



# INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

---

## TITULACIÓN

TESIS PROFESIONAL

**“CONDICIONES FISICOQUÍMICAS EN LA LAGUNA DE SAN SIMÓN Y  
AFLUENTES”**

**PARA OBTENER EL TITULO DE**

Ingeniero Ambiental

## PRESENTA

Vicente Ulises Del Valle García

Jose Eduardo Morales Cruz

## DIRECTOR DE TESIS

M.C Fernando Sotelo Giner

## CO- DIRECTOR DE TESIS

M.C Alfredo Carlos Cortéz Hernández

## DIRECTOR EXTERNO DE TESIS

Dra. Ana Laura Lara Dominguez

## AGRADECIMIENTOS

Al concluir esta etapa maravillosa de mi vida le doy gracias a Dios ya que por su grandeza e iluminación me permitió poder terminar mi carrera, también un enorme agradecimiento a mis padres especial mente a mi padre Ulises Del Valle Condado que Dios lo tenga en su santa gloria y a mi madre Luz María García Gómez porque estuvieron conmigo a lo largo de mi carrera aconsejándome y apoyándome incondicionalmente, de igual manera a mi novia Katherine que me apoyo en todo momento y que me proporciono fortaleza y a toda mi familia por su apoyo moral.

Quiero extender un enorme agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache por haberme brindado la oportunidad de concluir mi carrera.

A sí mismo a mi Asesor Interno M.C Fernando Sotelo Giner, por haberme guiado en este proyecto, en base a sus experiencia y sabiduría ha sabido direccionar mis conocimientos, y por enseñarme todo lo que se y guiarme para ser una mejor persona profesionalmente.

También a la Dra. Ana Laura Lara Domínguez del Instituto de Ecología S.C INECOL, quien fue mi asesor externo, a quien le hago llegar mis más sinceros agradecimientos por permitirme ser parte de uno de sus proyectos dentro del Instituto y por su entrega incondicional durante el desarrollo en este trabajo.

## RESUMEN

Las lagunas costeras bordeadas con bosque de manglar, proporcionan múltiples bienes y servicios de valor para la sociedad así como para la flora y la fauna silvestre. Estos ecosistemas son protectores contra huracanes y barrera contra inundaciones e intrusión salina, control de la erosión y protección a la costa y filtro biológico para la purificación del aire por el método de captación de bióxido de carbono y almacén de carbono. Constituyen zonas de refugio y alimentación de fauna silvestre amenazada y en peligro de extinción, y de especies endémicas y migratorias. Además el hábitat de especies de peces, crustáceos y moluscos de importancia ecológica y comercial. (Hernández, Trejo, & Portillo, 2006).

En presente trabajo se realizó de Octubre 2022 a Enero 2023 en la Laguna de San Simón para observar y conocer las condiciones de agua y suelo de este. Para esto, se procedió a recabar datos, con la finalidad de determinar las causas de la disminución en la cobertura de manglares, se realizaron las observaciones en distintos puntos de la laguna y afluentes para extraer muestras de agua y suelo, haciendo análisis de materia orgánica con el propósito de identificar la posible causa que originó la mortalidad del manglar en la laguna, siguiendo la metodología de análisis de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Los análisis muestran que en la zona de manglar existe una perturbación en el flujo de agua y circulación de nutrientes que ha llevado a un estancamiento de estos, provocando un estrés en los manglares principalmente en los *Avicennia germinans*

## ÍNDICE

<b>Portada.....</b>	<b>1</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>2</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>3</b>
<b>Índices.....</b>	<b>4</b>
<b>1.-CAPITULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO</b>	
<b>1.1.- Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.- Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo el estudiante .....</b>	<b>10</b>
<b>1.3.- Problemática.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4.- Objetivos.....</b>	<b>12</b>
<b>1.5.- Justificación.....</b>	<b>13</b>
<b>2.- CAPITULO II. MARCO TEORICO</b>	
<b>2.1.- Ecosistemas de manglar.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.- Distribución de los manglares.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3.- Importancia ecológica y económica de los manglares.....</b>	<b>16</b>
<b>2.4.- Destrucción y pérdida de manglares.....</b>	<b>17</b>
<b>2.5.- Estado de los humedales en Veracruz y Tuxpán.....</b>	<b>18</b>
<b>3.- CAPITULO III. DESARROLLO</b>	
<b>3.1.- Metodología.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2.- Recolección de muestras de suelo y agua en la laguna de San Simón y afluentes.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.- Determinación de la Microtopografía del manglar en San Simón.....</b>	<b>23</b>

<b>3.4.- Análisis de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000.....</b>	<b>24</b>
<b>3.4.1.- La determinación del pH del suelo medido por agua.....</b>	<b>24</b>
<b>3.4.2.- La determinación de la textura del suelo por el procedimiento de Bouyoucos .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4.3.- Determinación de color en suelos utilizando la carta Munsell.....</b>	<b>30</b>
<b>3.4.4.- Determinación de materia orgánica del suelo por el método de Walkley y black.....</b>	<b>31</b>
<b>3.5.- Análisis fisicoquímicos para suelo y agua.....</b>	<b>34</b>
<b>3.5.1.- Análisis fisicoquímico de muestreo de agua con ayuda de un Multiparametrico.....</b>	<b>34</b>
<b>3.5.2.- Determinar densidad aparente.....</b>	<b>36</b>
<b>3.5.3.- Determinación de Materia Orgánica por el método de Calcinación.....</b>	<b>39</b>
<b>3.5.4.- Determinación de micronutrientes por el manual de instrucciones de análisis de suelo la MOTTE.....</b>	<b>41</b>
<b>4.- CAPITULO IV. RESULTADOS</b>	
<b>4.1 Resultados de la Microtopografía en San Simón.....</b>	<b>43</b>
<b>4.2 Resultados de los análisis fisicoquímicos de suelo en la laguna de san simón y afluentes.....</b>	<b>44</b>
<b>4.3 Resultados de análisis fisicoquímicos de agua en la laguna de san simón y afluentes.....</b>	<b>51</b>
<b>5.- CONCLUSION.....</b>	<b>55</b>
<b>6.- COMPETENCIAS DESARROLLADAS.....</b>	<b>56</b>
<b>7.- FUENTES DE INFORMACION.....</b>	<b>57</b>
<b>8.- ANEXOS.....</b>	<b>58</b>



Ilustración 31. Cantidades de Hierro Férrico (Fe) en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023.....	49
Ilustración 32. Cantidades de Calcio (Ca) en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023.....	50
Ilustración 33. Niveles de Humus en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023 .....	50
Ilustración 34. Temperatura en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023 .....	51
Ilustración 35. Niveles de ORP en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023 .....	52
Ilustración 36. Niveles de Conductividad en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023.....	52
Ilustración 37. Niveles de Salinidad en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023. ....	53
Ilustración 38. Porcentaje de oxígeno disuelto en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023.....	54

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie de manglares en la república mexicana.....	15
Tabla 2. Clasificación de pH .....	25
Tabla 3. Corrección por temperatura.....	28
Tabla 4. Interpretación de resultados de textura.....	29
Tabla 5. Interpretación de resultados de materia orgánica .....	34
Tabla 6. Interpretación de resultados de densidad aparente .....	39
Tabla 7. Promedio $\bar{X}$ y valores máximos y mínimos de las propiedades del suelo en la laguna de san simón.....	44
Tabla 8. Valores de Micronutrientes máximos y mínimos y media.....	46

## CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

### 1.1 Introducción

Los manglares corresponden a la vegetación arbórea y arbustiva de la zona de mareas en las regiones tropicales y subtropicales. Estos pueden crecer en diferentes salinidades que van desde 0 ups (dulceacuícolas) hasta hipersalinas (más de 40 y hasta 90 ups), alcanzando su máximo desarrollo en condiciones salobres (aproximadamente a 15 ups; las unidades ups equivalen a gramos de sal por litro de agua). De halófitas se conocen 69 especies núcleo (3 especies de helechos, una de palma y 65 de arbustos o árboles) correspondientes a 24 géneros distribuidos en 19 familias. Las especies de manglar poseen adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten ocupar hábitats bajo condiciones especiales, tales como suelos desde limosos hasta arenosos, inestables y con baja concentración de oxígeno, en ambientes salinos y salobres. Así mismo, estas especies han desarrollado estrategias reproductivas como la viviparidad o criptoviviparidad (frutos que germinan en la planta madre y que forman propágulos e hipocótilos). También tienen un sistema de raíces verticales con geotropismo negativo conocidos como pneumatóforos que captura oxígeno atmosférico y de raíces de cable y de anclado que penetran hasta 60 cm y que da estabilidad y soporte al tronco. Además tienen glándulas en las hojas que les permiten secretar el exceso de sal y hojas gruesas, similares a las plantas de desierto, pero de mayor tamaño. (Moreno, Rojas, & Lara, 2002).

En México hay cinco especies de manglar: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle negro (*Avicennia germinans*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) (Pennington y Sarukhán, 1969) y una especie de mangle rojo que sólo ha sido registrada en las costas de Chiapas (*Rhizophora harrison*. Rico-Gray, 1981. 29). También los manglares y zonas de manglar mantienen una gran variedad de fauna exclusiva de estos ambientes. Tal es el caso de mamíferos como el manatí (*Trichechus manatus*), reptiles como los cocodrilos (*Crocodylus moreletti* y *Crocodylus acutus*), moluscos, crustáceos entre otros. Así mismo especies de importancia comercial como el ostion (*Crassostrea virginica*), camarones (*Litopenaeus spp.*), lisas y pargos (*Mugil spp.* y *Lutjanus spp.*). Hay también muchas especies de aves como garzas y egretas (*Ardea spp.*, *Egretta spp.*), flamencos (*Phoenicopterus ruber*) y una gran abundancia de patos y gansos. (Hernández, Trejo, & Portillo, 2006)

Los bosques de manglar se encuentran relacionados funcionalmente con los ecosistemas lagunares-estuarinos, proporcionando múltiples servicios, usos y funciones de valor para la sociedad, la flora y la fauna silvestre, entre otros. Estos ecosistemas sirven como sistemas naturales de control y barrera contra inundaciones e intrusión salina, control de la erosión y protección a la costa y filtro biológico (por remoción de nutrientes y toxinas). Constituyen

zonas de refugio y alimentación para la fauna silvestre amenazada y en peligro de extinción, y de especies endémicas y migratorias. Históricamente, los manglares se han utilizado como fuente de energía y materias primas (carbón, material de construcción, extracción de sal, taninos y otros tintes e incluso alimento). Las áreas de manglares pueden también considerarse como vías de comunicación y como un banco genético. Tienen un alto valor estético y recreativo, además de cultural y educativo. Mantienen procesos de acreción, sedimentación y formación de turba; son excelentes sistemas de absorción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Los manglares así como las marismas son zona de amortiguamiento de inundaciones, una función crucial en las zonas con alta frecuencia de huracanes y tormentas. (Portillo, Hesp, Hernández, & Vásquez, 2002)

No obstante, de los múltiples beneficios que nos proporcionan los manglares, estos están siendo afectados principalmente por las actividades humanas. Entre las principales actividades están la destrucción del hábitat, la contaminación y la sobreexplotación de los recursos. Las grandes extensiones de manglares se ha reducido por la falta de planificación del desarrollo urbano, industrial (derrames) y turístico, así como del desarrollo agrícola, ganadero, avícola y acuícola. Los desechos sólidos urbanos, contaminantes industriales, pesticidas y fertilizantes agrícolas, derrames de petróleo, etc., así como las modificaciones a las condiciones hidrológicas han tenido un gran impacto sobre los manglares. La sobreexplotación de algunas especies altera substancialmente la composición, estructura y función de este ecosistema. Distintos estudios a nivel internacional señalan que la recuperación de un manglar que ha sido severamente dañado puede tomar muchos años cuando ello sea posible. En muchas ocasiones la pérdida es total e irreversible. La pérdida de los manglares afecta significativamente a todas las especies que los utilizan durante su ciclo biológico. (CONABIO, Manglares de México Extension y distribución, 2009).

## 1.2 Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo el estudiante.

La conformación del INECOL surgió en torno al interés por desarrollar investigación acerca del uso de los recursos naturales, la conservación y la biodiversidad de México. A su vez, este interés partió de la necesidad de contar con estudios básicos y respuestas científicamente fundadas para resolver los problemas ecológicos derivados del uso de los recursos naturales. Esta postura ha permitido reunir un importante cúmulo de experiencias y sigue vigente en la actualidad. Con esto, se busca apoyar con bases sólidas el establecimiento de políticas y mecanismos adecuados para continuar e impulsar el desarrollo del país, evitando al máximo posible la afectación del medio ambiente y la riqueza biológica de los ecosistemas, que condicionan la calidad de vida y el bienestar de la población.

Organigrama:

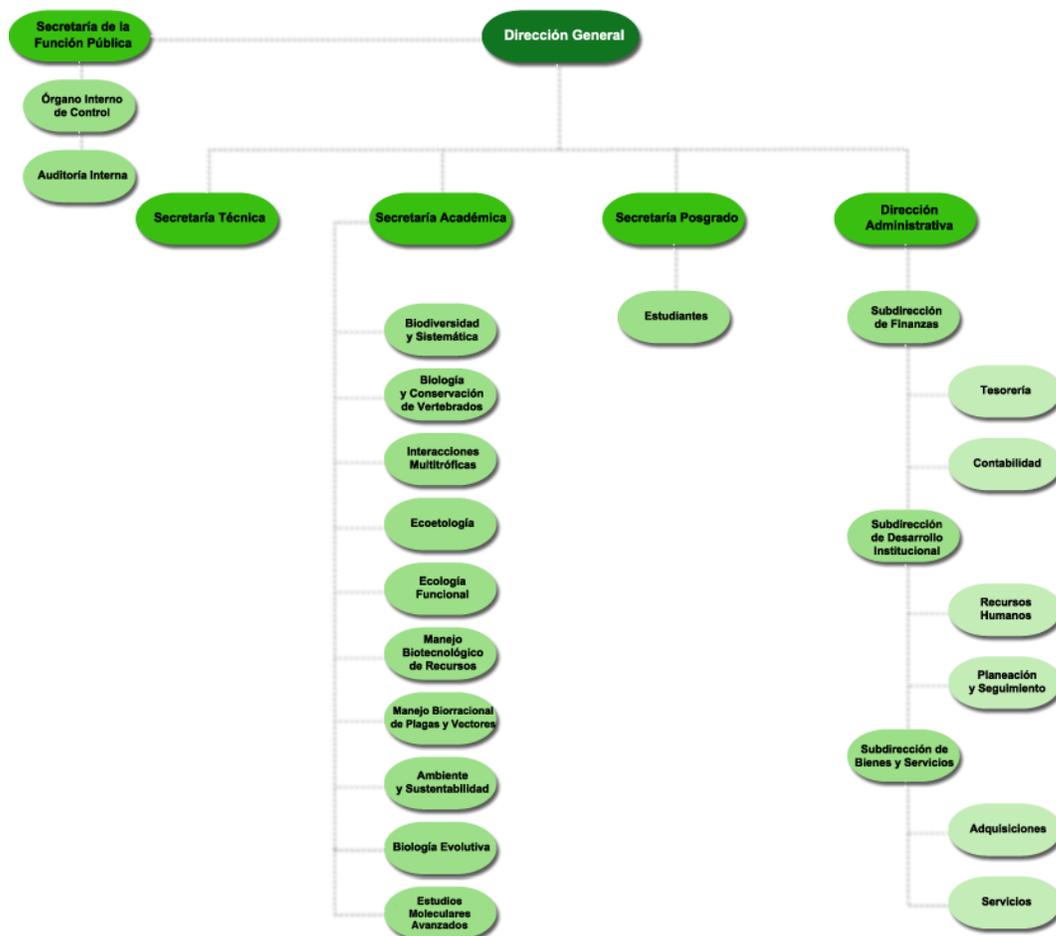


Ilustración 1. Organigrama de la empresa de INECOL

## Problemática.

México es el cuarto país con mayor superficie de manglar en el mundo con 905 mil 086 hectáreas que representan el 6.7 por ciento de la cubierta de este ecosistema en el planeta. Veracruz cuenta con una superficie de 42 mil 696 hectáreas de manglar con las especies manglar blanco (*Laguncularia racemosa*), manglar negro (*Avicennia germinans*), manglar rojo (*Rhizophora mangle*) y botoncillo (*Conocarpus erectus*), de acuerdo con información de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (Velázquez-Salazar S., Rdriguez-Zuñiga M., Alcántara-Maya J.A, Villeda-Chávez E., Valderrama-Landeros L., & Tronche-Souza C., 2021)

No obstante, la importancia ecológica de los manglares persiste en los últimos años, los procesos de conversión de áreas para el desarrollo de actividades productivas siendo cada vez más intensa ha llevado al deterioro, así como a la pérdida definitiva de valiosos recursos naturales y de funciones ecológicas. Un ejemplo de esto es la laguna de San Simón que se encuentra al norte Tuxpan, donde se observó hace un par de años la mortandad de árboles de mangle y al no haber estudios de esta zona se desconoce la magnitud y la causa del daño. Por eso en un reconocimiento por imágenes de satélite el área con daño se aproxima a 80-100 hectáreas de manglar muerto donde el más afectado es el manglar negro (*Avicennia germinans*). Por consiguiente es probable que los impactos por actividades económicas locales están modificando el estado natural del ecosistema, transformándolo y deteriorándolo entre las posibles causas de este impacto están asociadas a las actividades del desarrollo urbano, industrial, así como el agrícola, ganadero, acuícola y avícola, induciendo la disminución y muerte de los manglares de esta laguna.

## 1.3 Objetivos.

### ❖ **Objetivo General**

Analizar el comportamiento hidrológico y sedimentológico de la laguna de San Simón y afluentes para determinar las posibles causas de afectación a los manglares y otros humedales.

### ❖ **Objetivos específicos**

- Caracterizar la microtopografía para evaluar los niveles del suelo.
- Analizar características fisicoquímicas de agua en zonas de manglar y afluentes.
- Analizar características fisicoquímicas en muestras de suelo en zona de manglar y afluentes.
- Relacionar las características fisicoquímicas del agua y suelo con las afecciones en manglares y otros humedales.

## 1.4 Justificación.

La laguna de San Simón se encuentra (N 21°11'04.1'' - W 097°25'45.0'') ubicada en San Simón C.P., 92595 Tamiahua, Ver. Al norte se conecta con la Laguna de Tamiahua a través de sus afluentes que se alimentan entre sí principalmente del mar y al sur con la laguna de Tampamachoco, que son cuerpos de agua que conservan una gran biodiversidad. Estas tres lagunas se encuentran bordeadas por las cuatro especies de manglares que se reportan en la región. Los manglares son muy importantes ya que estos brindan muchos servicios ambientales como zonas de alimentación, refugio y crecimiento de crustáceos y alevines de peces así como de otras especies de importancia comercial, por lo que sostienen gran parte de la producción pesquera; son utilizados como combustible (leña), poseen un alto valor estético y recreativo, actúan como sistemas naturales de control de inundaciones y como barreras contra huracanes e intrusión salina, controlan la erosión y protegen las costas, mejoran la calidad del agua al funcionar como filtro biológico, contribuyen en el mantenimiento de procesos naturales tales como respuestas a cambios en el nivel del mar, mantienen procesos de sedimentación y sirven de refugio de flora y fauna silvestre y del más importante la captación de carbono que permite la purificación del aire de este elemento y nutrición de los suelos entre otras grandes variedades de servicios. (Velázquez-Salazar S., Rodríguez-Zuñiga M., Alcántara-Maya J.A, Villeda-Chávez E., Valderrama-Landeros L., & Tronche-Souza C., 2021)

Por estas características ecológicas e importancia ambiental el presente estudio recabara datos sobre la condición del suelo y agua en la laguna de San Simón y sus afluentes ya que se observa que en la laguna están asociados aproximadamente  $10\text{km}^2$  de manglar que son de importancia para la región y que en estos presentan algunas hectáreas de manglar muerto y deteriorado. Con los resultados que se obtengan se pretende conocer las causas de esta mortandad.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

Los ecosistemas de manglar constituyen una frágil membrana de intercambio entre los ecosistemas terrestres y marinos, por lo que es indispensable conocer y difundir la gran variedad de relaciones bióticas y abióticas que se forman a lo largo del gradiente ambiental y configurado sobre ella. El manglar está definido realmente por el ambiente generado por unas pocas especies de árboles o arbustos que se desarrollan en las costas tropicales e intertropicales del mundo. En Veracruz están presentes cuatro especies arbóreas que componen el manglar: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y botoncillo (*Conocarpus erectus*). (Moreno, Rojas, & Lara, 2002)

### 2.1 Ecosistema de manglar.

El término “Mangle” deriva de un vocablo guaraní que significa árbol torcido. Los manglares corresponden a la vegetación arbórea de la zona de mareas que corresponde al ecotono entre los ambientes marino y terrestre. Los manglares pueden crecer a diferentes salinidades que van desde 0 ups (dulceacuícolas) hasta hipersalinas (más de 40 y hasta 90 ups), alcanzando su máximo desarrollo en condiciones salobres (aproximadamente a 15 ups; las unidades prácticas de salinidad equivalen a gramos de sal por litro de agua). De halófitas se conocen 69 especies núcleo (3 especies de helechos, una de palma y 65 de arbustos o árboles) correspondientes a 24 géneros distribuidos en 19 familias. Las especies de manglar poseen adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten ocupar hábitats bajo condiciones especiales, tales como suelos desde limosos hasta arenosos, inestables y con baja concentración de oxígeno, en ambientes salinos y salobres. Así mismo, estas especies han desarrollado estrategias reproductivas como la viviparidad o criptoviviparidad (frutos que germinan en la planta madre y que forman propágulos), un sistema de raíces verticales conocidos como pneumatóforos que captura oxígeno atmosférico y de raíces de cable y de anclado que penetran hasta 60 cm y que da estabilidad y soporte al tronco. Algunas especies tienen además glándulas en las hojas que les permiten secretar el exceso de sal y hojas gruesas, similares a las plantas de desierto, pero de mayor tamaño. (Hernández, Trejo, & Portillo, 2006).

## 2.2 Distribución de los manglares

Geográficamente, los manglares se distribuyen siguiendo las características climáticas y fisiográficas de la costa. Se presentan en áreas donde la temperatura ambiental no es menor a los 20 ° C y la oscilación de ésta no es mayor a 5° C. En nuestro país, los manglares de la costa noroccidental de México y el Caribe son menos extensos y menos desarrollados que los del Golfo de México y la costa sudoccidental. La costa del Pacífico, por su origen tectónico (una costa de colisión), es más accidentada y cuenta con acantilados y playas cortas bordeadas por montañas. La plataforma continental del Pacífico está ausente o es muy estrecha cuando se le compara con la costa del Golfo de México (que es una costa de arrastre), que cuenta con una llanura aluvial y una plataforma continental extensa (Carranza-Edwards, 1975). Por otra parte, las características kársticas (de un substrato formado por rocas calizas) de la península de Yucatán y el carácter oligotrófico (con pocos nutrientes disponibles) de las aguas del Caribe, así como la presencia frecuente de tormentas tropicales y huracanes, son determinantes en el grado de desarrollo de los manglares de esta región. En la Península de Yucatán no hay ríos superficiales porque el agua de lluvia se infiltra rápidamente a través de los suelos calcáreos, formando escurrimientos subterráneos que afloran en cenotes o rías en la franja litoral. Otro factor determinante para la expansión de los manglares es el intervalo de las mareas. En la costa del Pacífico el rango de mareas es superior a 1 metro, mientras que en el Caribe es de menos de 30 centímetros. (C. Agráz-Hernández, Noriega-Trejo R., López-Portillo J., Flores-Verdugo F.J., & Jiménez-Zacarías J.J., 2006)

Tabla 1. Superficie de manglares en la república mexicana

Jerarquía	Estado	Total de fragmentos	Área		% del total
			Hectáreas	km <sup>2</sup>	
1	Quintana Roo	101	219,485	2,195	23.3
2	Campeche	112	207,350	2,074	22.0
3	Sinaloa	236	88,521	885	9.4
4	Nayarit	31	82,615	826	8.8
5	Yucatán	35	80,294	803	8.5
6	Tabasco	123	58,171	582	6.2
7	Chiapas	27	55,507	555	5.9
8	Veracruz-Llave	115	46,121	461	4.9
9	Baja California Sur	292	35,602	356	3.8
10	Oaxaca	43	33,262	333	3.5
11	Sonora	74	12,031	120	1.3
12	Guerrero	33	10,851	109	1.2
13	Colima	15	3,980	40	0.4
14	Tamaulipas	9	3,781	38	0.4
15	Jalisco	17	3,022	30	0.3
16	Michoacán de Ocampo	5	1,502	15	0.2
<b>TOTAL Nacional</b>		<b>1268</b>	<b>942,097</b>	<b>9,421</b>	

## 2.3 Importancia ecológica y económica de manglares

Gracias a su condición de ambientes costeros y ecosistemas terminales de las cuencas hidrográficas, los manglares presentan varias características particulares:

- Ecosistema de alta productividad y riqueza biológica.
- Ecosistemas que dependen en buena medida de factores externos de gran escala como las corrientes oceánicas, la conexión con el mar, el clima y los cambios en la cobertura y usos del terreno a un nivel de paisaje.
- Hábitat de especies residentes permanentes y temporales de moluscos, cangrejos, jaibas, camarones, erizos, insectos, peces, aves, mamíferos, bromelias, orquídeas, bejucos y otras especies.
- Hábitat de estados juveniles de fauna marina.
- Hábitat de aves migratorias y de colonias de reproducción.
- Fuente de nutrientes para ecosistemas vecinos como pastos marinos y arrecifes de coral.

Además los manglares además proporcionan una serie de beneficios como:

1.- **Barrera natural de protección que contiene la erosión de vientos y mareas.** En aquellos sitios en donde los manglares se han mantenido, el impacto de fenómenos naturales, como ciclones y tsunamis, ha sido menor al de aquellos sitios en donde se destruyeron o no existen estas barreras naturales.

2.- **Ecosistemas altamente productivos**, ya que generan una gran cantidad de nutrientes que son exportados por las mareas a las aguas marinas cercanas a la costa, donde son aprovechados por pastos marinos, arrecifes de coral y una variedad de peces que tienen importancia comercial.

3.- **Zona de protección y crianza** de especies comerciales como peces (bagre, lisa, mojarra, pargos, robalo, sábalo, etc.), camarones, cangrejos, langostinos y moluscos. La pesquería del camarón, una de las más importantes en México, existe gracias a la gran cantidad de lagunas costeras que albergan importantes humedales, como áreas de manglar y marismas, en donde se refugian las postlarvas de camarón y se desarrollan durante varios meses hasta alcanzar sus fases juveniles, momento en el cual migran al mar para completar su ciclo de vida.

4.- **Zona de amortiguamiento** de los impactos del acarreo de tierra y contaminantes por las corrientes de agua de ríos y arroyos sobre los arrecifes de coral. Mantenimiento de la línea de costa y sostenimiento de las arenas sobre las playas.

- 5.- **Filtro biológico**, retención y procesamiento de algunos contaminantes utilizados en la agricultura; filtración de agua y abastecimiento de mantos freáticos.
- 6.- **Captura de gases de efecto invernadero** y sumideros de bióxido de carbono; producción de leña y carbón por las comunidades rurales.
- 7.- **Material de construcción** en viviendas rurales y en la fabricación de cercos para la delimitación de los terrenos o el confinamiento de animales para el consumo doméstico; industria de la construcción como puntales para las cimbras.
- 8.- **Fabricación de artes de pesca** como los tapos, en la elaboración de espigas y puntales para la locomoción de pequeñas embarcaciones en zonas someras de las lagunas costeras y los esteros.
- 9.- Zona de desarrollo de actividades cinegéticas.
- 10.- Zona de desarrollo de la creciente industria asociada al ecoturismo, avistamiento de aves migratorias, vida silvestre y paisajes. (CONABIO, 2009)

## 2.4 Destrucción y pérdida de manglares

Los humedales son sistemas dinámicos que cambian sin cesar como resultado de la acumulación de sedimentos o materia orgánica, la subsidencia, las sequías o el aumento del nivel del mar. Así, muchos humedales no son más que componentes temporales del paisaje y por ende es de proveer que cambien y acaben por desaparecer y que al mismo tiempo se formen humedales nuevos en otros sitios. El incremento de población en la zona costera constituye una constante amenaza para los humedales, ya que una buena parte del crecimiento urbano y agropecuario se dará sobre estos ecosistemas esta actividad directa e indirecta del ser humano han modificado sustancialmente el índice de transformación de los humedales. Aunque se han construido embalses, canales y zonas de almacenamiento para casos de inundación, con todo, se han destruido muchos más humedales de los que se han creado. La destrucción de humedales puede ser causada también por la contaminación, la eliminación de desechos, la minería o la extracción de aguas subterráneas además, la pérdida pone en riesgo a la propia población costera, al perderse los servicios ambientales de protección a la línea de costa y de zona de acumulación y percolación de las grandes avenidas de agua producidas por tormentas y huracanes. (Ricaño-Soriano, Cuervo-López, & Capistrán-Barradas, 2013).

Las actividades humanas constituyen la principal amenaza para los manglares. Entre las principales actividades humanas están el cambio de uso de la tierra, la contaminación y la sobreexplotación de los recursos. La falta de planificación del desarrollo urbano, industrial y turístico, así como del desarrollo agrícola, avícola, ganadero y acuícola, han desplazado y

reducido extensiones considerables de manglares. Los desechos sólidos urbanos, contaminantes industriales, pesticidas y fertilizantes agrícolas, derrames de petróleo, etc., así como las modificaciones a las condiciones hidrológicas han tenido un gran impacto sobre los manglares. La sobreexplotación de algunas especies altera substancialmente la composición, estructura y función de este ecosistema. (CONABIO, Manglares de México: Extensión y distribución, 2009).

## **2.5 Estado de los humedales en Veracruz y Tuxpan**

La riqueza natural del estado de Veracruz radica en que cuenta con ambientes representativos de la mayoría de los ecosistemas que existen en México, en los cuales subsiste un gran número de especies animales y vegetales, incluso endémicas y de alto valor ecológico. La combinación de costas con montañas en un gradiente latitudinal da como resultado climas desde cálido húmedo hasta frío, en un relieve que va desde cero hasta 5,610 msnm. Veracruz tiene también un gran número de cuencas y recursos hídricos; asociados a ellos están los humedales. Esta gran biodiversidad es consecuencia de su ubicación en la porción central del Golfo de México, cuenta con 745 km de línea de costa y con una parte importante de la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico (SEMARNAT, 2016).

## CAPÍTULO III. DESARROLLO

### 3.1 Metodología

La ubicación geográfica del área de estudio en la Laguna de San Simón en las coordenadas  $21^{\circ}11'04.1''N$   $97^{\circ}25'45.0''$  como se muestra en la ilustración 2 y 3, y en los puntos con marcas de posición la ruta del muestreo realizado. Cuenta con una gran extensión de bosque de manglar donde se pueden encontrar tres de las especies regionales de manglar que son mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y esta cuenta con una gran diversidad de fauna. Tiene influencia de agua dulce por los afluentes que están conectados que vienen entre el paso de Lorenzo y paso del norte que también fueron estudiados como se muestra en la Ilustración 4. Funciona como un ecosistema por sí solo y es posible distinguir los humedales de otras formaciones terrestres y cuerpos de agua principalmente por la vegetación que se ha adaptado al suelo húmedo.

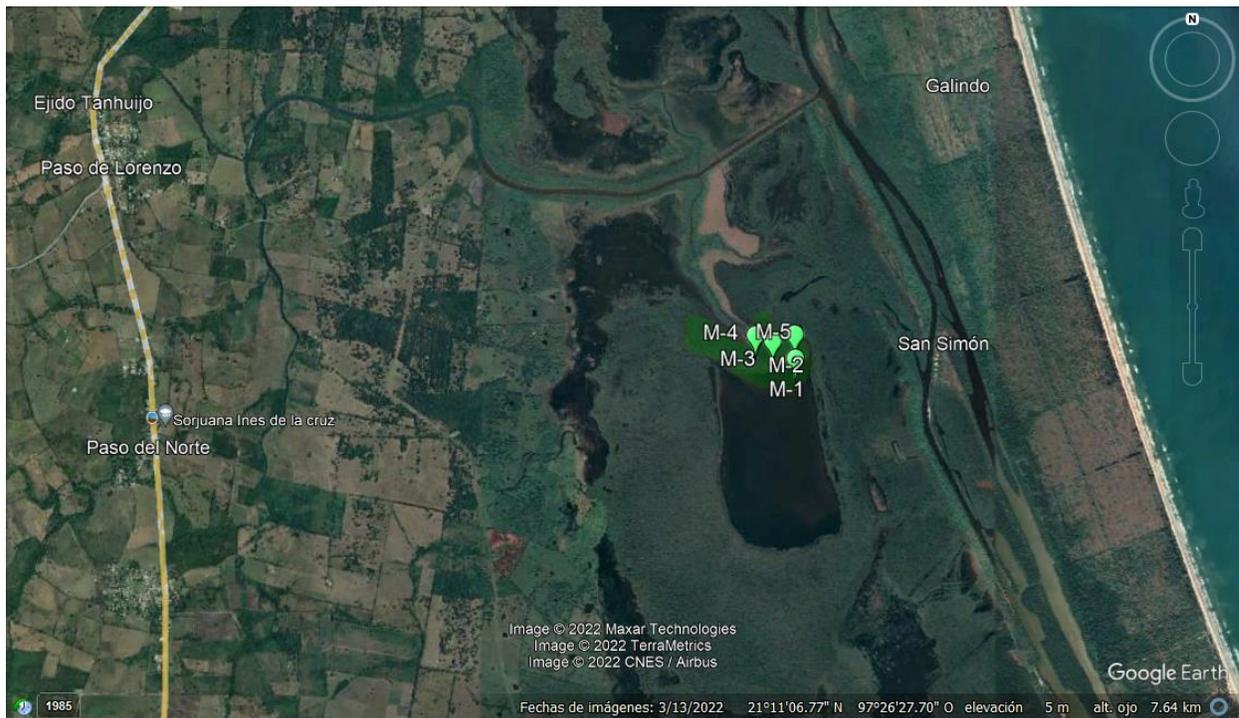


Ilustración 2. Ubicación de la Laguna de San Simón



Ilustración 3. Área de estudio de la Laguna de San Simón

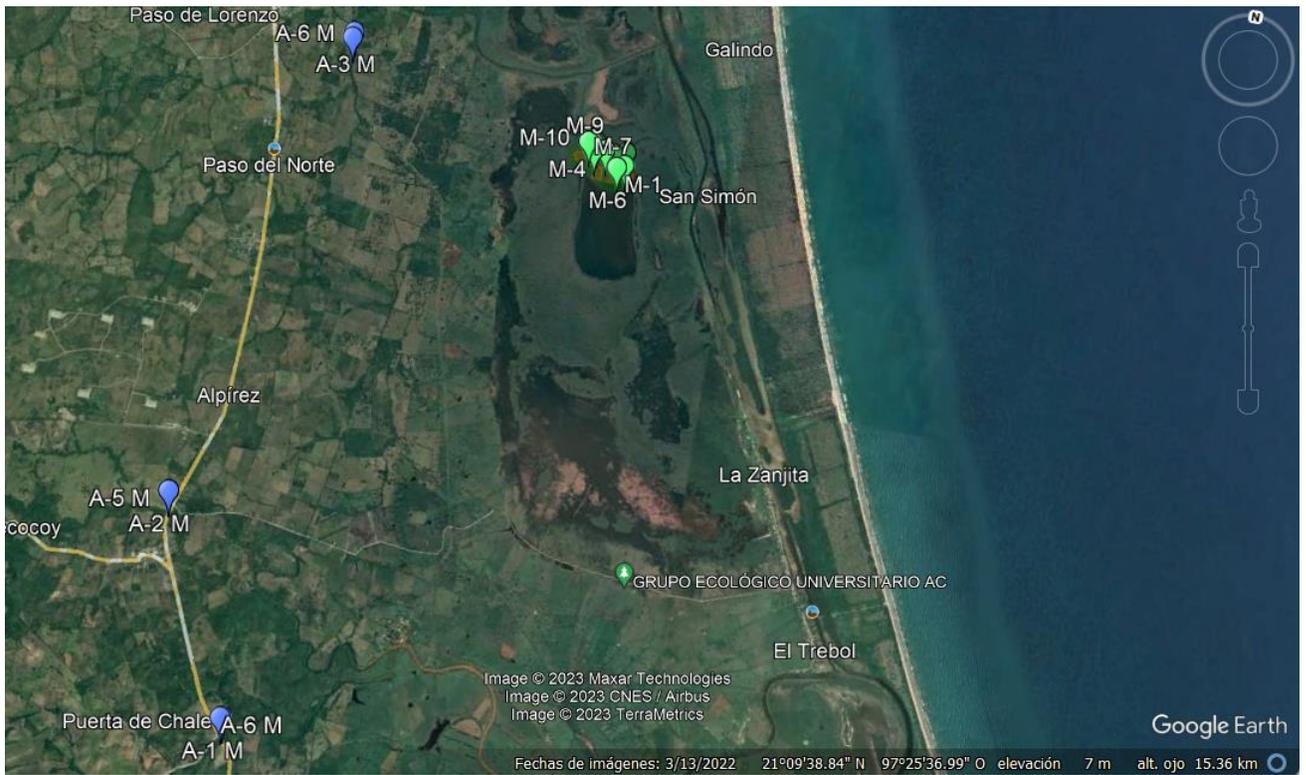


Ilustración 4. Puntos de observación de los afluentes

### 3.2 Obtención de muestras de suelo y agua en la laguna de San Simón y afluentes

La recopilación de muestras se llevó a cabo en las ubicaciones ya mencionadas (Ilustración 2) de acuerdo a la norma NOM-021-SEMARNAT-2000. A continuación se describe el procedimiento.

#### Toma de muestra:

1. De cada perfil que se representa de muestreo se tomaron dos muestras como horizontes uno superficial y uno a 30cm debajo comprenda el perfil con la ayuda de un nucleador y en el caso de los afluentes se tomó un horizonte que es a media agua o a mediación con un barreno.
2. De la muestra se colectará de aproximadamente un kg en peso por cada horizonte.
3. Se colectarán en bolsas ziplock se marcarán y se homogeneizarán.



Ilustración 5. Muestra del nucleador



Ilustración 6. Extracción de suelo con el barreno

#### Secado:

1. El secado se realiza con el propósito de facilitar el manejo de la muestra, mejorar la homogeneización y disminuir los cambios químicos indeseables.
2. Las muestras de suelo se secaron a temperatura ambiente.
3. El secado se realizó extendiendo la muestra de suelo sobre una superficie que no contamine. Se expusieron al secado en bandejas de plástico y cartón.

4. La muestra se extendieron logrando una profundidad inferior de 2.5 cm, exponiéndolas al sol a unas 30°C aproximadamente.



Ilustración 7. Secado de muestras de manglar

#### Molienda:

1. Para realizar la molienda, deben retirarse con anticipación de la muestra, las rocas y el material orgánico visible.
2. La molienda se realiza con un mazo de madera y/o mortero. (Ilustración 8)



Ilustración 8. Mortero para molienda de muestras y mazo para trituración.

### 3.3 Determinación de la Microtopografía del manglar en San Simón

La topografía es la técnica que permite medir directa o indirectamente la representación gráfica del terreno. La caracterización de la microtopografía de los humedales permite determinar la distribución de los diferentes tipos de humedales, las áreas potenciales de restauración, así como la ampliación o creación de nuevas áreas para determinado tipo de humedal (Lewis, 1982).

Materiales y equipo:

- Manguera de plástico de 10m
- Cinta métrica de 50m
- 2 reglas de madera de 1m
- Cinchos
- Agua

Procedimiento:

1. Se utiliza los cinchos para amarrar la manguera a las dos reglas de madera una en cada extremo de la manguera.
2. Con la cinta métrica se realizó un transecto hasta la distancia requerida de 500m. Y por el cual se va a medir con la manguera y reglas.
3. Llena de agua la manguera hasta que entes en un nivel equilibrado.
4. Parte de tu punto de inicio colocando una de las reglas, en este caso se midieron cada 8m donde se colocó la segunda regla y con el metro se midió la diferencia en el agua y así hasta el final del transecto.
5. Llena un registro de todos los datos y has los cálculos para la simulación de la topografía.



**Ilustración 9. Medición de topografía**



4. Dejar reposar durante 15 minutos.
5. Calibrar el medidor de pH con las soluciones reguladores pH 4.00 y 7.00 o 7.00 y 10.00 según el suelo, enjuagando con agua destilada los electrodos antes de iniciar las lecturas de las muestras.
6. Agitar nuevamente la suspensión e introduzca el electrodo en la suspensión.
7. Registre el pH al momento en que la lectura se haya estabilizado.



Ilustración 10. Uso del potenciómetro

Interpretación de resultados:

Para la clasificación del suelo en cuanto a su valor de pH se presenta el cuadro siguiente:

Tabla 2. Clasificación de pH

<b>Clasificación</b>	<b>pH</b>
Fuertemente ácido	< 5.0
Moderadamente ácido	5.1 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.3
Medianamente alcalino	7.4 - 8.5
Fuertemente alcalino	> 8.5

### **3.4.2 La determinación de la textura del suelo por el procedimiento de Bouyoucos.**

Método para la determinación de la textura del suelo por el procedimiento de Bouyoucos. La textura del suelo define como la proporción relativa de grupos dimensionales de partículas. Proporciona una idea general de las propiedades físicas del suelo. Su determinación es rápida y aproximada. En general el problema es separar los agregados y analizar sólo las partículas. En el presente método se elimina la agregación debida a materia orgánica y la floculación debida a los cationes calcio y magnesio. No se eliminan otros cementantes como carbonatos. El tiempo de lectura se ha escogido de 40 segundos para la separación de partículas mayores de 0.05 mm (arena) y de 2 horas para partículas de diámetro mayores de 0.002 mm (limo y arena). Estos límites han sido establecidos por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y se han usado para construir el triángulo de texturas.

Reactivos:

- Agua oxigenada al 30%.
- Hexametáfosfato de sodio (calgón). Disolver 25 g de  $(\text{Na}_3\text{PO}_3)_6$  en agua destilada y aforar hasta llegar a los 500 ml.

Material y equipo:

- Hidrómetro de Bouyoucos con escala de 0-60.
- Probetas de 1000 cc.
- Cilindro de Bouyoucos.
- Agitador con motor para dispersión.
- Agitador de mano.
- Termómetro de -10 a 110°C.

Procedimiento:

1. Se pesó 60 g de suelo de textura fino en un vaso de precipitados de 500 ml agrego 40 ml de agua oxigenada y se dejó a evaporar hasta la sequedad, luego se agregó otros 40 ml y se observó la reacción. Se repitió el procedimiento hasta que no haya efervescencia al agua oxigenada.
2. En general se utilizaron de tres a cinco ataques para la mayoría de los suelos. Después de eliminar la materia orgánica y llevar a sequedad el suelo, se pesó 25 g de suelo de textura arcillosa y se colocaron en un vaso de precipitados de 250 ml donde se adiciono agua hasta cubrir la superficie con una lámina de 2 cm y 25g de Hexametáfosfato.
3. Pasar las muestras de los vasos de precipitado a las copas del agitador mecánico, pasando todo el material con la ayuda de una piceta. Activar los agitadores y proceder a dispersar cinco minutos. Al finalizar el tiempo de agitación, bajar la copa del dispersor y pasar el

contenido a una probeta de 500 ml o al cilindro de Bouyoucos enjuagando la copa con ayuda de una piceta.

4. Se agrega agua destilada hasta completar con el hidrómetro dentro de la suspensión en el caso del cilindro de Bouyoucos con el hidrómetro dentro de la suspensión. Sacar el hidrómetro y suspender el suelo con un agitador de mano operando durante un minuto.

5. Tomar las lecturas del hidrómetro a los 40 segundos y después de 2 horas de terminada la dispersión con el agitador de mano.

6. Para hacer una lectura, colocar el hidrómetro dentro de la probeta 20 segundos antes del momento de la determinación, cuidando de alterar lo menos posible la suspensión. Después de hacer la lectura se seca el hidrómetro, se lava, se seca y se toma la temperatura. Si por alguna razón al hacer la lectura se acumula espuma alrededor del hidrómetro, agregar unas gotas de alcohol etílico.



Ilustración 11. Materiales y equipo para la determinación de textura



Ilustración 12. Oxidación de materia orgánica



Ilustración 13. Lecturas de Bouyoucos con hidrómetro

Cálculos:

Corregir las lecturas del hidrómetro agregando 0.36 por cada grado centígrado arriba de 19.5°C restando la misma cantidad por cada grado abajo de dicha temperatura (tabla de corrección por temperatura). La lectura a los 40 segundos multiplicada por 2 es igual al porcentaje de arcilla más limo. Restando de 100 se obtiene el porcentaje de arena. La lectura obtenida a 2 horas multiplicadas por 2 es igual al porcentaje de arcilla. El porcentaje de limo se obtiene por diferencia. Cuando se usan 100 g no debe multiplicarse por 2 ya que el hidrómetro está calibrado en porcentajes considerando 100 g de suelo. Con los porcentajes de limo, arena y arcilla se determina la textura correspondiente con el triángulo de texturas.

Tabla 3. Corrección por temperatura

TEMP. °C	CORRECCION	TEMP. °C	CORRECCION
15.0	- 1.62	21.5	+ 0.18
15.5	- 1.44	22.0	+ 0.90
16.0	- 1.26	22.5	+ 1.08
16.5	- 1.08	23.0	+ 1.26
17.0	- 0.90	23.5	+ 1.44
17.5	- 0.72	24.0	+ 1.62
18.0	- 0.54	24.5	+ 1.80
18.5	- 0.36	25.0	+ 1.98
19.0	- 0.18	25.5	+ 2.15
19.5	- 0	26.0	+ 2.34
20.0	+ 0.18	26.5	+ 2.52
20.5	+ 0.36	27.0	+ 2.70
21.0	+ 0.54	27.5	+ 2.858
		28.0	+ 3.06

Tabla 4. Interpretación de resultados de textura

Clave	Clase de textura
R	Arcillosa
RI	Arcillo limosa
Ra	Arcillo arenosa
Cr	Franco arcillosa
CrI	Franco arcillo limosa
Cra	Franco arcillo arenosa
C	Francosas
CI	Franco limosa
L	Limosa
Ca	Franco arenosa
Ac	Areno francosa
A	Arenosa

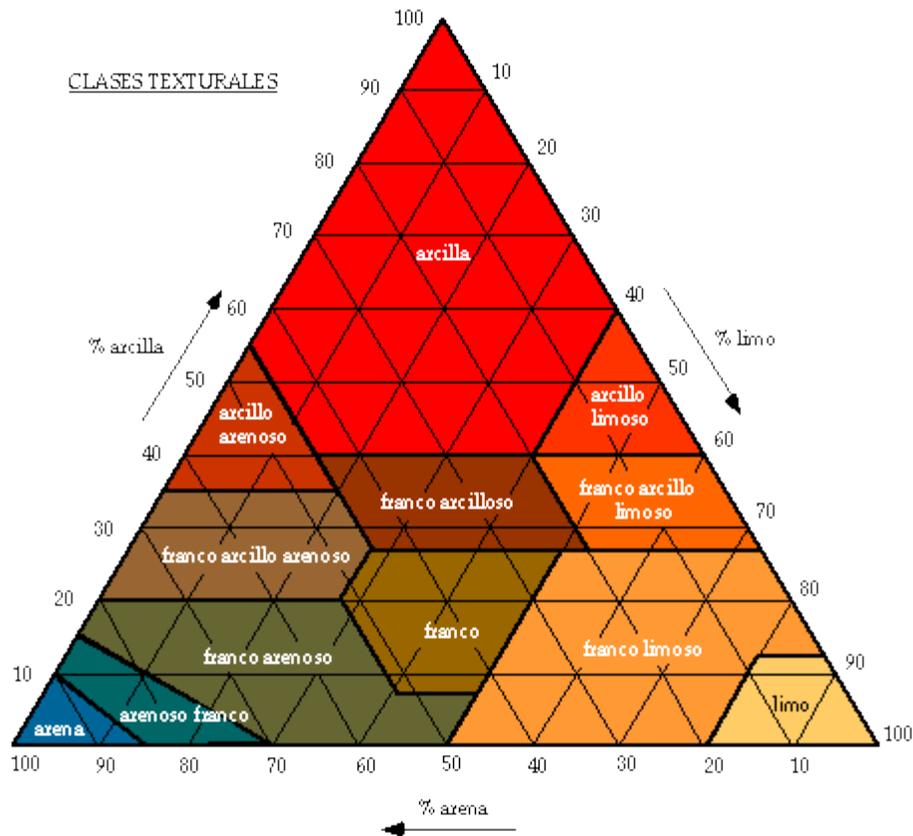


Ilustración 14. Triángulo de identificación de textura

### 3.4.3 Determinación de color en suelos utilizando la carta Munsell

Método de la Tabla Munsell para la determinación del color de los suelos minerales y orgánicos. La determinación se basa en el igualamiento del color observado en el suelo tanto en seco como en húmedo respecto al color registrado en las tarjetas de color, ubicadas en cada una de las páginas de la Tabla Munsell, donde se manejan los parámetros de matiz (Hue), Brillo (Value) e Intensidad (Chroma).

Material y equipo:

- Tablas de color Munsell (Munsell Soil Color Charts).
- Placa de porcelana con huecos.
- Tamiz con aberturas de dos mm de diámetro.

Procedimiento:

1. Se tomó 100 g del suelo previamente secado al aire y se pasó por el tamiz de abertura dos mm.
2. Después se tomó una pequeña muestra de suelo tamizado, suficiente para enrasar uno de los huecos de la placa de porcelana.
3. Tome la cápsula de porcelana y colóquela abajo de la página de la tabla Munsell, ubicando la muestra de suelo por abajo de cada orificio de la carta junto al cual se tiene la tarjetita con el color.
4. Recorra las páginas que considere tienen una mayor similitud entre el color que presenta el suelo y el color de las tarjetas, hasta encontrar el color que más se parezca al del suelo.
5. Una vez ubicado el color registre el valor del Hue que se encuentra en la parte superior derecha de la página, asimismo, registre el valor del Value ubicado en el eje vertical de la página y el valor del Chroma ubicado en el eje x de la página.

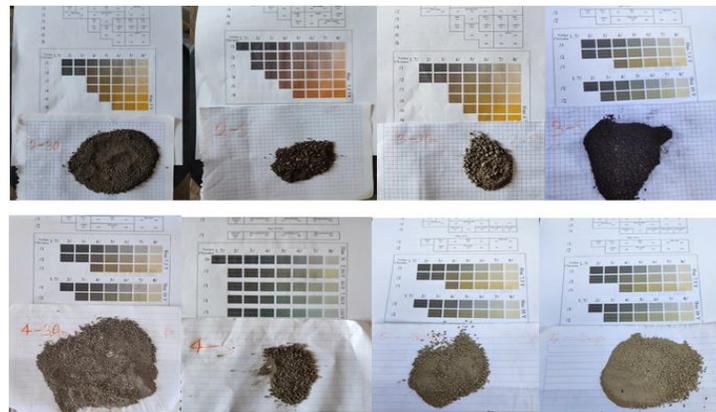


Ilustración 15. Identificación en tabla de Munsell

### 3.4.4 Determinación de materia orgánica del suelo por el método de Walkley y Black

La determinación de materia orgánica del suelo se evalúa a través del contenido de carbono orgánico con el método de Walkley y Black. Este método se basa en la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio y el calor de reacción que se genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado. Después de un cierto tiempo de espera la mezcla se diluye, se adiciona ácido fosfórico para evitar interferencias de  $\text{Fe}^{3+}$  y el dicromato de potasio residual es valorado con sulfato ferroso. Con este procedimiento se detecta entre un 70 y 84% del carbón orgánico total por lo que es necesario introducir un factor de corrección, el cual puede variar entre suelo y suelo. En los suelos de México se recomienda utilizar el factor 1.298 (1/0.77).

Reactivos:

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser grado analítico a menos que se indique otra cosa.

- Dicromato de potasio 0.166 M o 1N.- Disolver 48.82 g de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  en agua destilada aforar a 1000 ml en un matraz volumétrico.
- Ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).
- Ácido fosfórico concentrado ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ).
- Indicador de difenilamina. Disolver 0.5 g de difenilamina en 20 ml de agua y añadir 100 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- Sulfato ferroso 1.0 M (aproximadamente). Disolver 278 g de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  en agua a la que previamente se le añadieron 80 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, enfriar y diluir a un litro. Esta solución debe ser valorada con  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  1 N antes de realizar la determinación.

Material:

- Matraces Erlenmeyer de 500 ml. Bureta para  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (50 ml).
- Bureta para  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (50 ml).
- Pipeta volumétrica (10 ml).
- Probeta de vidrio (25 ml).
- Procedimiento

1. Pesar 0.5 g de suelo seco y pasado por un tamiz de 0.5 mm y colocarlo en un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Procesar un blanco con reactivos por triplicado.

2. Adicionar exactamente 10 ml de dicromato de potasio 1 N girando el matraz cuidadosamente para que entre en contacto con todo el suelo.

3. Agregar cuidadosamente con una bureta 20 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado a la suspensión, girar nuevamente el matraz y agitar de esa forma durante un minuto.
4. Dejar reposar durante 30 minutos sobre una lámina de asbesto o sobre una mesa de madera, evitando las mesas de acero o cemento.
5. Añadir 200 ml de agua destilada.
6. Añadir 5 ml de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  concentrado.
7. Adicionar de 5 a 10 gotas del indicador de difenilamina.
8. Titular con la disolución de sulfato ferroso gota a gota hasta un punto final verde claro.



Ilustración 16. Materiales para la determinación de materia orgánica por el método de Walkley y Black



Ilustración 17. Resultados de la titulación de las muestras

Cálculos:

$$\% \text{ C Orgánico} = \left( \frac{\text{B} - \text{T}}{\text{g}} \right) (\text{N}) (0.39) \text{ mcf}$$

Donde:

B= Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar el blanco de reactivos (ml).

T= Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar la muestra (ml).

N= Normalidad exacta del sulfato ferroso (valorar por separado al momento de analizar las muestras).

g= Peso de la muestra empleada (g).

mcf = factor de corrección de humedad.

$$\% \text{ Materia orgánica} = \% \text{ C Orgánico} \times 1.724$$

Observaciones:

Si al añadir el dicromato de potasio al suelo la solución se torna verdosa o si se gastan menos de dos ml de sulfato ferroso al titular la muestra, se debe reducir el peso de la muestra a la mitad.

El factor 0.39 resulta de multiplicar

$$\frac{12}{4000} \times \frac{1}{0.77} \times 100 = 0.39$$

Dónde:  $\frac{12}{4000}$  es el peso miliequivalente del C,  $\frac{1}{0.77}$  es un factor de Corrección debido a que se supone que el método sólo oxida 77% del C, y 100 es la conversión a porcentaje. En la mayoría de los laboratorios se sigue usando el factor de Van Benmelen de 1.724 para estimar la M.O. a partir de C orgánico, el cual resulta de la suposición de que la M.O. contiene un 58% de C,  $\frac{1}{0.58} = 1.724$

Alternativamente puede emplearse una solución de sulfato ferroso amónico 0.5N pesar 196.1 g de  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4) \cdot 2.6\text{H}_2\text{O}$ , disolverlos en 800 ml de agua destilada con 20 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado y diluir a 1 L.

Se ha reportado que los cloruros reaccionan con el dicromato en este método. Se ha propuesto que su efecto sea corregido mediante:

$$C_c = C - \frac{Cl^-}{12}$$

Dónde:

$C_c$  = Contenido de C orgánico en el suelo en porcentaje.

$C$  = Contenido de C orgánico determinado por el método en porcentaje.

$C_1$ - = Contenido de cloruros en el suelo en porcentaje alternativamente, también se ha recomendado separar los cloruros por lavado o eliminar su efecto mediante la adición de 25 g de sulfato de plata por cada litro de ácido sulfúrico concentrado.

### Interpretación de Resultados de Materia Orgánica

Los valores de referencia para clasificar la concentración de la materia orgánica en los suelos minerales y volcánicos se presentan en el cuadro siguiente:

Tabla 5. Interpretación de resultados de materia orgánica

Clase	Materia orgánica (%)	
	Suelos volcánicos	Suelos no volcánicos
Muy bajo	< 4.0	< 0.5
Bajo	4.1 - 6.0	0.6 - 1.5
Medio	6.1 - 10.9	1.6 - 3.5
Alto	11.0 - 16.0	3.6 - 6.0
Muy Alto	> 16.1	> 6.0

## 3.5 Análisis fisicoquímicos para suelo y agua

Los análisis complementarios nos permiten tener otras perspectivas sobre los resultados de los análisis realizados con la NOM-021-SEMARNAT-2000, así podemos compararlos y tener otros tipos de datos que ayuden para poder obtener un amplio rango de entendimiento a base de los resultados.

### 3.5.1 Análisis fisicoquímico de muestras de agua con ayuda de un Multiparamétrico

El sensor múltiple con microprocesador permite la medición de parámetros clave que incluyen al pH, ORP, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, amonio, cloruro, nitrato y temperatura. La sonda transmite las lecturas de forma digital con opción de registro estando la sonda desconectada del medidor. El GPS opcional proporciona la ubicación de las mediciones. El sistema completo es muy fácil de configurar y de usar. El HI9829 es muy personalizable y se suministra con todos los accesorios necesarios en un estuche rígido de transporte.

### Materiales y equipo:

- Multiparamétrico con sensor portátil
- Frascos de vidrio de ½ a 1 litro
- Hielera
- Marcador
- Botella de van dorn

### Procedimiento:

1. Utilizar la botella de van dorn para extraer la muestra de agua, alce los tapones de la botella y abróchelos a la botella, luego introduzca la botella lentamente en el agua en caso de tener poca profundidad hacerlo lento para no levantar arenas y tierras del fondo, deje caer la pesa de plomo de forma recta para que accione el mecanismo y capture la muestra de agua.
2. Almacenamiento de la muestra de agua, primero impregne un poco de agua de la botella con la muestra de agua extraída en uno de los frascos de vidrio y tirar el agua, después vierta toda la muestra de agua en el frasco.
3. Después de tener la muestra de agua en los frascos etiquételos y métalos en una hielera para que el agua no tenga ningún cambio en sus componentes y se pueda obtener un buen registro de los datos.
4. Utilización del multiparamétrico, calibración de los parámetros claves que debe registrar, después introduciendo el sensor en el los frascos y registrar los datos. Nota: este paso debe realizarse dentro de las 24hrs a partir de la extracción de las muestra ya que pasado ese tiempo pueden variar los parámetros.
5. Registre los datos en una tabla e interprete los resultados a medida del análisis que se busca realizar.



Ilustración 18. Utilización de Multiparamétrico para análisis de agua



Ilustración 19. Botella de van dorn

### 3.5.2 Determinación de densidad aparente

La medida de la densidad aparente debe ser realizada en la superficie del suelo y/o en una zona compactada (piso de arado, etc.), si es que está presente. Mida la densidad aparente cerca (entre 3,28 y 6,56 cm) del sitio de los ensayos de respiración e infiltración. Para obtener una medida más representativa de la densidad aparente del área, se pueden tomar muestras adicionales.

Materiales:

- Anillo de 3 pulgadas (7.62 cm) de diámetro.
- Maza
- Bloque de madera
- Palita de jardinero
- Cuchillo de hoja ancha
- Bolsas sellables y marcador
- Balanza (precisión 0,1 g)
- Cucharón para medir de 1/8 de taza (30mL)
- Taza de papel
- Vara metálica de 18 pulgadas
- Acceso a un horno de microondas

Procedimiento:

1. Clavar el anillo en el suelo.

Usando la maza y el bloque de madera, clave un anillo de 3 pulgadas (7.62 cm) de diámetro, con el borde biselado hacia abajo, hasta una profundidad de 7.62 cm.

Para la precisa medición del volumen del suelo, debe anotarse la profundidad exacta profundidad del anillo. Para hacer esto se mide la altura del anillo desde el suelo hasta donde se registra el suelo dentro del tubo. Se realizaron cuatro mediciones (a espacios similares) para calcular el promedio. Anote el promedio en la hoja de trabajo de Datos de Suelo.

2. Remueva el anillo de 7.62 cm.

Cave alrededor del anillo, con una palita de jardinero debajo de éste, y levántelo con cuidado previendo pérdidas de suelo.

3. Remueva exceso de suelo.

Remueva el exceso de suelo de la muestra con un cuchillo de hoja ancha. La base de la muestra deberá ser plana, cortada y nivelada siguiendo los bordes del anillo.

4. Poner la Muestra en una Bolsa y Etiquetar.

Toque la muestra lo menos posible. Usando el cuchillo de hoja ancha empuje la muestra dentro de una bolsa de plástico con cierre. Asegúrese que toda la muestra ha sido introducida en la bolsa. Cierre y etiquete la bolsa.

5. Pese y Registre la Muestra

Pese la muestra del suelo en su bolsa (si la bolsa es demasiado pesada para la balanza, transfiera aproximadamente la mitad hacia otra bolsa de plástico; el peso de las dos bolsas deberá ser sumado). Registre el peso (suma de las dos bolsas, si correspondiere) en la hoja de trabajo de Datos de Suelos.

Pese una bolsa de plástico vacía para calcular el peso exacto de la muestra. Anote el peso (suma de dos bolsas de plástico vacías, si correspondiere) en la hoja de trabajo Datos de Suelos.

6. Tome una Submuestra para Determinar Contenido de Agua y Peso del Suelo Seco.

Mezcle bien la muestra, “amasándola” con los dedos.

Tome una submuestra (no compactada), en un cucharón de 1/8 de taza, de la bolsa de plástico, y póngala en un vaso de papel (puede usarse un tazón de cerámica).

7. Pese y Registre la Submuestra

Pese la submuestra de suelo en su vaso de papel. Registre el peso en la hoja de trabajo de Datos de Suelo.

Pese un vaso de papel vacío. Ingrese el peso en la hoja de trabajo de datos de Suelo.

## 8. Seque la Submuestra.

Ponga el vaso de papel que contiene la submuestra en un microondas y seque con dos o más ciclos de cuatro minutos a intensidad máxima. Abra el microondas por un minuto para permitir la ventilación. Pese la submuestra seca en su vaso de papel y registre el peso en la hoja de trabajo de Datos de Suelo.



Ilustración 20. Determinación de densidad aparente con anillo de 3 pulgadas

Cálculos:

$$Da = \frac{W_{SS}}{V_S}$$

Donde:

$W_{SS}$ : Peso de suelo secado a 105 °C hasta peso constante.

$V_S$ : Volumen original de la muestra de suelo.

Valores de densidad aparente también son necesarios para convertir el contenido de agua del suelo en por ciento por peso (gravimétrico) y en por ciento por volumen (volumétrico):

Contenido volumétrico de agua ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) = contenido de agua en el suelo ( $\text{g}/\text{g}$ ) x densidad aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

Interpretación:

La densidad aparente del suelo puede servir como un indicador de la compactación y de las restricciones al crecimiento de las raíces (ver tabla 4). Típicas densidades aparentes del suelo fluctúan entre 1.0 y 1.7  $\text{g}/\text{cm}^3$  y generalmente aumentan con la profundidad en el perfil (Arshad et al., 1996). En suelos que contienen altas proporciones de arcillas expandibles las densidades aparentes varían con el contenido del agua, el cual debería ser medido al momento del muestreo.

Tabla 6. Interpretación de resultados de densidad aparente

<b>Relación general entre densidad aparente del suelo y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo.</b>			
Textura del suelo	Densidades aparentes ideales (g/cm <sup>3</sup> )	Densidades aparentes que pueden afectar el crecimiento radicular (g/cm <sup>3</sup> )	Densidades aparentes que restringen el crecimiento radicular (g/cm <sup>3</sup> )
Arena, areno-franco	< 1.60	1.69	>1.80
Franco-arenosa, franco	< 1.40	1.63	>1.80
Franco-arcilla-arenosa, franco, franco-arcillosa	< 1.40	1.60	> 1.75
Limosa, franco-limosa	< 1.30	1.60	> 1.75
Franco-limosa, franco-arcillo-limosa	< 1.40	1.55	> 1.65
Arcillo-arenosa, arcillo-limosa, algunas franco-arcillosas (35-45% de arcilla)	< 1.10	1.39	> 1.58
Arcillosa (>45% de arcilla)	< 1.10	1.39	> 1.47

### 3.5.3 Determinación de Materia Orgánica por el método de Calcinación

La materia orgánica del suelo se considera como el indicador más significativo de la calidad del suelo, siendo el componente más importante a seleccionar entre un grupo de datos mínimos y necesarios para definir la calidad del suelo.

La materia orgánica del suelo es fundamental para mantener la estructura del suelo, retener el agua necesaria y actuar como reserva nutritiva. Ciertos usos del suelo pueden disminuir de forma drástica el contenido de materia orgánica del suelo. Las causas principales que desencadenan este proceso son: la agricultura intensiva y la quema de los residuos de las cosechas in situ.

Para determinar el contenido de materia orgánica del suelo se procede a calcinar la muestra a 600 °C. La pérdida de peso al calcinar la muestra se atribuye a la presencia de materia orgánica. El inconveniente de esta técnica es que las pérdidas de peso pueden deberse a descomposición de aluminosilicatos hidratados, pérdida de agua de constitución o pérdida de carbonatos del suelo. Generalmente un suelo con un alto contenido de materia orgánica presenta una gran actividad microbiana, la cual puede ser evaluada mediante la respiración microbiana. La respiración microbiana se define como la absorción de oxígeno o la liberación de dióxido de carbono por bacterias, hongos, algas y protozoos.

### Materiales:

- Balanza analítica ( $\pm 0.0001$  g)
- Crisoles de porcelana
- Horno de mufla controlado termostáticamente a  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Desecadores con sílica gel fresca como desecante

### Procedimiento:

1. Pesarse en cada crisol una cantidad de muestra de 2 g aproximadamente y registrar el peso.
2. Introducir las muestras en la mufla y calcinar a  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 2 horas.
3. Terminada la calcinación, trasladar los crisoles al desecador. Pesarse nuevamente los crisoles y registrar el peso.



Ilustración 21. Mufla para el método de calcinación de materia orgánica



Ilustración 22. Desecador para muestras calcinadas



Ilustración 23. Balanza analítica para peso de muestras y muestras calcinadas

Cálculos:

$$\% \text{ Materia orgánica} = (A - B)/A \times 100$$

$$\% \text{ Carbono orgánico} = \% \text{ M.O.} * 1,724$$

Dónde:

A = peso muestra

B = peso muestra calcinada a 600 °C

### 3.5.4 Determinación de Micronutrientes por el manual de instrucciones de análisis de suelos La MOTTE

Para la determinación de los micronutrientes presentes en el suelo se utilizó el kit de micronutrientes LaMotte. El conjunto básico del modelo STH-4 (Código5029) analiza el suelo para determinar el pH, el nitrógeno nítrico, el fósforo y el potasio. Los equipos STH intermedios combinan estas cuatro pruebas con pruebas de otros factores importantes de nutrición vegetal (humus, calcio y magnesio). El equipo modelo STH14 (código 5010-01) analiza todos los factores enumerados anteriormente, junto con pruebas de nitrógeno amoniacal, manganeso, aluminio, nitrógeno nitrato, cloruro de sulfato y hierro férrico.

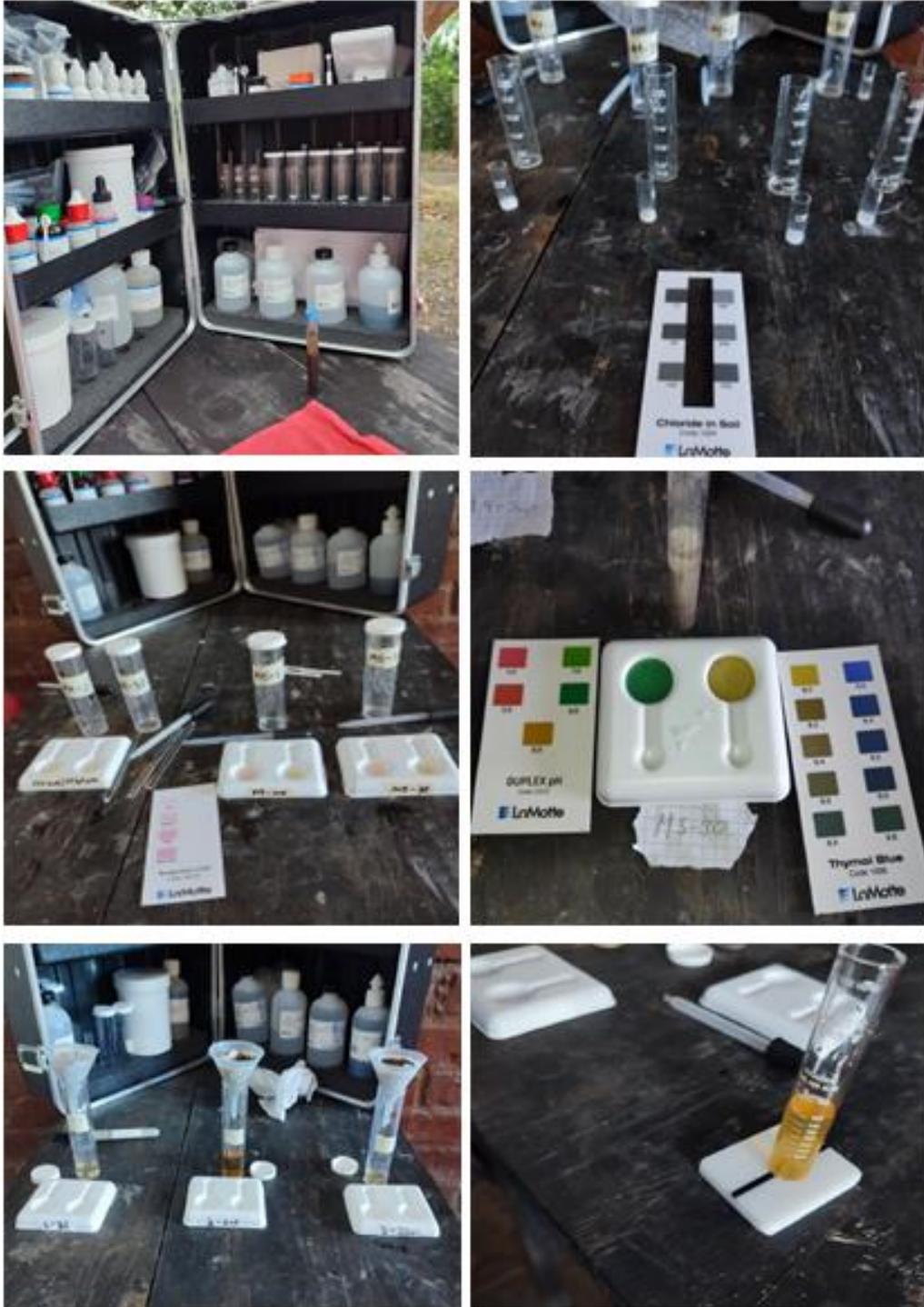


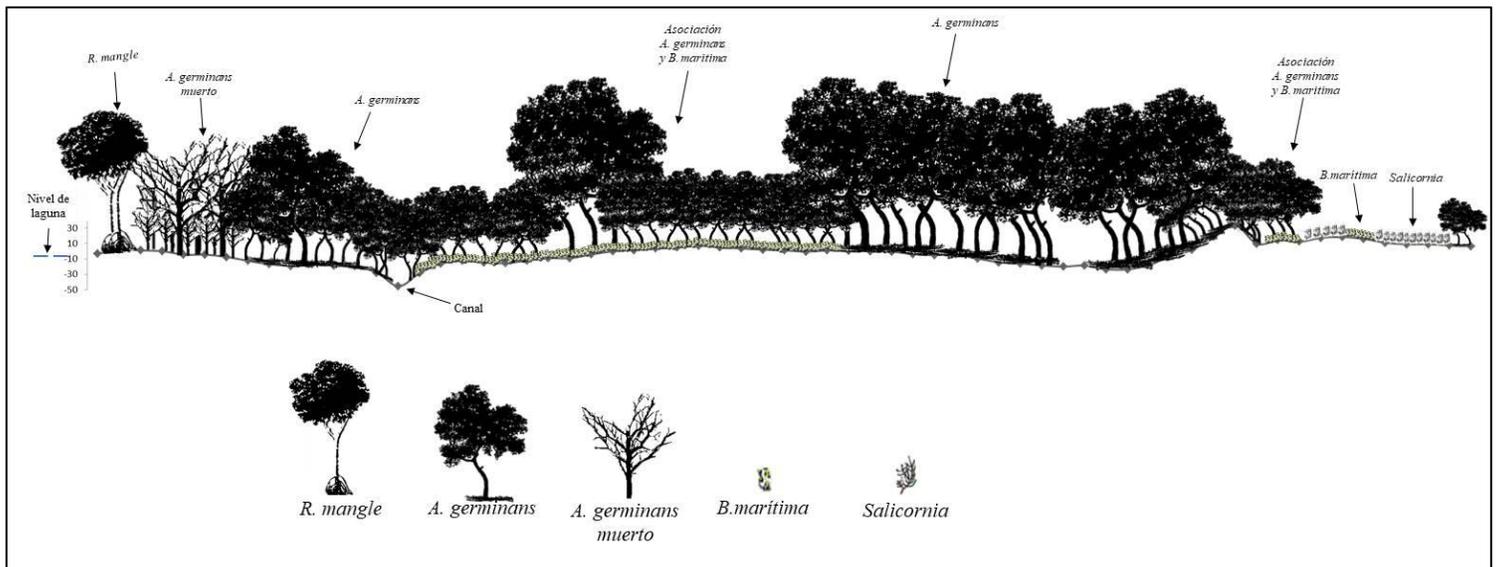
Ilustración 24. Análisis de micronutrientes con la MOTTE

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1 Resultados de la Microtopografía de San Simón

Al observar la topografía del suelo, el manglar en San Simón (Ilustración 25) nos muestra la distribución, comportamiento del relieve y la vegetación que se extienden en unos 500m. Esta nos permite ver la parte del manglar muerto que se encuentra a pocos metros de la laguna, mostrando que el relieve donde se encuentra está por debajo del nivel de la laguna y esto puede a creer a un factores que entra en la mortandad de estos junto con algunos aspectos fisicoquímicos.

En un manglar degradado es común observar variaciones en la topografía con respecto al sitio conservado. El nivel de suelo puede hundirse a consecuencia de la oxidación de la materia orgánica o aumentar por rellenos, deposición de dragados, o por cambios en la hidrología y la sedimentación. Los cambios microtopográficos en el sitio degradado resultan a su vez en cambios en el hidroperíodo (Claudia Teutli-Hernández, 2021).



**Ilustración 25. Microtopografía de San Simón de la laguna a 500m**

## 4.2 Resultados de los análisis fisicoquímicos de suelo en la Laguna de San Simón y afluentes

Con los resultados de los análisis se obtuvo que el tipo de textura del suelo predominante en el manglar es arcilloso ya que está compuesto por limo (9.97%) y principalmente por arcilla (78.20%) y arena (11.83%), en donde no se encontraron cambios de textura en ambas épocas.

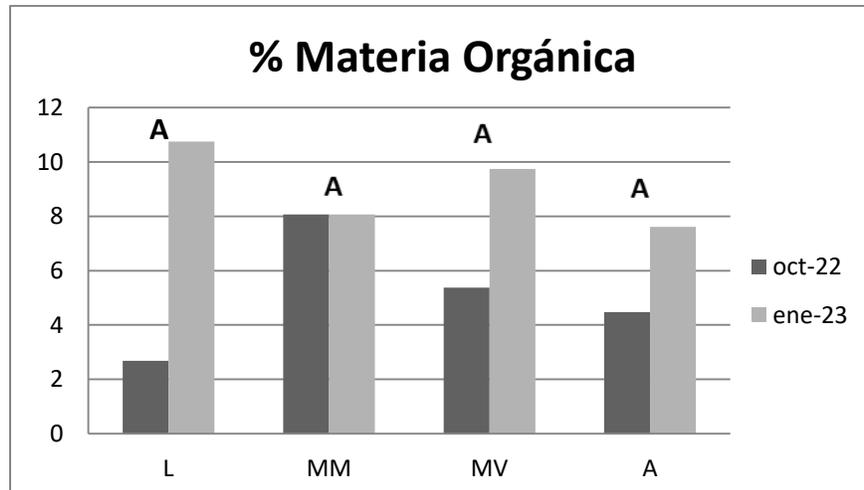
La densidad aparente en los suelos de manglar tampoco presento cambios ni diferencias en los afluentes, todo indica que existe una baja densidad pero que no afecta el crecimiento radicular esto en los dos meses estudiados como se muestra en la (Tabla 7), ya que para que exista una perturbación deben ser mayores a  $1.5\text{g/cm}^3$

Con respecto a la presencia del carbono orgánico (Tabla 7), el valor más alto se obtuvo en el mes de Febrero 2023 con 7.8% y el más bajo en Octubre 2022 con 1.56%.

**Tabla 7.** Promedio  $\bar{X}$  y valores máximos y mínimos de las propiedades del suelo en la Laguna de San Simón.

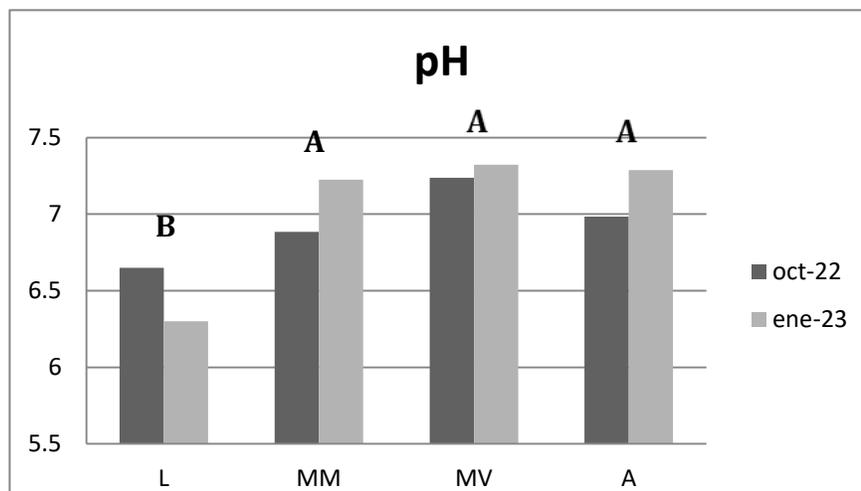
	Octubre 2022			Enero 2023		
	$\bar{X}$	Máximo	Mínimo	$\bar{X}$	Máximo	Mínimo
<b>Densidad (<math>\text{g/cm}^3</math>)</b>	0.64	1.15	0.33	0.79	1.2	0.23
<b>Carbono Orgánico (%)</b>	3.38	7.8	1.56	5.07	7.8	2.34
<b>Materia Orgánica (%)</b>	5.82	13.44	2.68	8.73	13.44	4.03
<b>Potencial de Hidrógeno (pH)</b>	7	7.44	6.09	7.19	7.45	6.3

Los manglares se caracterizan por ser zonas de alta productividad, por ello los resultados indican que son suelos orgánicos, ya que en ambas épocas se encontraron altos contenidos de materia orgánica que van desde el 13.44% al 2.68% en Octubre 2022 y en Febrero 2023 13.44% al 4.03% encontrándose por encima del límite mínimo (0.5%) en la escala de materia orgánica (Fuente Marín García, M. L. 2003), tampoco se encontraron diferencias estadísticamente hablando (ANOVA  $F=0.14$ ,  $P=0.934$ ) (Ilustración 26).



**Ilustración 26.** En esta grafica se muestra el comportamiento de los porcentajes de materia orgánica en Octubre 2022 y Enero 2023 (La simbología es L=laguna, MM=manglar muerto, MV=manglar vivo y A=afuentes); A y B son los grupos de Fisher

Como se aprecia en la gráfica, el comportamiento indica que hubo un aumento en la materia orgánica en el periodo entre Noviembre a Enero a excepción de la zona de manglar muerto que se mantuvo en el mismo nivel en los dos periodos. Esto probablemente porque son diferentes temporadas del año, en octubre es lluvias con el máximo nivel de inundación y enero inicia la época de secas.



**Ilustración 27.** Se muestra los niveles de pH en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023 (La simbología es L=laguna, MM=manglar muerto, MV=manglar vivo y A=afuentes); A y B son los grupos de Fisher

El pH en el suelo es muy importante ya que este permite el desarrollo y crecimiento de las plantas y árboles, que en este caso en los manglares tiene que ser óptimo para el crecimiento de estos de lo contrario puede que exista perturbaciones en el desarrollo y crecimiento de estos (Moreno, Rojas, & Lara, 2002). Los datos obtenidos de pH se

muestran en la siguiente grafica (Ilustración 27), en la Laguna de San Simón y afluentes fueron de un máximo de 7.44 y un mínimo de 6.09, en 09 Octubre y un máximo de 7.45 y mínimo de 6.3 en el mes de Enero, entrando en parámetros óptimos sin haber diferencias estadísticamente significativas en los dos periodos (ANOVA  $F=5.92$ ,  $F=0.059$ ). A pesar de esto se puede apreciar que existe un gradiente en los valores desde la laguna pasando el mangle muerto hasta el vivo.

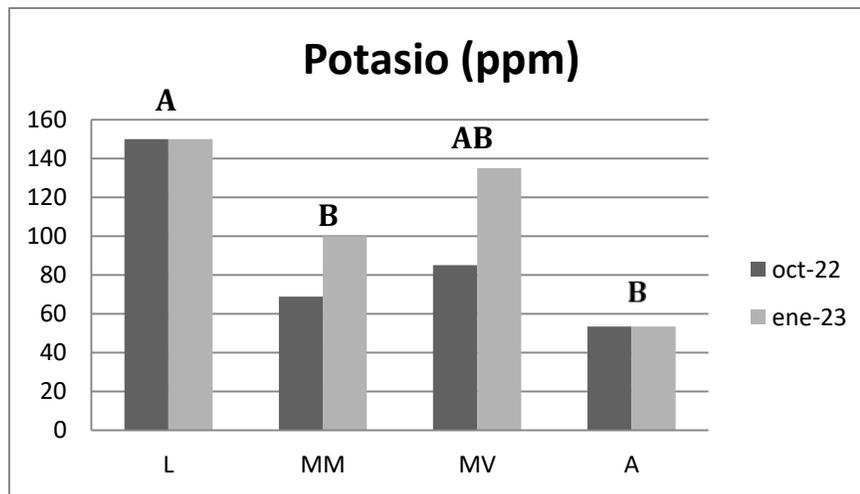
Los micronutrientes son importantes ya que estos siempre están presentes en el suelo y son esenciales para el desarrollo de todas las plantas. En los suelos de manglar podemos encontrar diferentes tipos de micronutrientes de los cuales algunos son de nutrición para el crecimiento de los manglares y otros en niveles altos pueden llegar a ser tóxicos. En la siguiente tabla se muestra todos los análisis de nutrientes que se realizaron. (Tabla 8).

**Tabla 8. Máximos, mínimos y medias de los Micronutrientes en la Laguna de San Simón y afluentes, Tamiahua Ver. Octubre 2022 y Enero 2023**

Micronutrientes en (ppm)	Octubre 2022			Enero 2023		
	$\bar{X}$	Máximo	Mínimo	$\bar{X}$	Máximo	Mínimo
<b>Nitrato de nitrógeno</b>	4.75	5	2.5	4.75	5	2.5
<b>Magnesio</b>	8.33	10	5	11.66	25	5
<b>Calcio</b>	9333.3	14000	2800	2566.6	2800	1400
<b>Sulfato</b>	2000	2000	2000	2000	2000	2000
<b>Cloruro</b>	500	500	500	500	500	500
<b>Nitrógeno nitrito</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Nitrógeno amoniacal</b>	5	5	5	4.16	5	0
<b>Potasio</b>	77.08	150	50	104.16	150	50
<b>Fosforo</b>	50.83	100	5	25.83	75	5
<b>Aluminio</b>	17.5	80	5	25.41	125	5
<b>Hierro férrico</b>	2.29	7.5	0	1.66	7.5	0
<b>Manganeso</b>	2.5	25	0	5.16	25	0
<b>Humus (niveles)</b>	2	5	1	1	4	0

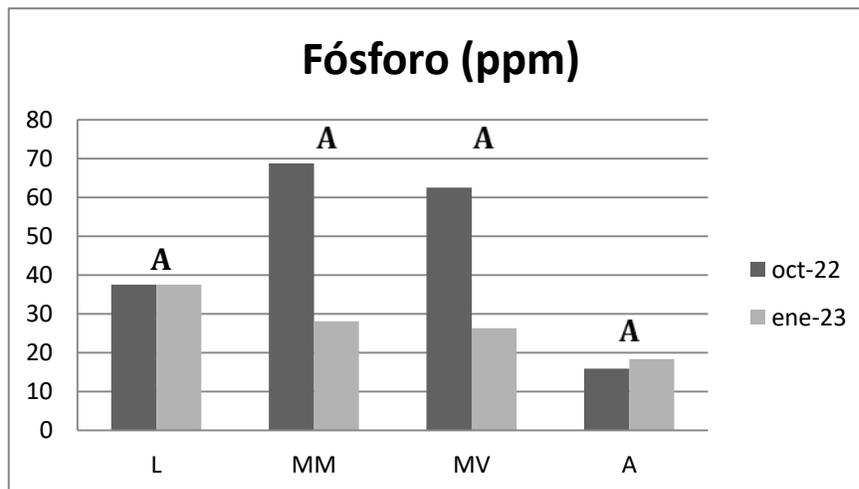
Los resultados de los análisis de micronutrientes con base a la Tabla 8. Muestran que algunos de estos no tuvieron diferencias significativas comprendidas para un desequilibrio en áreas de manglar, de los cuales fueron el nitrato de nitrógeno, magnesio, manganeso, sulfato, cloruro, nitrógeno nitrito y nitrógeno amoniacal ya que mantuvieron niveles bajos o adecuados a las zonas de manglar.

La concentración de potasio muestra diferencias significativas (ANOVA  $F=7.70$ ,  $P=0.039$ ) (Ilustración 28), pero se encuentran dentro de los estándares normales ya que el potasio es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas. Como se muestra en la siguiente grafica los sitios manglar muerto y manglar vivo muestran diferentes concentraciones en los dos meses muestreados. Solo en los afluentes y la propia laguna no tienen cambios en los valores siendo la laguna la que tuvo el valor más alto de potasio en los dos periodos.



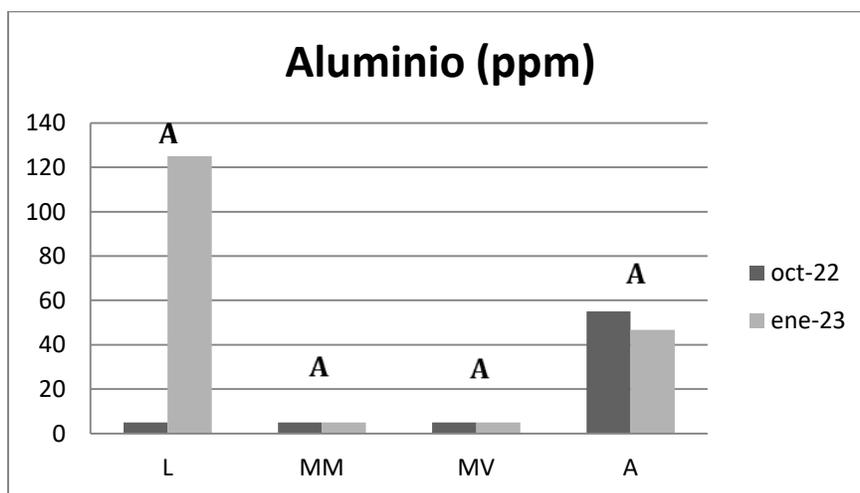
**Ilustración 28.** Se muestran los cantidades de potasio (K) en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023 (La simbología es L=laguna, MM=manglar muerto, MV=manglar vivo y A=afluentes); A y B son los grupos de Fisher

El fósforo también es un nutriente esencial en los manglares para su desarrollo, pero en zonas de manglar el fosforo está en pequeñas cantidades, esto se debe por la presencia de un eficiente sistema de reciclaje de nutrientes efectuado a través de la actividad microbiana (Elisa, ESteban F, Rafael , & Jose L, 2011). Al analizar las concentraciones en los dos meses muestreados no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (ANOVA  $F=1.04$ ,  $P=0.464$ ), como se muestra en la gráfica siguiente (Ilustración 29). Se observar que en el mes de Octubre hubo un mayor nivel de fosforo que en Enero. En este último mes se observa una disminución exceptuado la laguna que se mantuvo en un rango medio. Esto se podría interpretar que en Octubre hubo menos actividad microbiana. Esto se puede deber a que, para que haya una eficiente actividad microbiana existen diferentes factores que ayudan a esto como por ejemplo el nivel de salinidad, la temperatura y una de las mayores características de las zonas de manglares es que estos son anóxicos, esto quiere decir, que es deficiente o no hay oxígeno y algunas bacterias y microorganismos se desarrollan mejor en ausencia de este elemento.



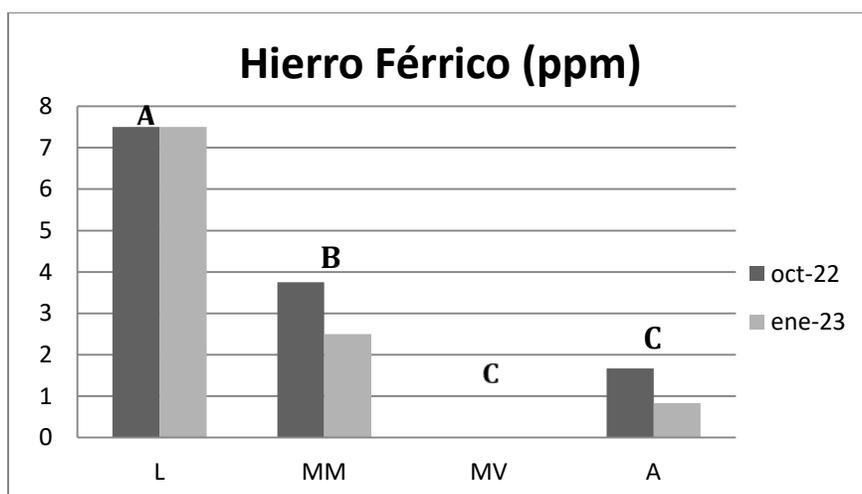
**Ilustración 29. Cantidades de Fósforo (P) en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023 (La simbología es L=laguna, MM=manglar muerto, MV=manglar vivo y A=afuentes); A y B son los grupos de Fisher**

El aluminio es uno de los metales que están presentes en todos los ambientes marinos-terrestres, y los manglares no son la excepción. Los resultados obtenidos muestran que no existen cambios significativos (ANOVA  $F=1.07$ ,  $P=0.456$ ) (Ilustración 30). Como se observa en la figura los sitios de manglar muerto y vivo la concentración de aluminio es mínima en ambos meses. Mientras que en Octubre también es mínima pero en Enero tuvo un alto nivel superando las 100ppm, esto podría deberse a una acumulación en la laguna y probablemente esta entrada de aluminio se deba a la conexión con los afluentes que pasan por algunos pueblos y granjas descargando en la laguna. En la gráfica se muestra que en los afluentes tienen menor concentración de aluminio en relación con la laguna.



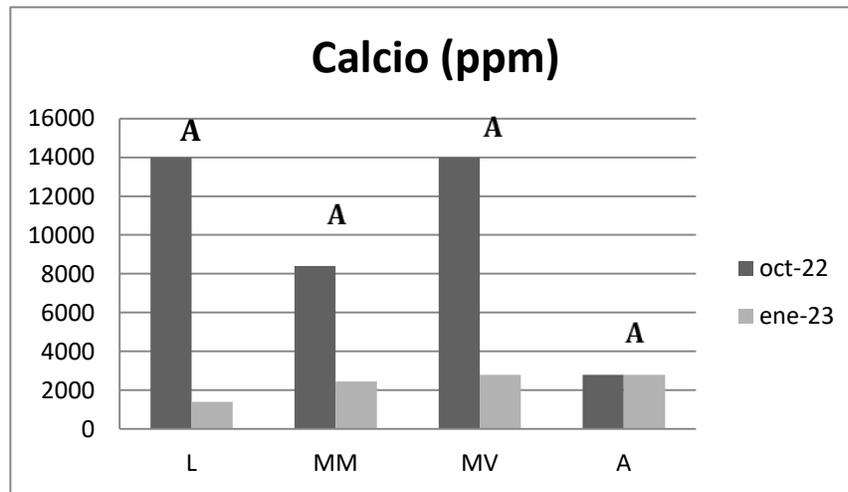
**Ilustración 30. Cantidades de Aluminio (Al) en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023 (La simbología es L=laguna, MM=manglar muerto, MV=manglar vivo y A=afuentes); A y B son los grupos de Fisher**

El hierro férrico es importante para el metabolismo de las plantas siendo esto como un catalizador para el crecimiento, este componente ayuda a metabolizar los demás micronutrientes para el desarrollo de las plantas y en este caso de los manglares pero también el exceso de éste puede provocar una intoxicación y ser dañino para las plantas (Oscar M, 2021). El resultado del análisis arroja que hay diferencias significativas en los sitios (ANOVA  $F=76.38$ ,  $P=0.001$ ) (Ilustración 31). Se observa que las concentraciones no rebasan las 10ppm por lo que no representa un cambio en los parámetros normales del manglar. También se observa que en la laguna tiene los niveles más altos ya que no hay vegetación que absorba este nutriente. En cambio, en los puntos de manglar vivo los niveles son casi nulos ya que aquí si son absorbidos, y al comparar con el sitio de manglar muerto con concentración más alta que el manglar vivo concuerda con lo ya dicho anteriormente. Finalmente en los sitios de afluentes están presente con niveles intermedios probablemente porque las orillas de los afluentes están cubiertas de vegetación que aprovecha este elemento.



**Ilustración 31. Cantidades de Hierro Férrico (Fe) en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023 (La simbología es L=laguna, MM=manglar muerto, MV=manglar vivo y A=afluentes); A, B y C son los grupos de Fisher**

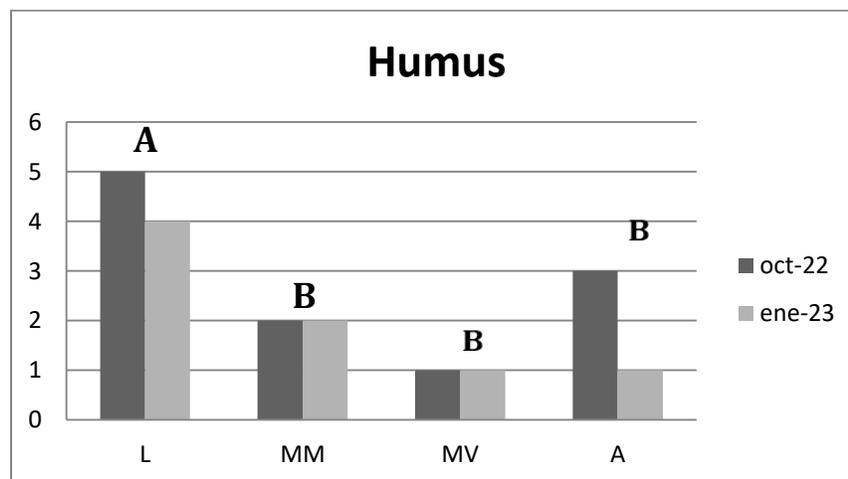
También el calcio es uno de los nutrientes muy importantes para el crecimiento del manglar, ya que funciona como un elemento estructural para las plantas formando parte de sus estructuras celulares. El resultado de la concentración de calcio entre sitios no muestra diferencias significativas (ANOVA  $F=0.32$ ,  $P=0.812$ ) (Ilustración 32). Se observa que en Octubre los niveles de calcio fueron altos pero con diferencias entre el manglar muerto y vivo teniendo una concentración menor en el manglar muerto y posteriormente en Enero las concentraciones bajaron drásticamente a niveles en los cuatro sitios.



**Ilustración 32. Cantidades de Calcio (Ca) en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023 (La simbología es L=laguna, MM=manglar muerto, MV=manglar vivo y A=afuentes); A y B son los grupos de Fisher**

El humus consiste en los restos complejos de residuos vegetales y animales frescos después de una extensa descomposición química y biológica. Representa 60% a 70% del carbono orgánico total en los suelos. Puede modificar las propiedades físicas de un suelo, afectando fuertemente sus propiedades químicas y biológicas.

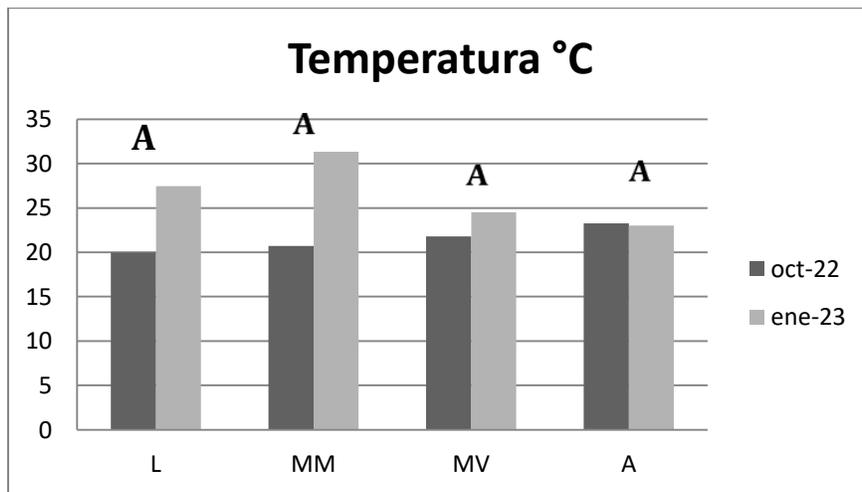
Las concentraciones de humus por sitio muestra diferencias estadísticamente significativas (ANOVA  $F=7.13$ ,  $P=0.044$ ) (Ilustración 33). Los niveles más altos fueron en la laguna y comparando entre los mangles las concentraciones son más altas en el manglar muerto. Esto se puede interpretar como una acumulación de materia orgánica que queda estancada por la topografía que se ha creado en esa parte (Ilustración 25) y no está siendo oxidada, provocando probablemente un estrés por un exceso de nutrientes que pueden inducir un bloqueo o saturación en las raíces de los manglares evitando la adsorción de otros nutrientes y la exudación de estos.



**Ilustración 33. Niveles de Humus en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023 (La simbología es L=laguna, MM=manglar muerto, MV=manglar vivo y A=afuentes); A y B son los grupos de Fisher.**

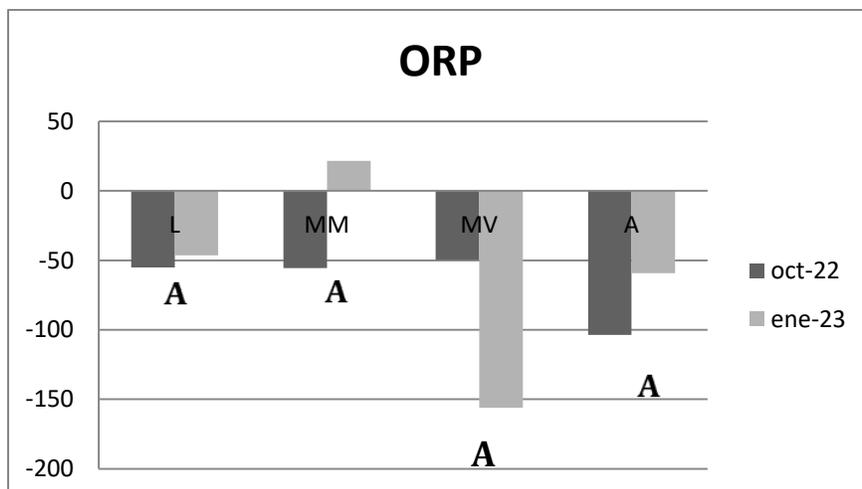
### 4.3 Resultados de los análisis fisicoquímicos de agua en la laguna de san simón y afluentes

Los niveles de temperatura no muestran diferencias estadísticamente significativas entre sitios (ANOVA  $F=0.17$ ,  $P=0.912$ ) (Ilustración 34). En Octubre los valores fueron similares en todas las muestras con  $20^{\circ}\text{C}$  probablemente por el periodo invernal. En comparación en Enero estas tienden a incrementarse a  $25^{\circ}\text{C}$  con excepción de los afluentes que permanecieron sin cambios. Probablemente el aumento se deba a la oxidación de la materia orgánica que se deposita en el fondo y provoca que aumente la temperatura. Eso es más notorio en la zona de manglar muerto y en la laguna.



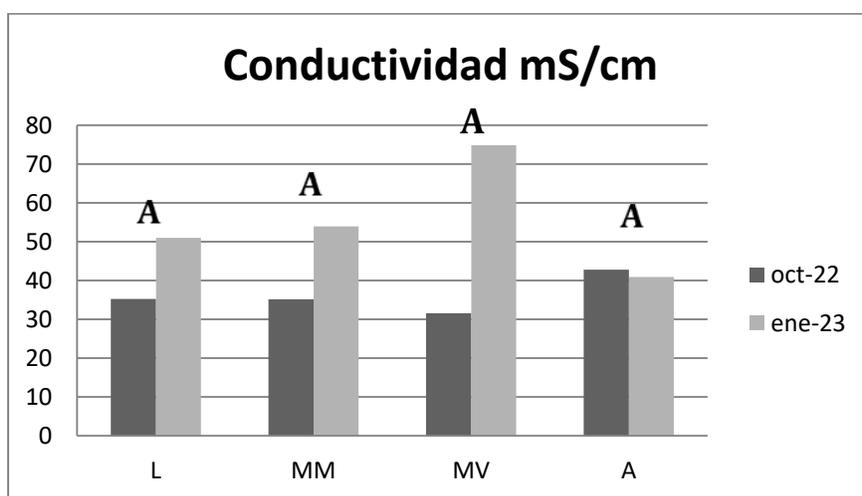
**Ilustración 34. Temperatura en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023 (La simbología es L=laguna, MM=manglar muerto, MV=manglar vivo y A=afluentes); A y B son los grupos de Fisher**

El potencial de óxido reducción no presento diferencias significativas por sitio (ANOVA  $F=1.16$ ,  $P=0.429$ ). Los valores son principalmente negativos y probablemente se deba a la oxidación de la materia orgánica. En enero, se observan valores positivos de ORP en el sitio de manglar muerto, probablemente se deba a que el nivel del agua durante este mes comienza a descender permitiendo la oxigenación del agua (Ilustración 35).



**Ilustración 35.** Niveles de ORP en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023 (La simbología es L=laguna, MM=manglar muerto, MV=manglar vivo y A=afuentes); A y B son los grupos de Fisher

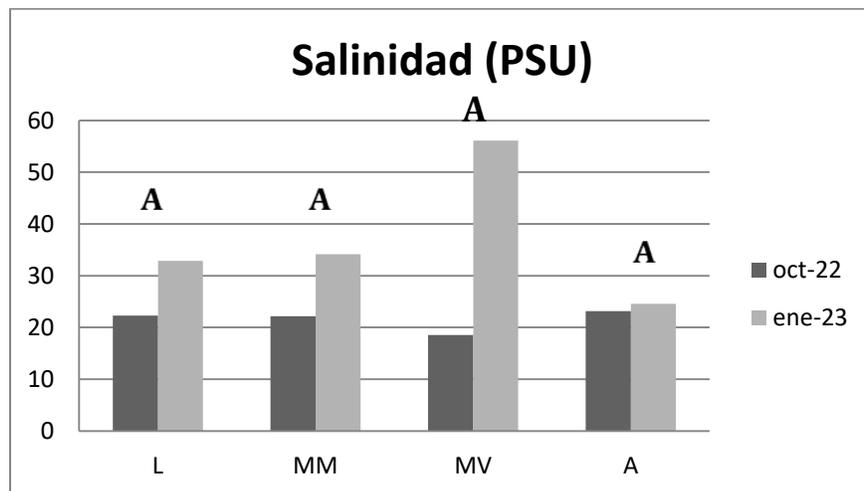
La conductividad eléctrica tampoco presento diferencias significativas (ANOVA  $F=0.17$ ,  $P=0.911$ , Ilustración 34), los niveles más altos fueron en Enero, esto concuerda con la gráfica anterior (Ilustración 36) en relación a la oxido reducción y a la temperatura ya mencionado el caso la conductividad se presenta igual ya que al ocurrir la reacción de la oxido reducción esta produce una conductividad eléctrica que se puede medir por medios de multiparamétricos que es el caso de estos análisis y esto los niveles que arroja también describe los niveles de la oxidación.



**Ilustración 36.** Niveles de Conductividad en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023 (La simbología es L=laguna, MM=manglar muerto, MV=manglar vivo y A=afuentes); A y B son los grupos de Fisher

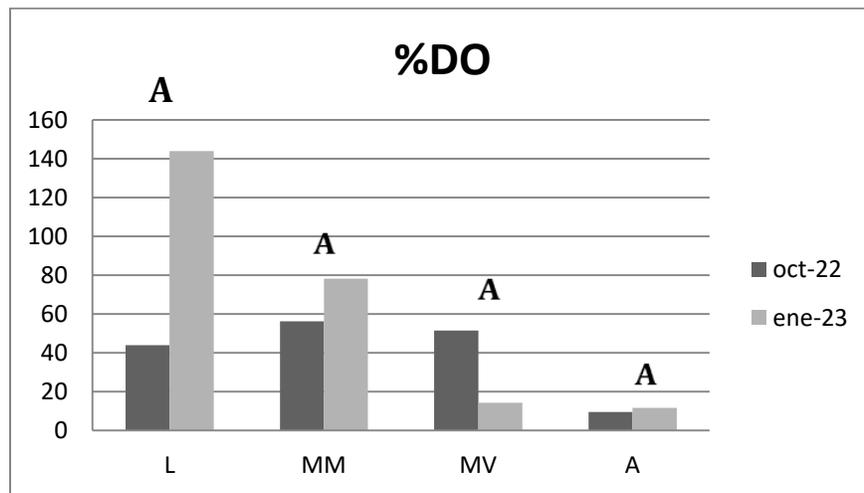
Como se muestra en la (Ilustración 36) los niveles de conductividad son mayores en el mes de Enero que en el mes de Octubre a excepción de los afluentes que maneja niveles casi iguales, el punto del manglar vivo tiene una elevada conductividad, esto hace referente a que se llevan los procesos de reacción como normalmente suceden en manglares sanos y comparándolo con el punto de manglar muerto este disminuye porque existen perturbaciones en esas reacciones y probablemente provocando la mortandad de los manglares en esos puntos.

La salinidad juega un papel muy importante para el ecosistema de manglares y con esta se caracteriza los bosques de manglar, en función de los rangos de tolerancia de las especies. Para este trabajo, los resultados muestran que no hay diferencias estadísticamente significativos entre sitios (ANOVA  $F= 0.31$ ,  $P=0.815$ ) (Ilustración 37). En la gráfica se observa que en Octubre a Enero hubo un aumento de salinidad principalmente en el manglar vivo. Esto probablemente es que en la Laguna de San Simón predomina el mangle negro (*Avicennia germinans*) que tiene un rango de tolerancia de 0 a 65 ups, con límites de hasta 100 ups. Por lo cual se concluye que en el sitio de mangle muerto no es afectado por un estrés hidrológico salino ya que está en su margen del rango de tolerancia y no rebasa es mismo.



**Ilustración 37.** Niveles de Salinidad en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023 (La simbología es L=laguna, MM=manglar muerto, MV=manglar vivo y A=afluentes); A y B son los grupos de Fisher

Finalmente, el contenido de oxígeno disuelto o saturación de oxígeno que no registro diferencias estadísticamente significativas entre sitios (ANOVA  $F=1.82$ ,  $P=0.283$ ) (Ilustración 38). Esta figura indica que la laguna en enero tiene los valores más altos en porcentaje de saturación de oxígeno en comparación con los otros sitios probablemente por la entrada de fitoplancton en la laguna provocando el aumento del oxígeno. En general, se tienen valores de oxígeno por arriba de los niveles de hipoxia y anoxia. Los sitios que cambiaron de concentración de oxígeno entre periodos de muestreo son laguna y manglar muerto que se incrementó de noviembre a enero y al contrario en el manglar vivo y permanece sin cambios el sitio de afluentes, pero además en este sitio se registran los menores valores (Figura 38).



**Ilustración 38. Porcentaje de oxígeno disuelto en los periodos comprendidos de Octubre 2022 y Enero 2023 (La simbología es L=laguna, MM=manglar muerto, MV=manglar vivo y A=afluentes); A y B son los grupos de Fisher**

## CONCLUSIONES

Los manglares nos brindan protección contra inundaciones y amortiguamiento contra tormentas y huracanes. Así mismo, dada su relación con otros ecosistemas como arrecifes de coral y pastos marinos, son pilares para la conservación de los ecosistemas costeros y los servicios ecosistémicos. Entre estos servicios, destaca su potencial de almacén de carbono para hacer frente a los efectos del cambio climático, así como su importancia dentro de la industria del turismo y las pesquerías. (Claudia Teutli-Hernández, 2021). Sin embargo, la cobertura de los manglares continúa disminuyendo como es el caso en La Laguna de San Simón que presentó un daño mayor a 70 hectáreas.

Los parámetros fisicoquímicos de suelo y agua muestran algunas diferencias entre los periodos, probablemente sin impacto aparente en la estructura del manglar, ya que de acuerdo a su fisiología estos se encuentran en los niveles promedios. El manglar la Laguna de San Simón se considera estacionalmente inundado, ya que depende en gran parte de la precipitación de la zona para permanecer inundado, este régimen de inundación así que los impactos de las actividades agroindustriales e industriales afecten de manera periódica muchas veces aunadas a fenómenos meteorológicos como pudiese ser el huracán Grace en agosto del 2021 ya que los redox de los afluentes nos indican acumulación de materia orgánica. Debido a esta condición tan dinámica, algunas de las variables físico-químicas del agua son muy cambiantes por mes y otras permanecen relacionadas en disminución a medida que el agua desciende al manglar.

El único parámetro que se detectó un cambio significativo fue la concentración de humus en las zonas de manglar muerto y vivo registrando diferencias ya que en el manglar vivo se registran concentraciones bajas pero en el manglar muerto hay una elevación constante de humus. Esto se puede interpretar como una acumulación de materia orgánica que queda estancada probablemente por la topografía y el estancamiento del agua que se ha creado en esa parte y no está siendo oxidada dejando ver que no existe un secuestro de carbono orgánico lo que probablemente induce un estrés por exceso de nutrientes que bloquea o satura las raíces evitando la adsorción de otros nutrientes y la exudación de estos.

Es importante continuar con los estudios en esta zona para determinar más exactamente las causas del exceso de acumulación de materia y que probablemente es lo que provoca la mortandad de los manglares y recabar más información sobre las afectaciones que se pueden presentar en las zonas de manglares, por medio de monitoreos y análisis químicos pertinentes para determinar una solución de restauración y conservación de esta zona de manglar. Esto permitirá tener información sobre las posibles afectaciones que tienen las zonas de manglares y humedales. Como se sabe estos ecosistemas son muy importantes para conservar los beneficios ambientales que proporciona.

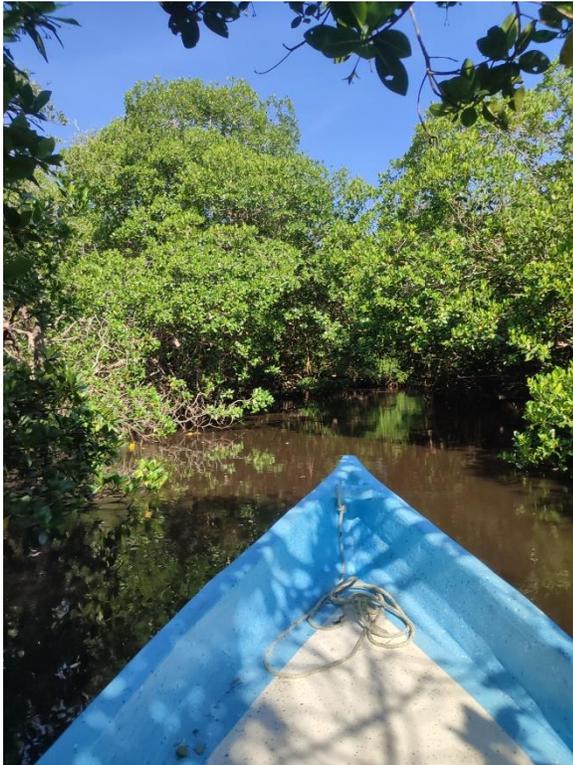
## COMPETENCIAS DESARROLLADAS

- Manejo y uso de materiales de laboratorio tales como equipo y cristalería
- Habilidad de comprender la metodología para distintas pruebas físicas y químicas
- Adaptabilidad en trabajos de campo
- Habilidad y destreza para el uso de extracción de suelo y agua
- Responsabilidad profesional
- Organización en los análisis y muestreos
- Utilización de equipo de protección personal
- Uso y manejo de reactivos
- Interpretación de resultados

## FUENTES DE INFORMACION

- C. Agráz-Hernández, Noriega-Trejo R., López-Portillo J., Flores-Verdugo F.J., & Jiménez-Zacarías J.J. (2006). *Guía de Campo Identificación de los Manglares en México*. Campeche.
- Claudia Teutli-Hernández, J. A.-S.-d. (2021). *Manual para la Restauracion Ecologica de Manglares del Sistema Arrecifal Mesoamericano y el Gran Caribe*.
- CONABIO. (Julio de 2009). *Manglares de México Extension y distribución*. Recuperado el 4 de Noviembre de 2022
- CONABIO. (2009). *Manglares de México: Extensión y distribución*.
- Diaz, O. M. (2021). *EFFECTO DIRECTO E INDIRECTO DEL EXCESO DE HIERRO (Fe) DISPONIBLE EN EL SUELO SOBRE EL DESEMPEÑO DEL CULTIVO DE LEPIDIUM MEYENII*.
- Elisa, S., Esteban F, F., Rafael , R., & Jose L, L. (2011). *Los Manglares de la Péninsula de Baja California*. Baja California sur.
- Félix Pico-Esteban F., Z.-E. S.-R.-J. (2011). *Los Manglares de la Península de Baja California*. La Paz, Baja California Sur, México.
- Hernández, C. M., Trejo, R. N., & Portillo, J. L. (2006). *Identificacion de los Manglares en México*. Recuperado el 3 de Noviembre de 2022
- Moreno, P. C., Rojas, J. G., & Lara, A. D. (2002). *Diagnostico de los manglares de Veracruz: distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática*. Recuperado el 3 de Enero de 2023
- Oscar M, H. (2021). *EFFECTO DIRECTO E INDIRECTO DEL EXCESO DE HIERRO EN EL SUELO SOBRE EL DESEMPEÑO DEL CULTIVO* .
- Portillo, J. L., Hesp, P., Hernández, J. S., & Vásquez, V. R. (2002). *Atlas de las costas de Veracruz, Manglares y Dunas*.
- Ricaño-Soriano, M., Cuervo-López, L., & Capistrán-Barradas, A. (2013). *Evaluación de los capitales humano y material del sitio Ramsar N°1062 manglares y humedales de tuxpan*. Recuperado el 27 de 11 de 2022
- Velázquez-Salasar S., Rdriguez-Zuñiga M., Alcántara-Maya J.A, Villeda-Chávez E., Valderrama-Landeros L., & Tronche-Souza C. (2021). *Manglares de México. Actualización y análisis de los datos 2020. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad* . México CDMX.

## ANEXOS



Transporte hacia la laguna de San Simón, saliendo desde La Zanjita, recorriendo todos los brazos hasta llegar a la laguna.



Equipo investigador, equipados para la extracción de muestras y análisis.



Llegada a la laguna de San simón y vista del bosque de manglar.



Extracción de muestra con nucleador, midiendo manchas en el suelo.



Fotos de los manglares muertos.  
(*Avicenia germinans*)