático también aumentó, excepto en el SPM7, que como ya se mencionó anteriormente a consecuencias de las actividades antropogénicas realizadas (remoción de vegetación y desvío de arroyo) en las cercanías, el nivel freático descendió por debajo de los 70 cm, lo que sugiere que la humedad registrada en los muestreos anteriores, dependía del suministro de agua por parte de este arroyo natural. En el próximo estiaje, el manglar de este sitio puede presentar estrés hídrico.

Los valores de salinidad comenzaron a descender en el mes de julio, sugieren que las lluvias registradas recientemente han suministrado agua dulce a ambos sistemas.

De un total de 62 especies de vegetación secundaria identificadas dentro de los límites de los 12 SPM, 36 fueron identificadas en periodo de enero a julio, lo que sugiere que estas especies son las que predominan en época de estiaje y las 26 restantes sean poco tolerantes a valores de salinidad altos o incluso a la falta de humedad constante en la zona.

La vegetación secundaria en los humedales ha logrado ganar terreno a los bosques de manglar, colonizando el sitio con especies invasoras y trepadores que cubren los individuos de mangle e impiden que estos se desarrollen adecuadamente o mueran eventualmente. En este periodo de enero a julio fueron identificadas 7 que se han detectado su presencia en las tres lagunas: *Momordica charantia*, *Pithecellobium dulce*, *Pithecellobium lanceolatum*, *Ficus insipida*, *Cardiospermum halicacabum*, *Solanum diphyllum* y *Cissus verticillata*. Este patrón de la distribución de la diversidad de plantas, no pertenecientes a humedales y manglar, sugiere un estado temprano de la invasión del sistema por vegetación secundaria de selva baja. Y probablemente sugiere una diversidad de ambientes que presentan limitantes importantes para la mayoría de las especies invasoras.

En la Tabla 13 se presenta un resumen del número de especies vegetales identificadas en los sistemas durante el periodo de estudio. En los tres sistemas se registra una disminución de las especies vegetales presentes en los SPM, pero en la Laguna Valle de las Garzas es donde menos disminución se registró, seguido de Cuyutlán y San Pedrito. Estos dos últimos sistemas presentan cantidades similares de especies vegetales incluso en su porcentaje de disminución.

Tabla 13. Resumen de especies vegetales identificadas por sistema y su presencia en los tres humedales.

Sistema	Total	Estiaje	Diferencia	%
Valle de las Garzas	38	26	-12	31.6%
Cuyutlán	32	17	-15	46.9%
San Pedrito	34	18	-16	47.1%

En gráficas de la Figura 51 y Figura 52 se presenta el índice de similitud (Jaccard) de época de lluvias y estiaje, respectivamente. Lo más destacable es que las especies que se encuentran en un sitio pueden ser completamente diferentes respecto a otro, pese a su cercanía geográfica o dentro de un mismo sistema. En época de estiaje este comportamiento es más notable. Es importante señalar que en ambas estaciones la identidad de la laguna no es un factor de aglomeración de

los sitios en el análisis, aunque en el estiaje, 4 SPM de la Laguna Valle de las Garzas se agrupan en uno de los aglomerados.

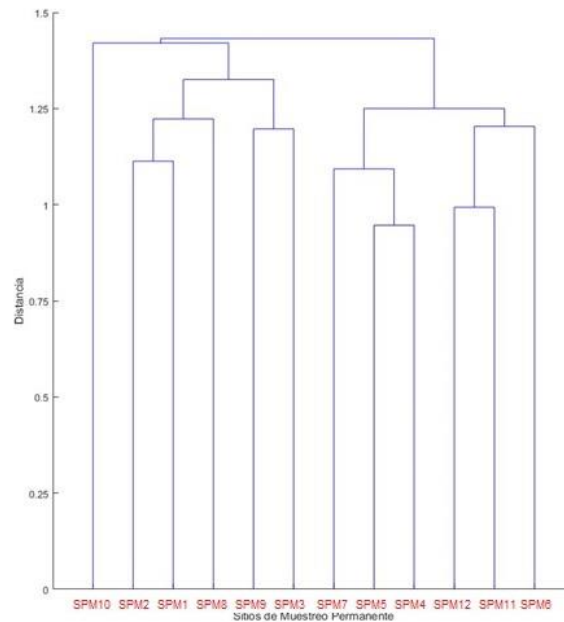


Figura 51. Índice de similitud (Jaccard) de especies estimado por sitio de muestreo en época de lluvias

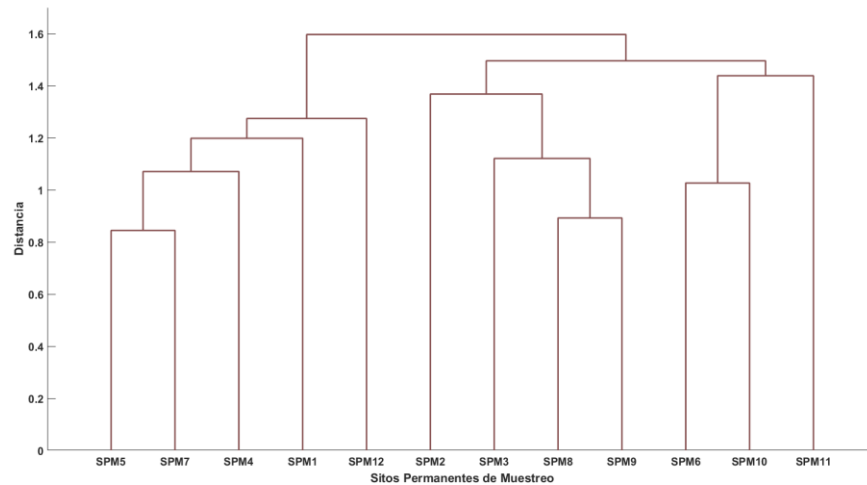


Figura 52. Índice de similitud (Jaccard) de especies estimado por sitio de muestreo en época de estiaje.

Los bosques de manglar requieren de la presencia constante de agua salobre para su conservación en buenas condiciones, y así aportar los servicios ambientales que

otorgan, sin embargo, en los SPM1 y SPM2 el nivel freático se localiza por debajo de los 70 cm de profundidad desde el mes de noviembre de 2021. Lo que puede ocasionar un estrés hídrico en los individuos de mangle localizados en la zona (Figura 53).

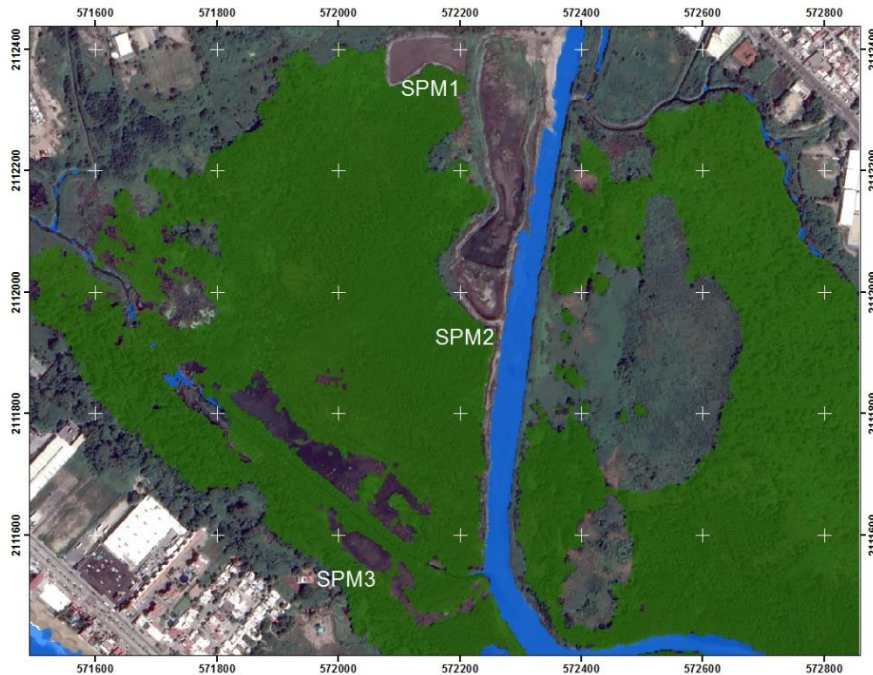


Figura 53. Localización de los SPM1 y SPM2.

En las fotografías que se presentan en la Figura 54 se aprecia como el agua se distribuye en el bosque de manglar que se localiza en los SPM1 y SPM2 en el mes de octubre de 2021, al final de la temporada de lluvias. Es posible apreciar copas de árboles en estado de estrés, pese a que se encuentra rodeada de agua, pero también se observan individuos de manglar con un estado de salud aparentemente sano. En la época de estiaje el área de mangle con estrés podría ser mayor.



Figura 54. Suministro y distribución del agua en los SPM1 y SPM2. Fotografías tomadas con dron mavic 2 el día 21 de octubre de 2021.

En la Figura 55 se presenta la localización geográfica de los SPM en San Pedro, utilizando una imagen de Google Earth (2003), se aprecia que el SPM12 se localizaba a 200 m del cuerpo de agua. Esta puede ser la razón del porque, hoy en día este sitio es donde se localiza a mayor profundidad el nivel freático.



Figura 55. Identificación de los SPM en San Pedro utilizando una imagen de Google Earth de 2003.

La densidad de plántulas ha descendido significativamente en las tres lagunas; sólo tres SPM (uno en cada sistema) mantiene una densidad significativa de plántulas. El escenario que se presenta hasta este punto, muestra hasta el mes de marzo claramente un decremento gradual de la supervivencia de las plantas jóvenes, patrón que se esperaba por el tipo masivo de producción de propágulos de las especies dominantes en los tres sistemas; desde entonces hasta el mes de julio la

tasa de mortalidad fue mínima. Probablemente en el mes de agosto se encuentren las primeras germinaciones del ciclo siguiente (Figura 56).

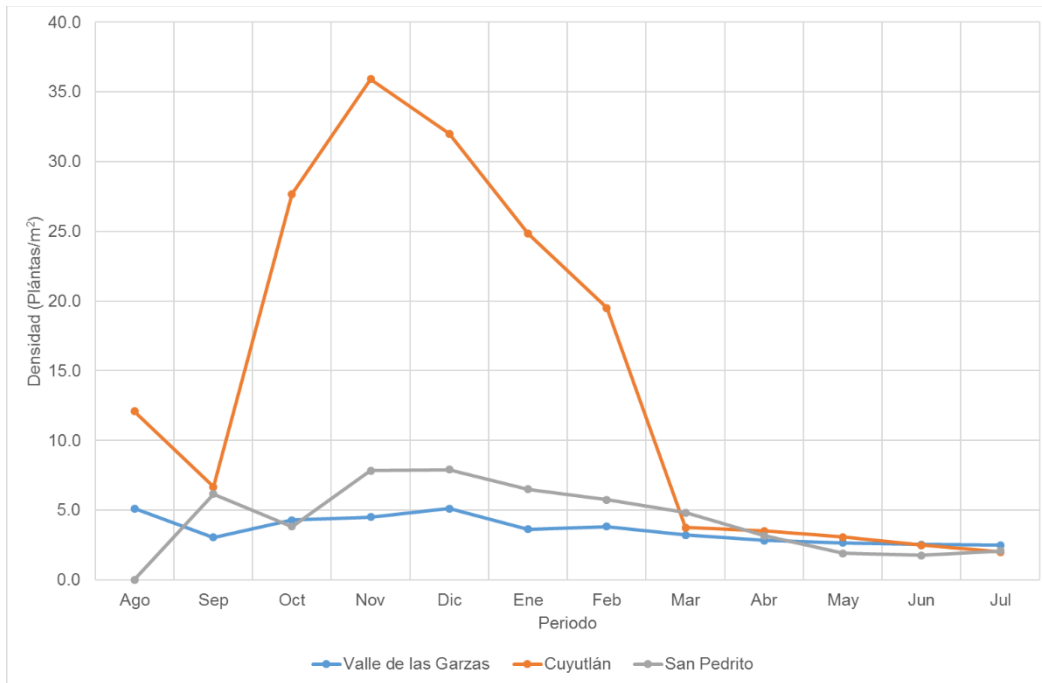


Figura 56. Densidad de plántulas en función del sistema lagunar (unidades en plantas/m²).

VI. Conclusiones

Los tres sistemas (Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán) se encuentran rodeados por infraestructura urbana, lo que puede estar generando estrés a los humedales por las actividades antropogénicas realizadas en sus cercanías. Actividades de remoción de vegetación y desvío del suministro natural de agua, como las que se realizaron en las cercanías del SPM7 afectan negativamente a la conservación natural del ecosistema. Es importante señalar que antes de realizar este tipo de obras se considere la afectación al ecosistema.

Los humedales del Valle de las Garzas y San Pedrito se localizan dentro de la zona urbana y han logrado conservarse en el tiempo. Ambos bosques de manglar presentan un comportamiento similar acorde a los valores registrados durante los monitoreos de las variables evaluados en este estudio. Mientras tanto, en Cuyutlán, hay diferencias en los resultados obtenidos, lo que sugiere que no hay conexión entre los tres sistemas.

Con respecto a la evolución temporal del DAP por SPM, no es posible hacer una inferencia sobre los patrones de crecimiento entre los tres sistemas lagunares. El incremento en DAP en todos los sitios ha sido marginal y en todos menor a 1 cm y en la mayoría menor a 0.5 cm. Sin embargo, con referencia a otros estudios realizados por UCOL en la Laguna de Cuyutlán, es posible afirmar que la magnitud del crecimiento en DAP es similar a este estudio.

El nivel freático en los SPM de los tres sistemas lagunares ha tenido un patrón estacional. En el periodo de lluvias, localizado a poca profundidad y conforme avanzó el estiaje fue incrementándose hasta una profundidad mayor a los 0.70 m, en muchos casos; sin embargo, este patrón fue muy variable desde noviembre 2021. El comportamiento registrado durante el muestreo de mayo sugiere que el manto freático de la Laguna Valle de las Garzas y San Pedrito se encuentran interconectados y al mismo tiempo separados de la Laguna de Cuyutlán. Lo anterior, puede ser por los antecedentes del sitio, donde ambos sistemas pertenecían a un solo cuerpo de agua y donde fue construido el actual Puerto de Manzanillo, mismo que ha demandado el crecimiento de infraestructura portuaria y urbana que

interactúan con el sistema y de alguna manera perturban el funcionamiento natural del sistema.

El análisis de los valores de NDVI en el bosque de manglar de los tres sistemas, indica que el aporte de agua ayuda considerablemente en la conservación de la calidad del follaje de los individuos, por lo que es de vital importancia garantizar el suministro de agua.

Ambos bosques presentan un deterioro desde mayo de 2019 a marzo de 2022, de acuerdo a los resultados obtenidos del NDVI. En el caso del bosque de manglar de la Laguna Valle de las Garzas, puede ser a consecuencia de la falta de suministro de agua, para los individuos de mangle que se localizan a mayor distancia y elevación respecto al espejo de agua y, por lo tanto, se enfrentan a un periodo más prolongado de sequía, ya que el nivel freático se localiza a mayor profundidad.

Por lo anterior, es recomendable realizar obras que garanticen el suministro de agua al bosque de manglar, de lo contrario en el futuro cercano los individuos que se enfrentan a estrés pueden llegar a morir. La evidencia presentada sobre la vegetación secundaria, que se encuentra en la zona, sugiere que los acahuales de selva baja pueden ganar terreno y desplazar al manglar, dado que la salinidad es baja en algunos sitios.

Acorde al monitoreo de reclutamiento de plántulas, el bosque de manglar tiene la capacidad de auto regenerarse por si mismo, pero necesita del suministro de agua. En los sitios SPM1 y SPM2 donde más luz penetra al sotobosque, es donde mayor densidad de individuos por metro cuadrado se registró en el periodo. Hasta el muestreo de julio no se identificó germinación en ninguno de los subcuadrantes, la supervivencia de la cohorte estudiada: el patrón general de supervivencia de las plántulas sugiere que sólo tres SPM tendrán plantas supervivientes al iniciar la nueva temporada de lluvias en 2022.

En cuanto a la cobertura de follaje, se ha observado consistentemente durante el periodo estudiado, que los sitios de la Laguna Valle de las Garzas tienen la menor cobertura de follaje, lo que permite el ingreso de una mayor cantidad de luz natural

al sotobosque; esto se interpreta como un dosel con menor capacidad fotosintética y por ende de menor productividad. Esto puede ser resultado del estrés en el que se encuentra el bosque de manglar y puede explicar la variabilidad en la producción de hojarasca. Aunque es necesario observar el comportamiento de los sitios del Valle de las Garzas en los próximos meses, una producción de hojarasca en el periodo de estiaje, puede interpretarse como un exceso de estrés en los manglares y no necesariamente “mayor productividad”.

En todos SPM se encontró presencia de flor de mangle tanto en los árboles como en el suelo.

De un total de 62 especies de vegetación secundaria identificadas dentro de los límites de los 12 SPM, 36 fueron identificadas en periodo de enero a julio, lo que sugiere que estas especies son las que predominan en época de estiaje y las 52 restantes sean poco tolerantes a valores de salinidad altos o incluso a la falta de humedad constante en la zona. Este patrón de la distribución de la diversidad de plantas, no pertenecientes a humedales y manglar, sugiere un estado temprano de la invasión del sistema por vegetación secundaria de selva baja.

El comportamiento que presentan los bosques de manglar de ambos sistemas es cíclico en su mayoría y acorde a los resultados obtenidos en este estudio, tienen capacidad de autoregeneración y autosustentación, pero es necesario equilibrar las actividades antropógenas que alteran el ciclo natural de los ecosistemas y el desarrollo urbano e industrial de la zona e intentar lograr una convivencia armoniosa, que permita la conservación de los humedales para generaciones futuras y disfruten de los servicios ambientales que ofrecen estos ecosistemas.



Bibliografía

- (CONABIO), C. N. (2016). *La biodiversidad en Colima. Estudio de estado*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Agraz, C., Noriega, R., López, J., Flores, F., & Jiménez, J. J. (2006). *Guía de Campo. Identificación de los Manglares en México*. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- Báez-Montes, O. (2016). Resumen ejecutivo de la Diversidad de ecosistemas. En C. N. (CONABIO), *La Biodiversidad en Colima: Estudio de Estado* (págs. 109-110). México: CONABIO.
- BOLFOR. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz Bolivia: Mostacedo, Bonifacio; Fredericksen.
- Carson, R., Darling, L., & Darling, L. (1932). *Silent Spring*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Conabio. (2009). *Capital natural de México, vol. II : Estado de conservación y tendencias de cambio*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- D.J., P., A.E., L., & S.C., S. (1975). Litter production in mangrove forests of southern Florida and Puerto Rico. *Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves Vol.1. , Universidad de Florida*, 213-237.
- Díaz García, C., & Juan José. (2015). *Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión*. Madrid: Facultad de geografía e historia. Universidad Complutense de Madrid.
- DIOSMAR, O. Y. (06 de 11 de 2019). *Academia*. Obtenido de https://www.academia.edu/25362165/Programa_General_de_Agricultura_por_Metodo_Marino?auto=download



- Flores, V., J.W., D., Jr., B., & R., B. (1987). Structure, litter fall, decomposition, and detritus dynamics of mangroves in a Mexican coastal lagoon with an ephemeral inlet. *Marine Ecology*, 35, 83-90.
- INEGI. (26 de Agosto de 2019). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de Resumen Información por Entidad/Colima: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/col/>
- Jimenez, J. (1994). *Los manglares del pacífico controamericano*. Fundación UNA.
- Jiménez, J. A. (s.f.). *Laguncularia racemosa* (L.). *Garth. F. White Mangrove. SO-ITF-SM- 3. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station*, 64.
- Lloyd, R., & Buckley, D. (1986). Effects of salinity on gametophyte growth of *acrostichum aureum* and *acrostichum danaeifolium*. *Fern Gazette* 13(2), 97-102. Obtenido de <https://eurekamag.com/research/005/323/005323903.php>
- López Hernández, J. M., González Rodríguez, H., Ramírez Lozano, R. G., Cantú Silva, I., Gómez Meza, M. V., Pando Moreno, M., & Estrada Castellón, A. E. (2013). Producción de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en tres sitios del estado de nuevo león, México. *Polibotánica*, 41-64.
- Mauro Diaz, G., Lencinas, J., & Héctor, D. (2014). Introducción a la fotografía hemisferesrica en ciencias forestales. *Madera y bosques*, 109-117.
- Mckee, K. (1993). Patrones fisicoquimicos del suelo y la distribución de especies de manglar ¿Efectos recíprocos? *Revista de ecología*, 477-487.
- Miriam, S. R. (2003). *Catálogo de especies herbáceas y leñosas bajas autóctonas para la revegetación de zonas degradadas en La Rioja*. La Rioja: Área de Educación Ambiental de la Dirección General de Medio Natural.
- Moreno F., L. P. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una Revisión. *Agronomía Colombiana*, 179-191. Recuperado el Agosto de 2019, de <http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=180316234006>



- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz, Bolivia: El País.
- Mukul, S., & J., H. (2016). The impacts of shifting cultivation on secondary forest dynamics in tropics. A synthesis of the key finding and spatio temporal distribution of research. *Environmental science & Policy* 55, 167-177.
- Nieves-Ventura, F. (2016). Regionalización ecológica. En *La Biodiversidad en Colima. Estudio de Estado*. (págs. 111-115). México: CONABIO.
- Oscar, O. B. (1996). TIPOS DE VEGETACIÓN Y DIVERSIDAD B EN EL VALLE DE ZAPOTITLÁN. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 35-59.
- Osorio Beristain, O., Valiente Banuet, A., Dávila, P., & Medina, R. (1996). Tipos de vegetación y diversidad Beta en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 35-58.
- Portillo, J., & Amezcua, E. (2002). Los Manglares de México. *Madera & Bosques*, 8, 27-51.
- Reyes-De la Cruz, López-Ocaña y Hernández-Trejo. (2002). Evaluación Preliminar De Los Efectos De La Inundación y La Herbivoría Sobre Plántulas de Mangle. *División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco*, 135-139.
- Rocha Loredó, A. G., & Ramírez Marcial, N. (2009). Producción y descomposición de hojarasca en diferentes condiciones sucesionales del bosque de pino-encino en Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 1-12.
- Rodríguez Zúñiga, M. T., Troche Souza, C., Vázquez Lule, A. D., Márquez Mendoza, J. D., Vázquez Balderas, B., Valderrama Landeros, L., . . . Galindo Leal, C. (2013). *Manglares de México. Extensión, distribución y monitoreo*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).



- Rodríguez Zúñiga, M. T., Villeda Chávez, E., Vázquez-Lule, A. D., Bejarano, M., Cruz López, M. I., Olgún, M., . . . Flores, R. (2018). *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México: CONABIO.*
- Romahn de la Vega, C. F., & Ramírez Maldonado, H. (2010). *Dendrometría. Universidad de autónoma de Chapingo.*
- Santiago Javier Sarandó, et. al. (2014). Capítulo 6: Desarrollo y Evolución De Los Ecosistemas . En e. a. Santiago Javier Sarandó, *Agroecología: bases teóricas para el diseño y maejo de agroecosistemas sustentables* (págs. 159-189). Buenos Aires, Argentina: Universidad de la Plata.
- Schnitzer, S., & Bongers, F. (2002). La ecología de las lianas y su papel en los bosques. *Tendencias en Ecología y Evolución, 17 (5), 223-230.*
- SEMARNAT. (9 de Junio de 2012). *Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.* Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-informacion-ambiental-y-de-recursos-naturales>
- Tomlinson, P. (1986). *La botánica de los manglares.* Reino Unido: Cambridge University Press.
- Valderrama Landeros, L. H., Rodríguez Zúñiga, M. T., Troche Souza, C., Velázquez Salazar, S., Villeda Chávez, E., Alcántara Maya, J. A., . . . Ressler, R. (2017). *Manglares de México. Actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980-2015.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Vareschi, V. (1996). *Helechos, Flora de Venezuela.* Caracas, Venezuela: Instituto botánico de Venezuela.



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

- Villanueva Morán, M. J., Cervantes Figueroa, Ó. S., Velarde Buendía, Ó. E., & Padilla Lozoya, R. (2008). Base de datos de fenómenos naturales y desastres. *Memoria. IV Foro Colima y su Región. Arqueología, antropología e historia*. (J. C. G., Ed.) Colima, Colima, México: Secretaría de Cultura.
- Villeda Chávez, E., Lara Domínguez, A. L., González Zamorano, P., A. Rubio, E., Valderrama Landeros, L. H., Ramírez Gacía, P., . . . Cruz López, M. I. (2018). Muestreo de variables estructurales. En C. N. (CONABIO), *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos. Un enfoque espacial multiescala*. México: CONABIO. Obtenido de https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/pdf/metodos/caracterizacion_manglares.pdf
- Zarco, V., Váldez, J. I., Ángeles, G., & Castillo, O. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal de Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia*, 1-17.
- Zarco-Espinosa, V., Valdez-Hernandez, J., Ángeles-Perez, G., & Castillo-Acosta, O. (2010). ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA DEL PARQUE. *Universidad y Ciencia*.