



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

TITULACIÓN

TESIS PROFESIONAL

NOMBRE DEL PROYECTO:

*“Reforestación ribereña del Estero de Tenechaco Sección:
Bicentenario, Lirio y terrenos de la feria”*

PRESENTAN:

Yenerith Bautista Rito

Bermúdez Reyes Raúl Santana

Martínez Acuña Myrka Yaneth

PARA OBTENER EL TÍTULO DE ING. AMBIENTAL

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Fernando Sotelo Giner

CO- DIRECTOR DE TESIS

Dra. Ana Laura Lara Domínguez

Dedicatoria:

A nuestros padres por habernos permitido terminar uno de nuestros mayores anhelos, por el apoyo condicional, sus sacrificios y esfuerzos constantes, por creer en nosotros.

Por qué a través de sus consejos, logramos forjar un camino, guiarnos y alentarnos ante los obstáculos que se nos presentaron para lograr el éxito de nuestra superación como profesionales la cual constituye la mejor de las herencias. Con amor, admiración y respeto.

Agradecimientos:

A nuestros maestros, los cuales nos orientaron, nos enseñaron valores, y formaron como un profesional debe ser, al Ingeniero Fernando Sotelo Giner quien fue nuestro asesor interno, a la Doctora Ana Laura Lara Domínguez nuestra asesora externa del presente proyecto, a los biólogos Arlene Ibarra Villanueva, Moisés Rivera Rodríguez que nos indicaron las técnicas necesarias para poder llevarlo a cabo y dedicaron su tiempo para que pudiésemos realizar este estudio de la mejor manera, Gracias.

También agradecemos al Instituto de Ecología, A.C., a la M. en G.R. Ariadna Martínez Virués, por el apoyo y asesoramiento. Muchas fueron las personas que en forma directa o indirecta y aun sin saberlo nos ayudaron, ya sea poniendo a nuestra disposición su tiempo con un valor incalculable de sus conocimientos compartiendo nuestras dudas, apoyándonos e impulsándonos para seguir adelante.

Resumen:

La ejecución de este proyecto de reforestación pretende auxiliar al proceso de recuperación natural de algunas áreas en los márgenes del Estero de Tenechaco, que han sido degradadas o destruidas, sección: Bicentenario, Sección Lirio y Sección Terrenos de la Feria. Con esto se busca restaurar los bienes naturales de dicha zona, enriquecer y mantener la diversidad de especies al reforestar este tipo de vegetación. Así también el proyecto está basado en la caracterización del suelo para asegurar que las siembras puedan ser sostenidas por este y para generar datos que ayuden al diagnóstico general del estero, llevando un monitoreo constante de lo sembrado. Por otro lado, el problema del estero está dado por el acelerado cambio de uso del suelo y deforestación ocasionando un desequilibrio ecológico, físico, químico y biológico en las riveras. Además, del rastro municipal que constituye un foco de contaminación ya que no cumple con la normativa ecológica y sanitaria, que es el resultado del funcionamiento inadecuado de las instalaciones, y que cuenta con una ineficiente planta de tratamiento que provoca la descarga de residuos contaminantes al estero.

Los resultados arrojados desde 2017 a la fecha de los análisis indican que los suelos son fértiles, teniendo los nutrientes esenciales para el desarrollo del mangle y árboles de galería. La altura promedio de crecimiento que se presentó del año 2017 al 2019 fue de 36.02 cm. Habiendo mayor sobrevivencia en Sección Lirio y un total de 10 plantas de mangle en Sección Bicentenario, mientras que en Terrenos de la Feria no hubo sobrevivencia debido al uso de ganadería que le dan al suelo de esa zona. El presente proyecto finaliza con la siembra en los sitios seleccionados, siguiendo con la estructura forestal al control del sistema. Se sembró un total de 1305 plántulas y plantas de juveniles de *Rhizophora mangle* distribuida en las 3 secciones. Cabe resaltar la importancia y necesidad de que dicha plantación se monitoree constantemente para mantener el control de lo sembrado. En el caso de carbono orgánico en el estero de Tenechaco se presenta por zona de la siguiente manera, sección: Bicentenario con promedio de 2.1%, sección Lirio con 3.8%, y finalmente en la sección Terrenos de la Feria con 3.4%. Quedando claro que el uso ganadero del suelo en el estero está induciendo la erosión de las orillas.

Abstract.

The execution of this reforestation project aims to help the natural recovery process of some areas on the banks of the Estero de Tenechaco, which have been degraded or destroyed: Sección Bicentenario, Sección Lirio y Sección Terrenos de la Feria. This seeks to restore the natural assets of said area, enrich and maintain the diversity of species by reforesting this type of vegetation. The project is based on the characterization of the soil to ensure that the sowings can be sustained by it and to generate data that help the general diagnosis of the estuary, carrying out a constant monitoring of the sown. The problem of the estuary is caused by the accelerated change in land use and deforestation causing an ecological, physical, chemical and biological imbalance in the riverbanks. In addition, the municipal trace that constitutes a source of contamination since it does not comply with the ecological and sanitary regulations, which is the result of the inadequate operation of the facilities, and that has an inefficient treatment plant that causes the discharge of polluting waste to the estuary.

The results obtained from 2017 to the date of the analyzes indicate that the soils are fertile, having the essential nutrients for the development of mangroves and gallery trees. The average growth height that occurred from 2017 to 2019 was 36.02 cm. Having greater survival in the Seccion Lirio and a total of 10 mangrove plants in the Seccion Bicentnario, while in Terrenos de la Feria there was no survival due to the use of livestock that they give to the soil in that area. This project ends with the planting in the selected sites, following the forest structure control to the system. A total of 1305 seedlings and juvenile plants of *Rhizophora mangle* were planted distributed in the 3 sections. It is worth highlighting the importance and need for said plantation to be constantly monitored to maintain control of the sown. In the case of organic carbon in the Tenechaco estuary, it is presented by zone as follows; Bicentennial Section with an average of 2.1%, Lirio Section with 3.8%, and finally in the Land Section of the Fair with 3.4%. It is clear that the livestock use of the soil in the estuary is inducing the erosion of the banks.

INDICE

Introducción:	1
Antecedentes	3
Breve descripción de la empresa.	3
Planteamiento del problema.	5
Justificación.	6
Hipótesis:	7
Objetivos:	8
Marco teórico.	8
1.1 Estuarios y sistemas estuarinos.	8
1.2 Vegetación riparia.	10
1.3 Importancia de la vegetación riparia.	11
1.4 Vegetación riparia en el estero de Tenechaco.	12
1.5 <i>Spartina alterniflora</i> el humedal herbáceo salado que habita en el Estero de Tenechaco. ..	14
1.6 Manglares en el estero de Tenechaco.	15
1.7 Reforestación de manglar.	17
1.8 Técnicas de siembra	18
1.9 Preparativos del sitio.	19
2.1 Materia y carbono orgánicos en manglares.	19
Metodología.	21
Monitoreo de las siembras del 2017.	21
Vivero <i>in-situ</i> y siembra	21
Parámetros fisicoquímicos del sedimento	22
Análisis y discusión de resultados:	23
Evaluación y crecimiento de las plántulas.	23
Creación del vivero <i>in-situ</i>.	25
Detección de áreas potenciales.	26
Análisis de muestras de suelo.	29
PH y materia orgánica:	29
Carbono orgánico:	30
Análisis de variancia ANOVA.	31
Conclusiones	33

Anexos	35
Fuentes de información	37

Índice de figuras:

Figura 1: Organigrama de los puestos del laboratorio de red ecología funcional.....	4
Figura 2: Mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>). En estero de Tenechaco Tuxpan ver.....	16
Figura 3: Mangle blanco sección terrenos de la feria.....	17
Figura 4: Comparación de alturas de mangle del año 2017 al 2019.....	24
Figura 5: Comparación de diámetro de plantas del 2017 al 2019.....	25
Figura 6: Vivero <i>in-situ</i> en sección bicentenario.....	26
Figura 7: Área de estudio con los puntos potenciales de siembra.....	27
Figura 8: Promedios de pH Y materia orgánica por zona.....	30
Figura 9 Carbono orgánico por zona.....	31

Índice de tablas:

Tabla 1: Promedio de sobrevivencia de plántulas sembradas en 2017.....	24
Tabla 2: Número de sitios de siembra con el total de plántulas sembradas con sus respectivas claves, sección bicentenario.....	27
Tabla 3: Número de sitios de siembra con el total de plántulas sembradas con sus respectivas claves, sección Lirio.....	27
Tabla 1: Número de sitios de siembra con el total de plántulas sembradas con sus respectivas claves, sección Terrenos de la feria.....	28
Tabla 2: Clasificación del suelo en cuanto a su valor de pH, de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000.....	31

Introducción:

México es un país privilegiado por su biodiversidad y se le ubica entre los primeros cinco lugares entre los países megadiversos. Las características que hacen a México megadiverso se origina por varios aspectos del país: su ubicación geográfica, relieve, tamaño, su extensión marítima, historia evolutiva y cultural.

Los humedales son un ecosistema muy importante para México porque proporcionan gran cantidad de recursos (pesca, madera, miel, plantas comestibles y medicinales, etc.) además servicios ambientales (control de inundaciones, captura de carbono, aporte de nutrientes a los cuerpos de agua, refugio para especies silvestres y de interés comercial, filtración y limpieza de agua, entre otros) de gran valor para la sociedad (Millenium Ecosystem Assessment, 2005; Mitsch y Gosselink, 2000; Landgrave y Moreno-Casasola, 2012). Dentro de ellos, los manglares se distinguen por su riqueza natural y los servicios ambientales que sostienen. Su importante papel ecológico y económico han sido reconocido tanto nacional como internacionalmente. (Llorente-Bousquets, 2008).

La zona ribereña también se conoce como zona de amortiguación ribereña, bosque ribereño, franja ribereña o bosque ripario. Es un área de transición entre la tierra y un río o arroyo. Estas regiones desempeñan un papel fundamental en el suministro de alimentos y refugio para algunos organismos en el sistema de agua. Además, son la fuente de sombra que evita el sobrecalentamiento de los cuerpos de agua. Debido a su importancia es fundamental restaurarlos siempre que hayan sido destruidos a través de actividades humanas irresponsables, como la agricultura, la construcción y otras actividades. La conservación puede realizarse a través del control de la erosión del suelo y, en algunos casos, de la reforestación. (Granados-Sánchez, Hernández-García, & López-Ríos, 2006)

Los humedales son áreas adyacentes a cursos de agua que pueden permanecer mojados durante una temporada completa. Dentro de los humedales leñosos salados se encuentran los manglares, en el estado de Veracruz se pueden identificar cuatro especies de las 70 que se encuentran reportadas a nivel mundial; las especies comunes para nuestro territorio son: mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle rojo

(*Rhizophora mangle*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). Las cuatro especies están legalmente en la categoría de amenazadas, de acuerdo a lo especificado en la NOM-059-SEMARNAT-2010. La distribución de los manglares a lo largo de la franja costera, está influenciada por la temperatura, la geomorfología, el relieve, la salinidad y el sustrato, lo que favorece su establecimiento y desarrollo. (García, 2013) El mangle rojo se encuentra presente en varios bordes en el estero de Tenechaco, y en menor medida el negro y el blanco.

Otro humedal salado es la espartina, a nivel mundial existen 17 especies de espartina (Clayton et al., 2009) y de acuerdo con Dávila et al. (2006) en México sólo se presentan cinco: *Spartina cynosuroides* (L. Roth), *S. foliosa* (Trin), *S. alterniflora*, *S. patens* (Aiton) y *S. gracilis* (Trin). En el estero de Tenechaco se encuentra *Spartina alterniflora* la cual es una hierba erecta, perenne, tolerante a la sal, que crece característicamente en rodales densos. La inflorescencia es una panícula en flor hecha de muchas espigas y tiene 10-40 cm de largo con flores densas e incoloras, que están estrechamente comprimidas y superpuestas. Florece de julio a noviembre. Las hojas de color gris-verde pueden tener 20-55 cm de largo y hasta 5 cm de ancho. Los tallos varían en altura desde 60 hasta 250 cm y miden hasta 2 cm de ancho en la base (León-Jiménez, V. 2005).

En el municipio de Tuxpan Veracruz se localiza vegetación riparia en buen estado de conservación como manglares y tulares, pero el bosque de galería queda fuera del buen estado ecológico. Se desconoce el total de descargas de aguas residuales al estero Tenechaco y río Tuxpan, sin embargo, su existencia provoca alteraciones físicas, químicas y biológicas. La percepción ambiental social es de gran relevancia para implementar actividades de reforestación y restauración de ecosistemas.

El presente trabajo tiene como objetivo general continuar con el monitoreo de la reforestación realizada en 2017 en los márgenes del estero Tenechaco principalmente con la especie del mangle rojo *Rhizophora mangle*, así como también del monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del suelo y continuar con la siembra en la ribera del estero, con la finalidad de recuperar los servicios ambientales, y funciones ecológicas que los humedales representan.

Antecedentes

Breve descripción de la empresa.

El Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) está ligado al desarrollo de la ecología en México, disciplina que en nuestro país comenzó muy tarde. Desde su inicio ha sido una institución de investigación científica, básica y aplicada, dedicada a generar conocimiento científico y tecnológico acerca de la biología de especies, poblaciones y ecosistemas para contribuir al manejo y a la conservación de la biodiversidad de México, así como realizar investigación acerca del uso sustentable de recursos naturales renovables. Sus actividades han estado siempre vinculadas a la problemática ambiental ocasionada por las actividades productivas y del desarrollo del país.

Su misión es generar, transferir y socializar conocimiento científico y tecnológico de frontera sobre ecología y diversidad biológica en beneficio de la sociedad coadyuvando a la solución innovadora de problemas ambientales, agrícolas y forestales. Formar nuevos talentos para la ciencia y la tecnología, así como profesionales de excelencia, y ofertar servicios profesionales altamente especializados en el ámbito de la ecología.

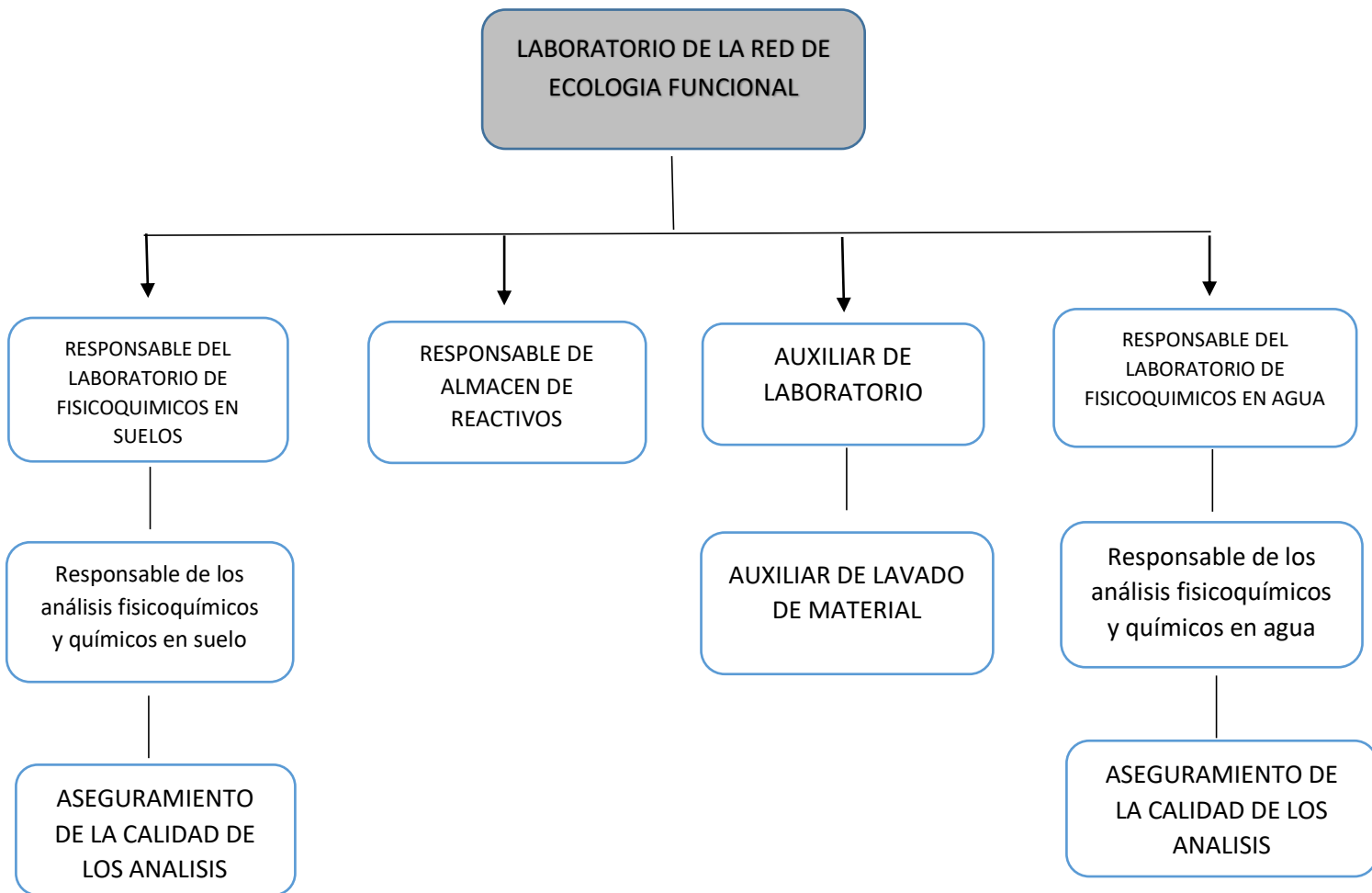


Figura 4. Organigrama de los puestos del laboratorio de red ecología funcional.

Planteamiento del problema.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), más del 50% de los humedales en México son costeros. Su superficie en el territorio nacional es de 51,610 km². Se calcula que en México existen 793,887 hectáreas de manglares (Valderrama et al. 2015). En territorio mexicano el manglar ha desaparecido en 35% en el último siglo y cerca de 90% de las extensiones que quedan se encuentran con cierto grado de deterioro (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2016).

En Veracruz, existe alrededor del 5% de manglares del total de hectáreas que hay en todo el país, en los últimos años las actividades humanas han sido de gran relevancia para la degradación de estos ecosistemas. Existen áreas prioritarias o protegidas como son los sitios RAMSAR, en el caso de los manglares y humedales del norte del estado de Veracruz en el municipio de Tuxpan, la tasa de degradación es mayor que la de renovación.

El problema en el estero de Tenechaco ubicado en el municipio de Tuxpan, Ver. Comienza principalmente por el rastro municipal el cual no cumple con la normativa ecológica y sanitaria que la normatividad vigente exige. La falta de recursos económicos, la falta de capacitación de los trabajadores y de mantenimiento de máquinas que como resultado obtenemos un funcionamiento inadecuado de las instalaciones, además de que cuenta con una planta de tratamiento ineficiente que provoca una descarga de residuos contaminantes al estero de Tenechaco lo cual es afluente del río Tuxpan. (Hernández & Cortes, 2018)

Por otra parte el acelerado cambio de uso del suelo y deforestación de áreas en la ciudad de Tuxpan Veracruz ocasionan un desequilibrio ecológico, físico, químico y biológico en las riveras y por consecuencia en el ecosistema acuático, la salud de estos mantiene sus funciones ecológicas que son fundamentales para la mejora de la calidad del agua, conservación de especies nativas, producción de especies pesqueras, así como el aprovechamiento de los servicios ambientales que estos ofrecen como recursos maderables, combustibles, alimentos, todo esto tiene una relación con los habitantes de forma que al ser afectado el ecosistema la relación social-ecológica resultan de igual forma perjudicada.

Las principales causas de deterioro del estero, son las siguientes: las descargas de aguas negras de colonias cercanas, lo que ocasiona su grave contaminación con materia fecal y

desechos domésticos. Este problema se puede solucionar cuando se provea a la ciudad de plantas tratadoras de aguas residuales capaces de manejar aguas negras de toda la población, evitando así su vertido en estero y el río Tuxpan.

Otro factor importante además de los drenajes y el arbitrario vertido de basura que sufre el estero, es la contaminación con residuos orgánicos que genera el rastro municipal de Tuxpan, muchas veces en estado de putrefacción.

Se suma a esta problemática la construcción de varios puentes hacia su desembocadura con el río lo que ha inducido el azolvamiento dificultando el flujo y el reflujos de agua y evitando que el afluente se auto depure reduciendo el tiempo de permanencia de los contaminantes orgánicos que se vierten en él.

La contaminación sufrida por los factores anteriormente mencionados afecta de forma directa a gran cantidad de personas que viven cerca de las orillas de los cuales tienen que soportar olores muchas veces fétidos del mismo. En mayor medida se ven afectados aquellos pobladores que realizan actividades económicas como la pesca en el estero, ya que, debido a su condición, la población de especies de peces de interés comercial ha disminuido dramáticamente en calidad y cantidad.

Justificación.

La descarga de aguas residuales domésticas, industriales, agrícolas y pecuarias sin tratamiento previo provoca la contaminación de los cuerpos de agua receptores disminuyendo la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, poniendo en riesgo la salud de la población y la integridad de los ecosistemas. El desarrollo urbano ha tenido una profunda influencia en la calidad de los arroyos, humedales y aguas costeras. Desde el comienzo, el desarrollo urbano altera el ciclo hidrológico. La vegetación que crece a lo largo de los ríos ayuda a reducir el flujo del agua de lluvia, repartirla y absorberla en el suelo, mientras mantienen la tierra en su lugar. La rehabilitación de los arroyos y esteros es un avance directamente orientado a mejorar las condiciones físicas y ecológicas de los cuerpos de agua. El objetivo específico de la rehabilitación es cambiar la apariencia de los arroyos y

esteros, habilitar hábitats para animales y plantas, restaurar su libre paso y mejorar el grado de autodepuración del agua.

El INECOL en conjunto con el ITSAT ha detectado dos descargas directas de arroyos modificados como desagües en el Estero de Tenechaco en la sección final próxima a la conexión con el río Tuxpan el cuál influye directamente en el Área natural protegida Sistema Arrecifal Isla de Lobos-Tuxpan. También se ha detectado la escasez de comunidades vegetación riparia o de borde, donde en este sistema estuarino de transición debiese estar dominado por mangle rojo y otros humedales salados, así como por vegetación riparia del bosque tropical perennifolio.

Ante esta problemática se han realizado estudios y siembras de especies de humedales salados y vegetación riparia, con la finalidad de detectar la tolerancia de la contaminación por materia orgánica propia de las descargas y establecer las especies adecuadas para la rehabilitación del borde del estero, y recuperar los servicios ambientales propios de los humedales como la depuración del agua, la retención y procesamiento de sedimentos. Por lo tanto, el presente proyecto pretende monitorear el desarrollo de las siembras realizadas en 2017 e intensificar la reforestación ribereña para contribuir a la rehabilitación del estero de Tenechaco en esta sección y revertir su degradación antropogénica y lograr la recuperación de los servicios ambientales propios de este tipo de vegetación.

Hipótesis:

El uso de suelo para la ganadería, las descargas de aguas residuales provenientes de las zonas urbanas colindantes, el mal manejo de los residuos por parte de las instalaciones del rastro municipal han propiciado al incremento de la contaminación y deforestación de distintas especies, principalmente del *Rizophora Mangle* comúnmente conocido como mangle rojo el cual predomina en dicha zona del Estero de Tenechaco, encontrándose con diferentes situaciones a lo largo de las secciones las cuales son; Bicentenario, Lirio, y Terrenos de la feria.

Objetivos:

Objetivo General:

Continuar con el monitoreo y realizar siembras de las distintas especies de humedales y de vegetación de galería para la rehabilitación del Estero de Tenechaco en su parte urbana próxima al río Tuxpan, En la zona de conexión con dos arroyos de aguas residuales domésticas (Lirio y Hospital Militar) con la finalidad de evaluar los resultados de las siembras realizadas en el 2017 y contribuir a la restauración de los humedales ribereños y a la recuperación de la depuración natural propia de estas especies.

Objetivos Específicos:

- Realizar mediciones a las plantas sembradas en 2017 y evaluar su crecimiento en los dos últimos años.
- Detectar el lugar para realizar el vivero *in-situ*, y los lugares potenciales para su reforestación con mangle rojo.
- Analizar muestras de suelo (pH, materia orgánica, carbono orgánico, fósforo total, sodio potasio, calcio y magnesio) y agua (pH, TDS, Conductividad, ORP, Secchi, temperatura) en el sitio de estudio.

Marco teórico.

1.1 Estuarios y sistemas estuarinos.

La zona costera del Golfo de México, tanto en México como en los Estados Unidos, contiene más de 200 sistemas lagunares-estuarinos. Más del 75 % del total nacional de los humedales costeros de ambas naciones se localiza en el Golfo de México. Las lagunas costeras, estuarios y hábitats asociados en el Golfo de México sirven como áreas de protección, reproducción y crianza de los recursos pesqueros estuarino-dependientes. En Estados Unidos, estas pesquerías proveen aproximadamente el 72% de la pesquería de camarón, 66% de producción

de ostiones, y 18% de capturas comerciales de peces. En México, corresponde al 45% de la pesquería de camarón, 90% de producción de ostiones y 40% de captura comercial de peces. Actualmente todo el Golfo de México aporta capturas pesqueras de más de 1×10^6 ton/año, sin considerar el descarte de la pesca incidental o acompañante del camarón. (Caso & Pisanty, 2014)

Los estuarios y lagunas costeras son sistemas que se caracterizan por ser áreas costeras donde las aguas continentales (aguas dulces) se mezclan gradualmente con las aguas oceánicas, determinando la existencia de amplios gradientes de salinidad, temperatura y densidad. La importancia de estos ambientes es más representativa cuantos mayores son los aportes de aguas continentales, por lo que aparecen ligados principalmente a climas más o menos lluviosos. Los estuarios se asocian a la desembocadura de los ríos y las lagunas costeras a cuerpo de agua aislados asociados a llanuras costeras con aportes menores o estacionales de agua dulce. El reconocimiento de la diversidad y complejidad de diversos tipos de estuarios y lagunas costeras, la importancia de su extensión geográfica ha llevado a algunos autores a considerarlos como ecosistemas diferentes. (Hernandez Días, 2009)

Estos sistemas se caracterizan por tener una dinámica interna muy particular en sus variables químicas, físicas y biológicas, las cuales están determinadas en gran medida por sus cuatro grandes componentes: caudal y escurrimiento de los ríos, entrada de agua de mar y efecto de las mareas, la roca madre del lecho y el transporte de sedimentos y la atmosfera. (Alvarez , Lanza Espino, & Cacerez, 1994)

Las lagunas costeras y los estuarios, son importantes tanto por su biodiversidad, como por las actividades socioeconómicas que sostienen. Por tratarse de una zona de mezcla de aguas oceánicas y dulceacuícolas, el entendimiento de sus propiedades fisicoquímicas es fundamental para la comprensión de su funcionamiento y las implicaciones para su manejo sustentable. El análisis de parámetros como: hidrología, nutrientes y productividad primaria, en escalas temporales y amplio rango latitudinal, permite proponer valores “promedio” que pueden ser útiles para entender una regionalización costera, y como valores de referencia para monitorear la salud de estos ecosistemas. (Caso & Pisanty, 2014)

1.2 Vegetación riparia.

El sistema ripario se define como el conjunto de elementos bióticos y abióticos que ocurren en el área transicional entre los sistemas acuático y terrestre, o la interface entre estos dos. Las vegetaciones riparia varían ampliamente en sus características físicas, las cuales se expresan vívidamente a través de un gran número de estrategias de historia natural y patrones de sucesión. Consecuentemente, estas áreas se encuentran entre los ecosistemas ecológicos más complejos de la biosfera y también de los más importantes para mantener la vitalidad del paisaje y sus ríos dentro de las cuencas hidrográficas. (Castillo, L. F., Cifuentes Sarmiento)

Esta zona se caracteriza por una flora y una fauna cuya composición está fuertemente determinada por la intensidad luminosa, el contenido en agua y la granulometría del suelo. De los insectos característicos de esta zona, muchas especies son aladas, que tienen la particularidad de resistir largo tiempo la inmersión, lo que es una adaptación a la supervivencia en un medio frecuentemente inundado. Las zonas de transición entre el medio terrestre y los ecosistemas acuáticos poseen un “poder tampón”, es decir, tienen la capacidad de absorber y almacenar elementos. (Granados-Sánchez. 2006).

Dicha vegetación es típica de las riberas de ríos y arroyos. Jalonando los cursos de agua, además de que da lugar a formaciones lineales de interés paisajístico y climático. Transversalmente se distinguen zonas de vegetación que van desde las plantas parcialmente sumergidas, hasta las formaciones arbóreas y arbustivas del bosque en galería. (Lemus, 2014)

Los ecosistemas ribereños se caracterizan por:

- 1) la presencia temporal o permanente de saturación de agua y de procesos funcionales determinados por ella.
- 2) el intercambio permanente entre el ambiente superficial y el subterráneo.
- 3) la existencia de comunidades bióticas muy particulares y específicas.

Las riberas sufren frecuentes periodos de inundación que resultan clave para la distribución del agua y determinar los gradientes y flujos de materia y energía.

(Meli, Ruiz, & Carabia, 2015)

1.3 Importancia de la vegetación riparia.

Los ecosistemas riparios son importantes por ser corredores biológicos, albergando una gran riqueza de organismos, en especial de diversidad florística. (Lemus, 2014)

Estos ecosistemas sostienen una alta diversidad de especies vegetales y animales, y en ellos se desarrollan numerosos procesos biológicos. Su contribución a la diversidad de especies es proporcionalmente mayor a la superficie que ocupan dentro de una cuenca. Esta variación en la diversidad no sólo ocurre a medida que el río atraviesa el paisaje, sino también de manera lateral, ya que las plantas se distribuyen según sus formas de vida desde el cauce y hacia tierra firme, dependiendo de las variaciones en la disponibilidad de agua. Cerca del cauce crecen aquellas especies adaptadas a ambientes con pocos nutrientes y luz elevada, mientras que, a elevaciones más altas, y a medida que el suelo se aleja del cauce, existen especies de ciclo de vida más largo, frecuentemente arbustivas, tolerantes a la sombra. Además, las comunidades vegetales de las riberas son de gran importancia porque:

- 1) Influyen en la biota que habita dentro del agua.
- 2) Proveen hábitat para especies ribereñas obligadas o de hábitats inundables.
- 3) Pueden constituir corredores para la dispersión ofrecer un refugio seguro en caso de cambios ambientales, como sequías prolongadas. (Meli, Ruiz, & Carabia, 2015)

(Blanco, López Albacete, & Herrera Grao, 2011) Menciona que la vegetación riparia tienen, igualmente, una importante función de filtro verde que ayuda a mejorar la calidad del agua, ya que su capacidad de retención evita la llegada a las aguas de contaminantes y exceso de nutrientes por escorrentía o de forma subsuperficial. Por otra parte, factores como el grado de cubierta vegetal de la zona riparia juegan un papel fundamental en la regulación de la transferencia de energía térmica que llega a los cauces de los ríos.

1.4 Vegetación riparia en el estero de Tenechaco.

El estero de Tenechaco se encuentra en el municipio de Tuxpan, la principal vegetación que se registra es de humedal herbáceo encino (*Quercus*), álamo (*Populus alba*), caoba (*Swietenia macrophylla*), palmas (*Cocos nucifera*), mangos (*Mangifera*), chote (*Periamentiera acuelata seeman*), mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), cedro (*Cedrela odorata*), ceiba (*Ceiba pentandra*), la chaca (*Bursera simaruba*), el sapote de agua (*Pachira aquatica*), el humo (*Pithecellobium dulce*), espartillo de cangrejal (*Spartina alterniflora*) y el lirio de pantano (*Crinum americanum*). (Geilfus & Bailón., 1994)

Es importante mencionar que la vegetación ribereña que más predomina en el estero de Tenechaco son las siguientes:

- El mango (*Mangifera*) está adaptado a un clima tropical con una estación seca marcada. Necesita suelos profundos, bien drenados y ricos en materia orgánica. No es muy exigente en fertilidad y crecerá en cualquier tipo de suelo bien drenado. Es un árbol majestuoso, que alcanza hasta 60 m de alto, con un diámetro de 3 m al nivel del suelo. Es una especie de clima tropical húmedo, de altitud media (entre 700 y 1.200 m) Se ha plantado con éxito desde al nivel del mar hasta 2.000 m, siempre cuando la humedad sea suficiente. (Geilfus & Bailón., 1994).
- La chaca o palo mulato (*Bursera simaruba L.*) es un árbol semi-deciduo de porte medio, que forma parte de la familia *Burseraceae*. Es una especie que crece con frecuencia en los bosques caducifolios. Es un árbol que puede medir entre 18 y 30 metros de altura, mientras que el diámetro del tronco puede tener en promedio 70 cm, crece en suelos con buen drenaje que pueden ser arcillosos, francos, arenosos, ácidos, y alcalinos. (Geilfus & Bailón., 1994)

Los humedales herbáceos predominantes en el estero son los que se presentan a continuación:

- *Spartina alternifolia*. Es una hierba erecta, perenne, tolerante a la sal, que crece característicamente en rodales densos. La inflorescencia es una panícula en flor hecha

de muchas espigas y tiene 10-40 cm de largo con flores densas e incoloras, que están estrechamente comprimidas y superpuestas. Florece de julio a noviembre. Las hojas de color gris-verde pueden tener 20-55 cm de largo y hasta 5 cm de ancho. Los tallos varían en altura de 60 a 250 cm y miden hasta 2 cm de ancho en la base. (March Mifsut 2017) En el siguiente apartado se hablará más a detalle sobre la *Spartina alternifolia*.

- *Crinum americanum*. Los lirios de pantano son plantas erectas que crecen en pequeños grupos. Las hojas crecen directamente del bulbo y tienen 2-4 pies de largo y 2-3 pulgadas de ancho. El tallo de la flor es de aproximadamente 1 pulgada de diámetro, 2-3 pies de alto, con 2-6 flores formando un llamativo número en la parte superior. Las flores fragantes son blancas, a veces marcadas con rosa. Los sépalos son de 3-4 pulgadas de largo y 1/2 pulgada de ancho. Se unen en la base, formando un tubo largo, pero se curvan hacia atrás al final para formar una flor en forma de bola. La mitad superior del estambre es de color púrpura, con anteras de color púrpura que se extienden desde la flor a medida que los sépalos se curvan hacia atrás. (Jiménez, V. 2005).

El humedal leñoso salado que predomina en el estero de Tenechaco es *Rhizophora mangle* que es de gran importancia debido a que funcionan como pulmones del ambiente ya que producen oxígeno y usan el bióxido de carbono del aire; poseen la productividad primaria muy alta lo que mantiene una compleja red trófica en sitios de anidamiento de aves, como zonas de alimentación, crecimiento, y protección de reptiles, crustáceos, moluscos, también sirve como filtro para sedimentación y nutrientes, manteniendo la calidad del agua. Son fuertes en materia orgánica que sostiene la red alimentaria, estabiliza los terrenos costeros contra la erosión, protegen el litoral contra los vientos en temporada de huracanes y otros eventos climatológicos de gran impacto. (Pavón Lagos, L. A. 2014). Más adelante en este documento se hablará más a detalle sobre este, ya que es de vital importancia en el Estero de Tenechaco de Tuxpan Ver.

1.5 *Spartina alterniflora* el humedal herbáceo salado que habita en el Estero de Tenechaco.

Spartina alterniflora es una especie nativa de América y se distribuye naturalmente en las costas del Océano Atlántico desde Canadá, Estados Unidos de América, Caribe, Guyana, Surinam, Argentina, Uruguay y en México (Tamaulipas y Veracruz). Su hábitat en México son las aguas salobres de estuarios y ríos, muy cerca de la desembocadura con el mar y a profundidades de 20 a 100 cm. Forma densas poblaciones puras o en asociación con *Schoenoplectus robustus*, *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y/o *Avicennia germinans*. (Arriaga, 2000)

Es una especie dominante en su área de distribución nativa, las marismas de las costas del Atlántico y del Golfo de los Estados Unidos. Desempeña un papel importante en la estabilización de sedimentos y sirve como criadero de peces e invertebrados estuarinos. Los pastos marinos como *Spartina alterniflora* son esenciales para los procesos de creación de tierras en áreas como la Bahía de Chesapeake. Además, sirve como una base de carbono crítica para las redes alimentarias de estuario que suministran carbono para las rutas de energía de las redes alimentarias de detrito y pastoreo directo. (Marquez, 2001)

Spartina alterniflora crece dentro de zonas de marismas elevadas inferiores en su área de distribución nativa. En el área de la Bahía de San Francisco, donde se introduce *Spartina alterniflora* y sus híbridos, se observa que crece tanto más bajo como más alto que el *Spartina foliosa* nativo. El rango de marea para *Spartina. alterniflora* varía en todo el mundo, pero tiene el potencial de crecer desde el nivel medio más alto de agua hasta aproximadamente 1 metro desde el nivel medio bajo de agua (Project, 2003)

La Western Aquatic Plant Management Society (2004) afirma que, la *Spartina alterniflora* es una planta de la zona intermareal, donde coloniza barro o marismas en agua salina o salobre. Se encuentra en áreas de baja o moderada energía de las olas, la especie puede colonizar una amplia gama de sustratos, desde arena y limo hasta adoquines sueltos, arcilla y grava. Las especies pueden tolerar una amplia gama de condiciones ambientales, que incluyen: inundación hasta 12 horas al día, niveles de pH de 4.5 a 8.5, y salinidad de 10 a 60 ppm. Puede crecer en áreas terrestres, pero está excluida por la competencia de otras plantas.

Puede crecer en el punto más alto alcanzado de la zona intermareal hasta 1 m de la bajamar media (Database, 2015)

1.6 Manglares en el estero de Tenechaco.

En el estero de Tenechaco se registran tres especies de manglar, *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*. Dominando por el mangle rojo *Rhizophora mangle*.

Los manglares, regionalmente conocidos como “mangles”, corresponden al ecosistema constituido por árboles o arbustos que crecen en las zonas costeras de regiones tropicales y subtropicales. Los manglares regular u ocasionalmente son inundados por las mareas con aguas marinas o estuarinas (“salobres”), sin o con poca influencia del oleaje, por lo que su hábitat se restringe a las orillas de suelos arenosos o limo-arcillosos de bahías, lagunas costeras, canales de mareas (esteros), desembocaduras de ríos, bajos y barras de arena o lodo y “marismas”, abarcando desde una estrecha franja de pocos metros de ancho, de forma continua o discontinua, hasta densos bosques de cientos de hectáreas. La distribución de los manglares, consecuentemente, va a depender en gran medida del intervalo de las mareas, del declive topográfico y de la salinidad del agua y suelo. (Díaz Gaxiola, 2011)

- El mangle rojo, tinto o candelilla (*Rhizophora mangle*): Es un árbol muy característico por sus raíces en forma de zancos. Alcanza alturas de 15 metros o más, aunque en algunas zonas que coinciden con la desembocadura de los ríos, llega a alcanzar los 30 metros. Los de mayor tamaño se localizan en Laguna de Términos en Campeche y en la Encrucijada en Chiapas. Son árboles o arbustos siempre verdes, que nunca se quedan sin hojas (perennifolios), de troncos rectos. El tronco es delgado, con una corteza externa con fisuras, de color gris claro y el tono de color bajo la corteza del árbol, va de rosa a bastante rojo (CONABIO, 2009).



Figura 5 Mangle rojo (*Rhizophora mangle*). En estero de Tenechaco Tuxpan ver.

- El mangle negro, mangle prieto, madre-sal (*Avicennia germinans*). Es un árbol entre 10 y 30 metros de altura (cuando vive en buenas condiciones alcanza hasta los 40 metros) y un tronco de 10 a 50 cm de diámetro. La copa tiene forma de sombrilla y el follaje es disperso. El color es más cenizo que el del mangle rojo, por lo que generalmente es fácil distinguirlos en el paisaje. El tronco es recto y cilíndrico, a veces irregular con ramas ascendentes la corteza externa es negra, con fisuras que forman pequeñas placas rectangulares. Esta especie rebrota bien al ser cortada, aunque las técnicas de acodo han sido poco exitosas. Las flores son blancas y con la parte central de color amarillo. Son visitadas por abejas y otros insectos. Florece y fructifica durante todo el año, principalmente entre junio y octubre, en los meses lluviosos (CONABIO, 2009).
- El mangle blanco, mangle amarillo, mangle bobo (*Laguncularia racemosa*). Es un árbol que alcanza de 5 a 20 metros de altura y el diámetro de su tronco mide de 10 a 60 cm de diámetro. Tiene una copa en forma de sombrilla o bien redondeada, con follaje denso y ramas extendidas, ascendentes. El tronco es recto y cilíndrico. La corteza externa es de color gris-oscuro, con fisuras verticales. En los árboles de mayor edad la corteza tiene fisuras profundas y se desprende en láminas, como si se despellejara. Forma raíces de gran tamaño, extendidas y horizontales y a partir de ellas se desarrolla un subsistema de raíces en forma de clavija arriba y debajo de la superficie, llamados neumatóforos. Estas raíces tienen forma de maza y en sus cabezas terminales tienen un tejido especial para la ventilación con tejido esponjoso. Son menos abundantes que en el mangle negro (CONABIO, 2009).



Figura 6 Mangle blanco Sección Terrenos de la Feria.

1.7 Reforestación de manglar.

La reforestación es un método activo que busca recuperar la cobertura de bosque en un sitio deforestado mediante la introducción de semillas o plántulas. Una de las claves principales en la restauración de los ecosistemas marinos y costeros es la adaptación local que tienen los genotipos a las condiciones ambientales de su entorno lo que lleva a la diferencia de susceptibilidad a los factores de estrés, si las especies no están adaptadas localmente o se encuentran adaptadas a las condiciones históricas estas podrían llegar a su extinción local hablando principalmente de especies nativas de una zona (Calle, 2015).

La reforestación y restauración de los ecosistemas de manglar y humedales costeros han sido de gran relevancia con la participación de la sociedad todo esto debido al beneficio económico que aportan estos ecosistemas a la población y que a su vez se convierte un incentivo para la comunidad local y para la gestión de la conservación del medio ambiente. Por ejemplo, un estudio realizado en 2 sitios en Filipinas demostró que los proyectos de restauración y reforestación son más exitosos cuando se evalúan en aspectos socioeconómicos mientras que cuando se evalúan únicamente como de conservación los proyectos son menos exitosos, por lo tanto los ecosistemas de manglar y humedales costeros

representan un capital social natural y la perturbación y destrucción de dichos ambientes tendrán como consecuencia la inevitable disminución de la calidad de vida, ingresos y la capacidad de satisfacer las distintas necesidades básicas de la población local (Ruiz 2016).

La restauración del manglar por medio de plantas producidas en viveros representa probablemente el escenario óptimo para realizar la restauración, debido a una mejor calidad de propágulos. La reforestación con plantas de vivero tiene las ventajas de dar una mayor probabilidad de sobrevivencia respecto a las plántulas sembradas directamente y, por lo tanto, se puede realizar una plantación de menor densidad, pero con la desventaja de incrementar los costos por los gastos de mantenimiento del vivero. Cuando se utilizan plántulas de vivero, es importante readaptarlas a condiciones similares al sitio donde se piensa sembrar (en particular la salinidad), para garantizar su sobrevivencia (Villeda, 2017).

1.8 Técnicas de siembra:

Se puede dividir en tres grupos: la directa de propágulos y/o plántulas, la reforestación con plántulas de vivero y con frecuencia se recurre a la combinación de ambas. Según la CONAFOR se pueden aplicar tres técnicas de siembra para manglar, las cuales se presentan a continuación:

- ✚ Siembra directa (sólo para mangle rojo). Sembrar los hipocótilos de mangle rojo, uno por uno, directamente en el sitio. Es la técnica más fácil y económica. Sin embargo, tiene muchos riesgos para sitios donde hay influencia de corrientes, paso de gente o ganado y cambios drásticos del nivel de inundación debido a que se pueden ahogar o secar.
- ✚ Estacado (mangle blanco y botoncillo). Para ahorrar tiempo y dinero se pueden cortar estacas de ramas maduras y sembrarlas directamente en el lugar. No es viable para grandes superficies.
- ✚ Trasplante (todas las especies). Es una opción trasplantar las plántulas que nacen por miles en las bocabarras y orillas de las lagunas una vez que concluyen las lluvias.

(CONAFOR, 2010)

1.9 Preparativos del sitio.

Para determinar el sitio donde se establecerá la reforestación es de suma importancia tener presente el objetivo de la misma. Se recomienda hacer recorridos de campo para conocer y analizar cuidadosamente las características sociales y ecológicas del predio, así como determinar cuáles son los factores adversos del medio ambiente a los que habrá que enfrentarse para lograr una reforestación efectiva.

Todo predio donde se vaya a establecer una reforestación ha de contar con un buen acceso para facilitar los trabajos de plantación y mantenimiento.

Existen diferentes maneras de preparar el terreno donde se pretende establecer la plantación, para mejorar las condiciones del suelo y asegurar una mayor sobrevivencia de la planta. La elección del método está en función de diversos factores: superficie a reforestar, disponibilidad de recursos (humanos, económicos, maquinaria y equipo), tipo de suelo, pendiente del terreno y acceso al mismo. (CONAFOR, 2010).

2.1 Materia y carbono orgánicos en manglares.

El sistema de manglar funciona a partir de los subsidios de materia (nutrientes, sedimentos, materia orgánica, agua dulce y salobre) y energía recibida (luz, temperatura, oleaje, mareas y huracanes). Estos elementos permiten al aparato fotosintético producir cierta cantidad de biomasa que se expresa en términos de materia orgánica (producción primaria); la cual es variable debido a diferentes factores como latitud, estacionalidad y precipitación. Esta producción en la mayoría de los casos ha sido cuantificada en los manglares a través de la caída de hojarasca (Christian, 2017).

La materia orgánica producida en el manglar es transformada a través del proceso de degradación. La velocidad con que se realiza este proceso es variable y depende del ambiente de degradación, contenido de proteína, celulosa, lignina y de la composición química del tejido en descomposición, el cual ofrecerá mayor o menor resistencia a los microorganismos (Lara-Domínguez, 1998). La hojarasca cae constantemente al piso, es

removida cuando se deposita en sitios inundados donde se inicia el proceso de degradación, el cual puede ser lento en *Rhizophora mangle* o rápido en *Avicennia germinans*. De acuerdo con el Contenido de materia orgánica presente en el detritus, éste representa un subsidio para muchas cadenas alimenticias, dentro de las cuales destacan especies de interés comercial como el camarón, tanto en los estuarios como en el mar (Robertson, 1995, Zomlefer, 2006,).

Los manglares son ecosistemas conocidos por sus funciones como almacenadores, transformadores y exportadores de materia orgánica. En los manglares como en muchos otros ecosistemas costeros se reconocen los almacenes y flujos de diversos elementos, principalmente carbono, el cual tiene gran interés por su relación con gases de efecto invernadero (CO_2 y CH_4). Los almacenes de carbono orgánico en los manglares se encuentran en el componente aéreo (biomasa de árboles vivos y muertos, incluyendo hojas, propágulos, neumatóforos, raíces adventicias y ramas) y subterráneo (sedimento y la biomasa de raíces). Mientras que los flujos que más comúnmente se distinguen en estos ecosistemas son la caída, descomposición de hojarasca, exportación/importación de carbono orgánico particulado y disuelto por efecto de la hidrología (fuente de agua, hidroperiodo, dirección y velocidad de flujos de agua) (Camacho-Rico 2011, Domínguez 2018).

En México la cobertura de manglares se ha reducido en un 10% en 25 años. El problema de la deforestación de manglar no solo es la pérdida de biomasa aérea, sino que después de la perturbación hay la liberación de considerables concentraciones de CO_2 y CH_4 a la atmósfera por lo que tienen una extraordinaria participación en las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que contribuye al cambio climático. No obstante que se están acumulando evidencias de las importantes reservas de carbono orgánico en los ecosistemas de manglar, y que estas superan las de otros ecosistemas terrestres por unidad de área también se reconoce que sufren una de las más altas tasas de deforestación en comparación con otros bosques (Donato, 2011, Grobicki & Chalmers, 2016)

Por otra parte, los efectos del cambio climático como el incremento del nivel del mar, cambios en la intensidad de tormentas tropicales y variaciones en la dinámica hidrológica en los manglares, pueden afectar negativamente la superficie de estos ecosistemas. (Monroy - Torres, 2011)

Metodología.

Monitoreo de las siembras del 2017.

El monitoreo de los sitios reforestados en 2017 se realizó con la medición de los siguientes datos morfológicos: altura, diámetro, número de hojas de las plantas de mangle rojo. Estas fueron detectadas y marcadas en campo con una placa de aluminio o en su defecto con aerosol. Para la toma actual de dichas medidas se utilizó una cinta métrica. Se comparó el crecimiento y la sobrevivencia al 2019 utilizando el software Excel 2016.

Vivero *in-situ* y siembra:

Para implementar el vivero *in-situ* se consideraron los lugares visitados durante los diferentes recorridos en la ribera del estero Tenechaco, y se decidió su instalación en la Sección de Bicentenario que es una zona con poca afluencia antrópica, con inundaciones intermitentes y protegida de corrientes fuertes, aparte de estar libre de vegetación.

Para los lugares que se seleccionaron para sembrar se caracterizaron por poseer poca vegetación, lo cual facilita la limpieza de este para la reforestación. También se procuró que se distribuyeran a lo largo de las distintas zonas de este proyecto (Terrenos de la Feria, Lirio y Bicentenario), además de tener en cuenta la accesibilidad al sitio y usos antrópicos.

Para la siembra de manglares se utilizaron dos técnicas de siembra la primera conocida como “trazado al azar” es un sistema de trazado que se utiliza en terrenos con pendientes pronunciadas y afloramientos rocosos. Consiste en trazar una línea guía a través de la pendiente y sobre ésta se mide la distancia de siembra generalmente en pasos, este tipo de trazado es muy semejante a la de triángulo, pero muy irregular por no tener todas las mismas distancias de siembra, impedida por troncos, árboles y piedras. Y la segunda técnica se conoce como “tres bolillos” donde las plantas se colocan formando triángulos equiláteros (lados iguales). La distancia entre planta y planta dependerá del espaciamiento que la especie demande al ser adulta. Este arreglo se deberá utilizar en terrenos con pendientes mayores a 20 por ciento, aunque también se puede utilizar en terrenos planos. Las líneas de plantación

deberán seguir las curvas de nivel. Con este tipo de diseño se logra minimizar el arrastre de suelo y a su vez aprovechar los escurrimientos.

También se sembraron espartillos cangrejeros y lirios de pantano, estos se sembraron en la zona intermareal la cual es su hábitat natural dentro del estero. Para la siembra se utilizaron núcleos de 20x 20 cm² que contenían dos a tres plantas. Los núcleos no se disgregaban y facilitaban su traslado.

Parámetros fisicoquímicos del sedimento

Se extrajeron un total de siete núcleos de suelo siguiendo un modelo al azar con un nucleador tipo Corer con un diámetro de 34 cm² y un largo de 0.50 m. Del núcleo extraído se analizaron tres perfiles el superficial, el de 0.05m y el de 0.20 m, dando un total de 21 muestras de sedimento. De los siete núcleos extraídos cuatro correspondieron a zonas reforestadas con espartillo cangrejero y tres en mangle rojo.

Los parámetros fisicoquímicos del suelo se realizaron de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.

Estudio, muestreo y análisis. Se determinaron los siguientes parámetros físicos y químicos: pH, materia orgánica, carbono orgánico, fósforo total, sodio, potasio, calcio, magnesio.

Además, se midieron los parámetros fisicoquímicos del agua próxima a los sitios a reforestar correspondientes a dos fechas: 7 de septiembre 2019 y 20 de septiembre 2019. Para esto se utilizó un equipo multiparamétrico para agua marca Myron L Company, modelo ultrameter II donde se determinó pH, conductividad eléctrica, salinidad, y potencial redox en muestras superficiales en el espejo de agua. También se determinó la turbidez con un disco de Secchi. Los parámetros se midieron en las tres secciones.

Para los análisis de varianza se utilizó un software Minitab 16 así realizando (ANOVA) de un solo factor para comparar varios grupos en una variable cualitativa.

Análisis y discusión de resultados:

➤ Evaluación y crecimiento de las plántulas.

Los manglares presentan estrategias de sobrevivencia que le confieren una gran capacidad de recuperación después de alteraciones drásticas al ecosistema.

En la tabla 1 se presenta la comparación del crecimiento y supervivencia del manglar, siendo 82.86 cm el promedio de alturas del año 2017, mientras que en 2019 el promedio de alturas fue de 118.83 cm. El promedio de crecimiento del año 2017 al 2019 es de 36.02 cm. Contando con alturas de aproximadamente de entre 110 cm a 160 cm de altura.

En la Sección Terreno de la Feria no hubo sobrevivencia esto debido a diferentes factores entre los que destacan el rastro municipal del municipio de Tuxpan ver, la descarga de agua residual del hospital militar y en general debido a la población que habita en la zona.

La llegada de propágulos ocurrió de forma natural, lo que permite el establecimiento de la vegetación como componente indicador de la recuperación del ecosistema. Se presentó mayor sobrevivencia en le Sección de Lirio (Figura 4). No obstante que en esa zona se encuentra el mayor número de descargas pertenecientes a las colonias; Villa Rosita, Federico García Blanco, Pisa Flores, Tenechaco, Infonavit Framboyanes y el principal centro comercial de la ciudad.

En Sección Bicentenario, se presentó una baja sobrevivencia, con un total de 10 plantas de mangle con alturas que van desde los 98 cm hasta los 140 cm. Uno de los principales problemas en esa zona es la erosión de las orillas donde se encuentra el mangle además de que se encuentran ocupados algunos terrenos para uso de ganadería.

2017			2019		
Sembrados	Prom. Altura	Pro. Diámetro	Sobrevivientes	Prom. Altura	Prom. Diámetro
95	82.86	4.17	66	118.83	5.72

Tabla 2 Promedio de sobrevivencia de plántulas sembradas en 2017



Figura 4 Comparación de alturas de mangle del año 2017 al 2019

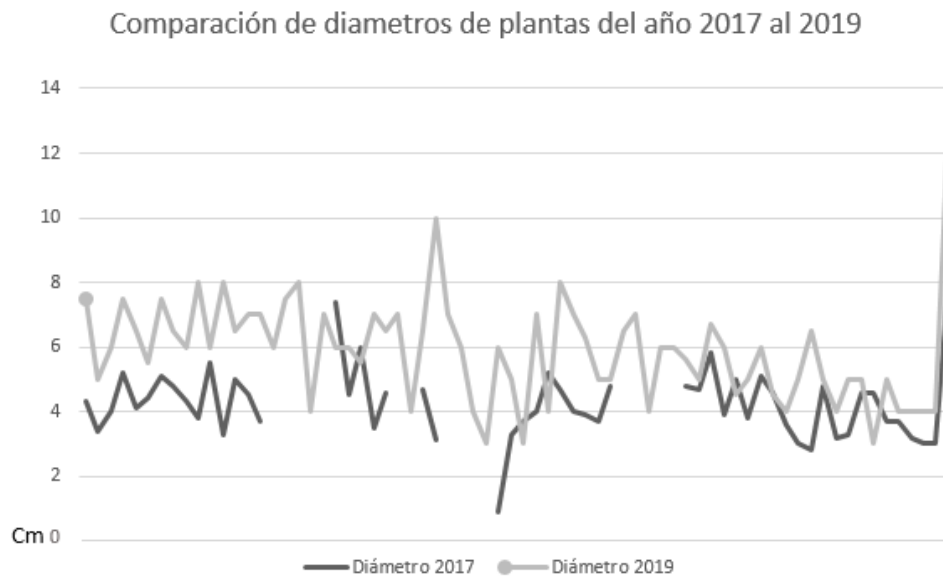


Figura 5 Comparación de diámetro de plantas del 2017 al 2019

➤ Creación del vivero *in-situ*.

Se realizó la colecta de propágulos, y trasplante de plantas juveniles seleccionando los mejores ejemplares.

Se instaló el vivero cerca del sitio a reforestar, para este caso en la Sección Bicentenario (Mapa 1). Para su construcción *in-situ* se utilizaron los criterios propuestos por Meli & Carrasco Carballido (2011) los cuales se mencionan a continuación:

- Los viveros deben ser construidos en terrenos planos o con leve inclinación.
- Debe tomarse en cuenta la distancia del área a reforestar y/o restaurar.
- Disponibilidad de agua.
- Origen y calidad del sustrato (suelo).
- Protección contra la acción directa del viento.
- Porcentaje (%) de luz disponible.

Se consideró una densidad de 5 plántulas por metro cuadrado, se realizaron monitoreos, dado que la siembra fue directa hubo un pronóstico de tener riesgos para el sitio.



Figura 6 Vivero *in-situ* en sección bicentenario

➤ **Detección de áreas potenciales.**

Se detectaron 44 sitios para sembrar *Rhizophora mangle*, con un total de 1305 plántulas y plantas juveniles. Las Secciones; Bicentenario, Lirio y Terrenos de la Feria tabla 2 se encontraban con cobertura vegetal escasa e invasora. Cabe resaltar que en la Sección Bicentenario disminuyó el número de sitios viables para la reforestación debido a que existen otros usos antrópicos como viviendas, embarcaderos, uso ganadero y áreas acondicionadas para la construcción.

Se trasplanto *Spartina alterniflora* en las 3 secciones con cuadros de 1mx1m para ayudar a la restauración ya que permiten que las plantas sembradas de mangle se mantengan en buen estado, desempeñando un papel importante en la estabilización de sedimentos. Además, sirve como criadero de peces e invertebrados estuarinos. Así mismo, crea una especie de base de carbono crítica para las redes alimentarias del estuario suministrando carbono para las rutas de energía de las redes alimentarias de detrito y pastoreo directo. (Calva Benitez & Torres Alvarado, 2011)

Alternando con el manglar y la *Spartina alterniflora* de igual manera se sembraron un total de 6 lirios (*Crinum americanum*), cubriendo un área de 2m x 4m en las zonas a reforestar. Es importante mencionar que el *Crinum americanum* es una planta muy resistente y puede crecer en distintos tipos de sustrato.

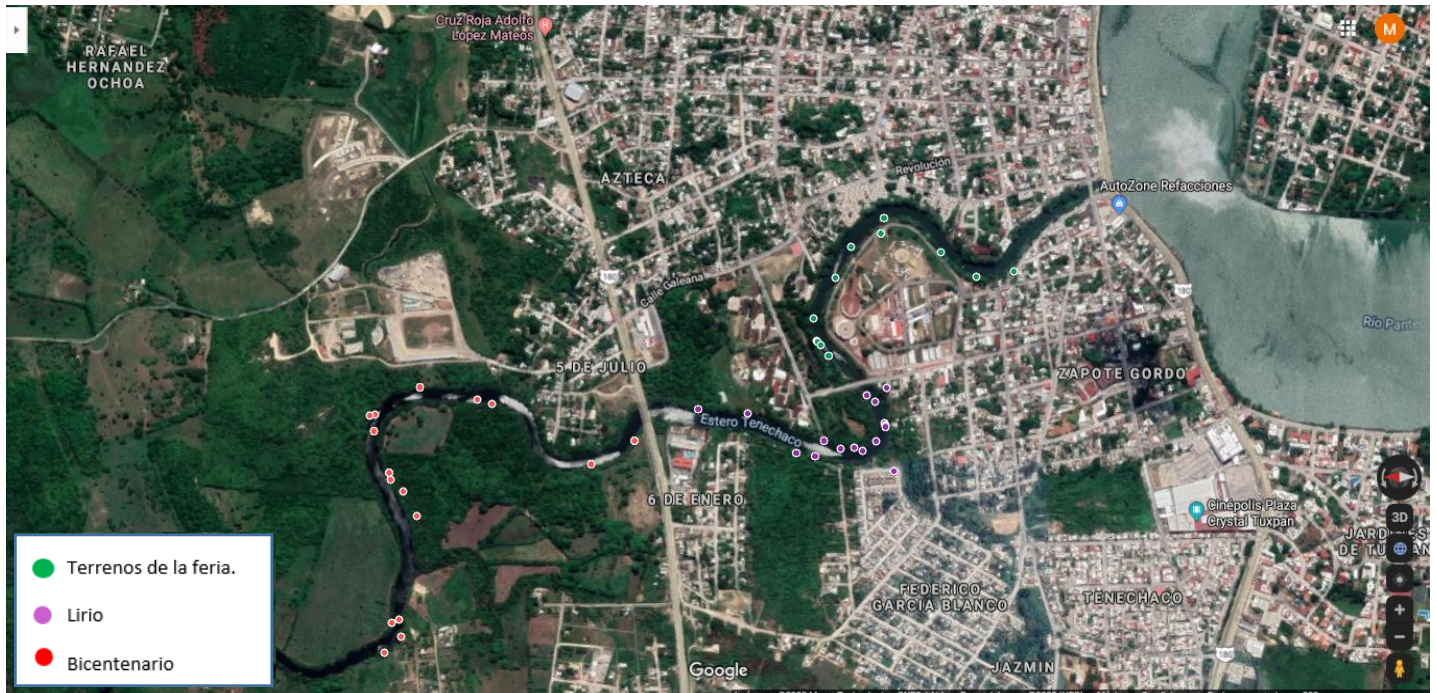


Figura 7 Área de estudio con los puntos potenciales de siembra.

Estación	Sitios para sembrar <i>Rhizophora mangle</i>	Total de plántulas
Bicentenario	Ma1	40
	Mb2	25
	Mc3	20
	Md4	30
	Me5	21
	Mf6	40
	Mg7	30
	Mh8	51
	Mi9	30
	Mj10	20
	Mk11	30
	Ml12	30

Tabla 3 Número de sitios de siembra con el total de plántulas sembradas con sus respectivas claves, Sección Bicentenario.

Estación	Sitios para sembrar <i>Rhizophora mangle</i>	Total de plántulas
Lirio	Ya1	31

	Yb2	30
	Yc3	25
	Yd4	20
	Ye5	30
	Yf6	18
	Yg7	30
	Yh8	45
	Yi9	31
	Yj10	15
	Yk11	17
	Yl12	45
	Ym13	30
	Yn14	12
	Yñ15	15
	Yo16	18

Tabla 4 Número de sitios de siembra con el total de plántulas sembradas con sus respectivas claves, Sección Lirio.

Estación	Sitios para sembrar <i>Rhizophora mangle</i>	Plántulas por sitio
Terrenos de la Feria	Ra1	30
	Rb2	50
	Rc3	25
	Rd4	15
	Re5	25
	Rf6	55
	Rg7	42
	Rh8	32
	Ri9	31
	Rj10	30
	Rk11	33
	RI12	25
	Rm13	36
	Rn14	22
	Rñ15	32
	Ro16	43

Tabla 5 Número de sitios de siembra con el total de plántulas sembradas con sus respectivas claves, Sección Terrenos de la Feria

Áreas reforestadas:

De acuerdo con las mediciones previstas del año 2017 se estimó un total de 3.84 Ha. reforestadas agregándole lo reforestado en 2019 con 2.06 Ha. Dando un total de 5.9 Ha

Análisis de muestras de suelo.

PH y materia orgánica:

La determinación de pH es afectada por diferentes factores tales como: el tipo y cantidad de constituyentes orgánicos e inorgánicos que contribuyen a la acidez del suelo, la concentración de sales en la solución, la relación suelo: solución, la presión parcial de bióxido de carbono y efecto de la suspensión asociado con el potencial de unión, etc.

El pH promedio por Sección se presenta en la figura 8 manteniéndose un promedio de 6.2 en la Sección Terrenos de la Feria, Bicentenario con 6.4 y Lirio con 6.5 encontrándose en un rango de pH moderadamente ácido de acuerdo a la NOM-021-RECNACT-2000, (Tabla 6). Se debe a las propiedades físicas y químicas del suelo. Sin embargo, se puede parcialmente compensar si asegura un alto contenido de materia orgánica en el suelo.

La materia orgánica afecta la reacción del suelo (pH) debido a los diversos grupos activos que aportan grados de acidez a las bases de cambio y al contenido de nitrógeno presente en los residuos orgánicos aportados al suelo (Aguilera 2000).

En el caso de la materia orgánica esta depende de muchos factores tales como la incorporación de nuevos restos orgánicos al suelo y su velocidad de oxidación química biológica. En el estero de Tenechaco se encuentran distribuidos de la siguiente forma; 5.2% Bicentenario, 6.9% Lirio, 6.7% Terrenos de la Feria (Figura 3). De acuerdo con la NOM-RECNAT-2000 la materia orgánica tiene propiedades físicas del suelo. Formando agregados y dando estabilidad estructural. Uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo a la penetración del agua y su retención. Disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso.

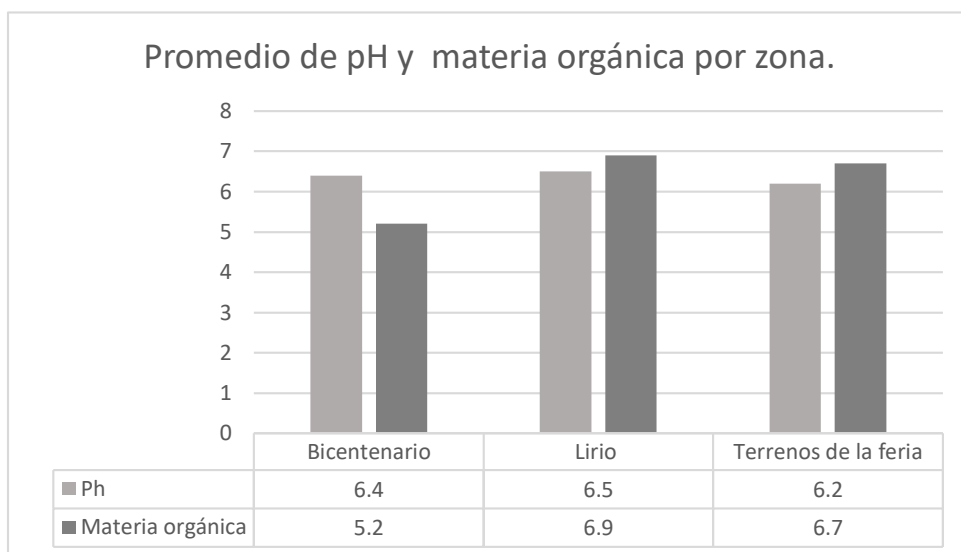


Figura 8 Promedios de pH y materia orgánica (%) por zona.

Clasificación	pH
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

Tabla 6 Clasificación del suelo en cuanto a su valor de pH, de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000.

Carbono orgánico:

El carbono orgánico del suelo se vincula con la cantidad de nutrientes disponibles al suelo, al aportar elementos como el N.

El carbono orgánico está asociado a la materia orgánica del suelo proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico. En el caso de carbono orgánico en el estero de Tenechaco se registra por sección de la siguiente manera; Bicentenario con un promedio de 2.1%, Lirio con 3.8%, y por último Terrenos de la Feria con 3.4% tabla 4. Martínez-H. (2008) menciona que no solo depende de las condiciones ambientales locales, sino que esta es

afectada fuertemente por el manejo del suelo. Quedando claro que los usos del suelo en el estero son principalmente para ganadería provocando la erosión de las orillas.

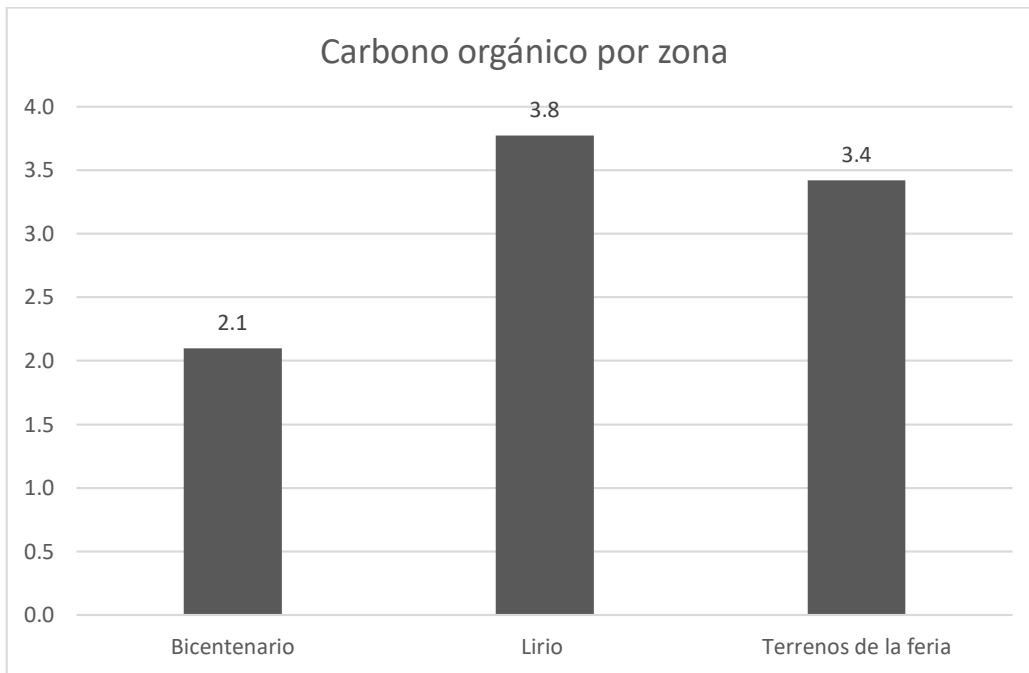


Figura 8 Carbono orgánico por zona.

Análisis de variancia ANOVA.

El análisis de variancia (ANOVA) no arroja diferencias estadísticamente significativas (>0.05), ni entre plantas (mangle y espartina) ni entre secciones (Terrenos de la Feria, Lirio y Bicentenario) lo que quiere decir que el suelo del estero de Tenechaco en las secciones estudiadas es similar, esto puede deber a la acción de las mareas, del viento y de los aportes de agua dulce, los cuales en conjunto homogenizan el sedimento.

En cuanto a perfiles solo arrojo diferencias con potasio (ANOVA, $F=8.13$, $P=0.001$) donde el análisis de TUKEY agrupa a la mayoría de los puntos y perfiles (86%) en un grupo (B) con una media de 558 mg/Kal; y el 10% agrupado en el perfil de 5 Cm (AB) con una media de 736 mg/Kal y el 4 % en una sola muestra (A) con un valor de 1,052 mg/Kal es difícil determinar el motivo de estas acumulaciones de Potasio.

- Densidad:

En cuanto a la densidad el análisis de varianza (ANOVA) no arroja diferencias estadísticamente significativas (>0.05), ni entre perfiles (Superficial, 5cm y 20 cm) ni entre plantas (mangle y espartina) lo que quiere decir que el suelo del Estero de Tenechaco es las secciones estudiadas es similar.

En cuanto secciones (Bicentenario, Lirio y Terrenos de la feria) si arrojó diferencias (ANOVA, $F= 2.62$, $P=0.085$) donde el análisis FISHER Agrupa la mayoría de las secciones (75%) Con un grupo (B) con una media de 0.04534 g/cm^3 ; y el 7% agrupado en la sección Bicentenario (AB) con una media 0.06400 g/cm^3 ; y el 18% en una sola muestra (A) con un valor de 0.06734 g/cm^3 .

- Parámetros fisicoquímicos agua:

El análisis de varianza (ANOVA) de los parámetros fisicoquímicos del agua no arroja diferencias estadísticamente significativas (>0.05), entre los parámetros pH, salinidad, conductividad, potencial oxido-reducción, temperatura, entre secciones (Bicentenario, Lirio y Terrenos de la Feria) lo que quiere decir que el suelo del Estero de Tenechaco entre los sitios estudiados es muy similar.

En el caso de la visibilidad medida con disco de Secchi arrojó diferencias entre las secciones (ANOVA, $F=8.00$, $P=0.040$). Donde el análisis TUKEY agrupa la mayoría de las secciones con un (60%) con un grupo (B) con una media de 83.83 cm; y el 20 % agrupado en la sección Terrenos de la Feria (AB) Con una media 115.00 cm; y el 20% en una sola muestra (A) con un valor 128 cm.

Conclusiones:

Las acciones de reforestación se refieren a recuperar la cobertura vegetal original de un terreno plantando las especies que se perdieron, ya sea en propágulos o con plantas producidas en un vivero actualmente en el área del Estero de Tenechaco: secciones Parque Bicentenario, Lirio y Terrenos de la Feria, se llevó cabo una reforestación y monitoreo pertinente, el cual permitió facilitar y organizar de manera eficiente las actividades realizadas. Se reforesto con *Rhizophora mangle*, *Crinum americanum*, y *Spartina alterniflora* para recuperar áreas afectadas por las descargas o por la misma vegetación invasora. Siendo 82.86 cm el promedio de alturas del año 2017, mientras que en 2019 el promedio de alturas fue de 118.83 cm. Esto dando un promedio de crecimiento del 36.02% del año 2017 al 2019. Habiendo mayor sobrevivencia en Sección Lirio y un total de 10 plantas de mangle en la Sección Bicentenario, mientras que en los Terrenos de la Feria no sobrevivió ninguno debido al uso de ganadería que le dan al suelo de esa zona, las descargas de aguas residuales del rastro municipal y el mal manejo de los residuos de manejo especial (RME) que le da el hospital militar. Se sembraron un total de 1,305 plantas juveniles de *Rhizophora Mangle* distribuidas en las 3 zonas. Con un área total de 2.06 Ha. Alternando con *Crinum americanum*, y *Spartina alterniflora* cabe resaltar la importancia de que dicha plantación se monitoreo constantemente para así llevar un control de lo sembrado. El suelo que se presenta en el humedal se considera hidromorfo es decir que muestra el efecto de saturación de agua. El pH promedio por zona se presenta de 6.2 en la Sección Terrenos de la Feria, Bicentenario con 6.4 y Lirio con 6.5 encontrándose en un rango de pH moderadamente ácido de acuerdo con la NOM-021-RECNACT-2000. En el caso del carbono orgánico la Sección Bicentenario se encontró con un promedio de 2.1%, Lirio con 3.8%, y por ultimo Terrenos de la Feria con 3.4%.

No obstante, las campañas de concientización y las acciones de limpieza, el estero de Tenechaco esta absorbido por la mancha urbana de la ciudad, este continúa siendo contaminado con descargas de aguas residuales, desechos sólidos urbanos, entre otros. Actualmente se están aplicado sanciones a empresas, negocios y particulares por descargas de aguas, taponamientos o la disposición de residuos, pero hasta el momento no se han tenido resultados que den solución al problema. Es importante mencionar que en diciembre del 2019

se abrió una descarga pluvial en la Sección Lirio la cual es usada como drenaje vertiendo el agua servidas sin un previo tratamiento.

Aunque la plantas presentan un crecimiento lento y muestras de enanismo, al parecer por el estrés dado por la carga orgánica actual del estero de Tenechaco, es factible la restauración del borde siguiendo la alternancia propuesta en este proyecto entre el espartaco cangrejero, el lirio de pantano y el mangle tinto, donde tomando en cuenta las distintas siembras efectuadas desde el 2017 se han logrado recuperar 5.9 Ha., no obstante es necesario aumentar los esfuerzos de siembra ya que lejos de regular las descargas residuales a este cuerpo de agua se detectó un aumento de las mismas por el crecimiento de las nuevas colonias en la ciudad de Tuxpan.

Recomendaciones:

- Se recomienda que se realice un monitoreo para llevar a cabo acciones de mantenimiento con una resiembra en intervalos de 6 mes para reponer los propágulos que mueran y conservar la densidad programada.
- Fomentar la educación ambiental, para desarrollar el conocimiento necesario de las posibles alternativas de manejo que permitirá detectar, controlar y minimizar los efectos de las actividades humanas, con la finalidad de que las acciones que se efectúen en el aprovechamiento del manglar sean las más adecuadas para su conservación.
- Continuar con la reforestación ribereña del estero de Tenechaco para recuperar los servicios ecosistémicos de los mismos principalmente la depuración del agua.

Anexos:



Figura 7 Toma de muestra.



Figura 8 *Rhizophora mangle* sembrado en 2017.



Figura 9 Medición *Rhizophora mangle*.



Figura 10 Medición *crinum americanum*.



Figura 11 Limpieza del estero de Tenechaco.



Figura 12 Realización de reactivo INECOL.



Figura 13 Calibración de equipo de Ph.

Fuentes de información:

- Ania Grobicki, C. C. (2016). *Introducción a la Convención sobre los Humedales*. Gland (Suiza): Ramsar Convention Secretariat.
- Álvarez Alejandro, G. d.-E. (1994). *Lagunas costeras y el litoral mexicano*. México, D.F.: Universidad Autónoma de Baja California Sur. Obtenido de <https://www.uv.mx/pozarica/mmemc/files/2012/10/EE-Ecologia-de-Estuarios-y-Lagunas-Costeras.pdf>
- Arriaga, a. C. (2000). *deforestacion y fragmentacion de ecosistemas: que tan grave es el problema*. Mexico n: CONABIO. Obtenido de <https://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv30art2.pdf>
- Calva Benitez, L., & Torres Alvarado, R. (08 de 2011). *Carbono orgánico y características texturales de sedimentos en áreas del pasto marino Thalassia testudinum en ecosistemas costeros del sureste del golfo de México*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792011000200003
- Carabias, J. (2015). *La vegetación riparia*. Obtenido de Natura y Ecosistemas Mexicanos, A.C.: <http://www.bibliotecanatura.org/conservacion-y-desarrollo-sustentable-en-la-selva-lacandona/index.php/sec2/sec2-cap4/sec2-cap4-1>
- Castillo, L. F., Cifuentes Sarmiento, Y., Ruiz-Guerra, C. J., Rial, B., Trujillo, F., Medina Barrios, O. D., ... & Jiménez Segura, L. F. Criterios biológicos y ecológicos: aportes para la identificación, caracterización y delimitación de los humedales interiores de Colombia.
- (CONABIO)., C. N. (2007). *Los manglares de México: estado actual y establecimiento*. México, D.F. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/Informe_Final_DQ056_31oct07.pdf
- Amo Rodríguez, S. e. (1999). *Reforestación y plantaciones. Manejo y enriquecimiento de acahuales*. Mexico: Programa de Acción Forestal Tropical, A. C., Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. Obtenido de https://www.conafor.gob.mx/BIBLIOTECA/MANUAL_PRACTICAS_DE_REFORESTACION.PDF
- Ania Grobicki, C. C. (2016). *Introducción a la Convención sobre los Humedales*. Gland (Suiza): Ramsar Convention Secretariat.
- Arriaga, a. C. (2000). *deforestacion y fragmentacion de ecosistemas: que tan grave es el problema*. Mexico n: CONABIO. Obtenido de <https://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv30art2.pdf>
- Calle, G. B. (2015). *Principios para la restauración*. Obtenido de <http://elti.fesprojects.net/2013Azuelo/a.calle.reforestacion.pdf>

- Camacho-Rico, A. y.-S. (2015). *Dinámica de hojarasca y variación espacio temporal de carbono en un escenario cárstico como laguna de Celestún, Yucatán*. Texcoco, Edo. de México, México.: Estado actual del conocimiento del ciclo del carbono y sus interacciones en México: Síntesis a 2014. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n1/2395-8030-tl-34-01-00061.pdf>
- Christian, R. R. (2017). *The role of soil organic carbon in maintaining surface elevation in rapidly subsiding U.S.* Nueva York: Gulf of Mexico coastal marshes. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v20nspe/v20nspea3.pdf>
- CONABIO. (2008). MANGLARES DE MEXICO . *CONABIO* , MEXICO,DF. Obtenido de <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfGQ004.pdf>
- CONABIO. (2009). *Manglares de México*. Ed.Mexico. Obtenido de <file:///C:/Users/PRINCIPAL/Downloads/RhizophoraMangle.pdf>
- CONAFOR. (2010). *El manual básico de Prácticas de reforestación* . Zapopan, Jalisco, México. Obtenido de https://www.conafor.gob.mx/BIBLIOTECA/MANUAL_PRACTICAS_DE_REFORESTACION.PDF
- Contreras-MacBeath, T. B. (2004). *La Diversidad Biológica en Morelos: Estudio del Estado*. Estado de Morelos. México.: CONABIO y UAEM. Obtenido de <http://biodiversidad.morelos.gob.mx/galeria>
- Correa-Gómez, D. F. (2010). *ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE BOSQUES DE GALERIAS* . Bogotá, Colombia.: Biólogo Universidad Nacional de Colombia. Candidato MSc. Ciencias Biológicas.
- Blanco, G. F., López Albacete, I., & Herrera Grao, A. (2011). *Relación entre la vegetación riparia y caudales*. Obtenido de [Vegetacion%20riparia%20y%20caudales_texto%20completo.pdf](#)
- Database, G. I. (2015). *Perfil de la especie: Spartina alterniflora*. Obtenido de <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=792>
- Dias, E. H. (2009). *Estuarios y sistemas estuarinos*. Obtenido de campus virtual: https://campusvirtual.univalle.edu.co/moodle/pluginfile.php/594389/mod_resource/content/0/Capitulo%201%20Libro%20guia%202014.pdf
- Díaz Gaxiola, J. M. (2011). *UNA REVISIÓN SOBRE LOS MANGLARES: CARACTERÍSTICAS, PROBLEMÁTICAS Y SU MARCO JURIDICO*. El Fuerte, México: Universidad Autónoma Indígena de México. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/461/46121063005.pdf>
- Domínguez-Domínguez, M. J.-C. (2011). *Manejo forestal sustentable de los manglares de Tabasco. Secretaría de Recursos Naturales y Protección ambiental*. Villahermosa, Tabasco, Mexico.: Colegio de Posgraduados. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n1/2395-8030-tl-34-01-00061.pdf>

- Donato, D. C. (2011). *Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics*. Nature Geosci. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n1/2395-8030-tl-34-01-00061.pdf>
- Edward A. Ellis, U. H.-M. (2016). *Los procesos y causas del cambio en la cobertura forestal de la Península Yucatán, México*. Obtenido de <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1280>
- Fernández L, J. R. (2009). Calidad de la vegetación ribereña del río Maullín. *Gayana Botánica*, 269-275. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v35n1/art01.pdf>
- Flores, C. R.-R. (2006). *Distribución y estructura de los bosques de galería* .
- Forestal, C. N. (2009.). *LA REFORESTACIÓN DE LOS MANGLARES EN LA COSTA*. Zapopan, Jalisco.
- García, M. d. (10 de Junio de 2013). *Manglares: humedales costeros que no hay que olvidar*. Obtenido de INECOL: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/417-manglares-humedales-costeros-que-no-hay-que-olvidar>
- Goodwin C, C. H. (1997). Aportes para el análisis de ecosistemas fluviales: una visión desde ambientes ribereño. *Revista Tumbaga*, 109.
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. Á., & López-Ríos, G. F. (2006). Ecología de las zonas ribereñas. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 12(1), 55-69.
- Granados D, M. H. (2006). *Ecología de las zonas ribereñas*. Valdivia, Chile: Facultad de Ciencias Forestales. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v35n1/art01.pdf>
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. Á., & López-Ríos, G. F. (2006). Ecología de las zonas ribereñas . *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* , 55-69.
- Geilfus, F., & Bailón., P. (1994). *El árbol al servicio del agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural*. Obtenido de file:///C:/Users/Asus/Downloads/Guia_arboles_catie2-1.pdf
- Hernández, A. C. (2018). *Reforestación Ribereña en el estero Tenechaco: Fracción puente Lirio*. Tuxpan Veracruz.
- Hernández, M. E. (2010). *Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano*. Instituto de Ecología A. C. Antigua Carretera a Coatepec No. 351, Congregación el Haya. 91070 Xalapa, Veracruz, México. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000200005
- INE, S. (2005). *EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LAS TASAS DE PÉRDIDA DE SUPERFICIE DE MANGLAR EN MEXICO*. Obtenido de https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2010/11/233_informe_manglar.pdf

- J. Boone Kauffman, D. C. (2013). *Protocolo para la medición, monitoreo reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares*. Merida, Yucatan . Obtenido de http://www.cifor.org/publications/pdf_files/WPapers/WP117Kauffman.pdf
- Juarez, U. A. (2016). *HOJAS TÉCNICAS DE DIVULGACION*. Calle Pronaf y Estocolmo Sin. Obtenido de <http://www3.uacj.mx/ICB/UEB/Documents/Hojas%20tecnicas/HOJA%20TECNICA%20HUMEDALES.pdf>
- Landgrave, R., y P. Moreno-Casasola 2012, Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. *Investigación Ambiental*, 4(1):19-35
- Lara-Domínguez, A. A.-A. (1998). *Valuación económica de los servicios de los ecosistemas: estudio de caso de los manglares en Campeche*. Mexico D.F.: Conabio, INE, Semarnat. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v20nspe/v20nspea3.pdf>
- Lemus, J. F. (2014). *Caracterización de la vegetación riparia del río chicozapote del municipio de cardenas Tabasco*. Obtenido de AMICA: <http://www.amica.com.mx/issn/Tabasco/AMI-194.pdf>
- León Jiménez, V. (2005). Elaboración de una base de datos de plantas utilizadas en la medicina tradicional de México.
- Margarita Caso, I. P. (2014). *DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL GOLFO DE MEXICO*. México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). Obtenido de http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/127/435_2004_Diag_ambiental_Golfo_Mexico.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Marquez, T. (2001). *perfil de la especie: Spartina alterniflora*. Global Invasive Species Database. Obtenido de <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=792> el 24-01-2020.
- Martínez-Meléndez, N., Martínez-Camilo, R., Pérez-Farrera, M. Á., & Martínez-Meléndez, J. (2011). Las epifitas de la reserva el Triunfo, Chiapas. *Colección Jaguar, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez*.
- Mejia, R. J. (2009). *El manglar, el ecosistema de vida*. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>
- Millenium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and water. Synthesis. UNEP-UN, E.U., 68 p. www.MAweb.org.
- Mitsch, W.J. y J.G. Gosselink. 2000. Wetlands. John Wiley & Sons Inc. Nueva York. 920 p.
- Monroy -Torres, M. F.-V.-d.-S. (2011). *Estimating global "Blue Carbon" emissions ecosystems*. PLoS ONE. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n1/2395-8030-tl-34-01-00061.pdf>

- Muñoz-Iniestra, D. J. (2008). *Cambio de uso del suelo y degradación ambiental*. Estado de México. México.: Instituto de Geografía UNAM. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000300008
- Pavon Lagos, L. A. (2014). *Competencia de Rhizophora spp., Avicennia germinans y Laguncularia racemosa en parcelas establecidas en el ecosistema de manglar en la Isla Santa Luica, Las Peñitas* (Doctoral dissertation).
- PNUMA. (2014). *Alerta de la rápida destrucción de los manglares*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Obtenido de <https://unfccc.int/es/news/la-onu-alerta-de-la-rapida-destruccion-de-los-manglares>
- Project, T. I. (2003). *Global Invasive Species Database*. Obtenido de <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=792> el
- REYES, J. A. (2017). *Humedales*. Xalapa, Veracruz: Instituto de Ecología, A.C. Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/9655/09HUMEDALESB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Robertson, A. y. (1995). Mangroves as filters of shrimp pond effluent: predictions and biogeochemical research needs. *Hydrobiologia*, 311-321. Obtenido de <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00029138>
- Romero Loyza, C. A. (2016). *Machala amenazada por la pérdida de sus manglares, causas, magnitud y medidas de recuperación*. Universidad de Guayaquil : Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/14850>
- RUIZ, M. I. (2016). *REFORESTACIÓN: SU IMPORTANCIA Y APLICACIÓN EN LAS INSTITUCIONES RURALES*. Obtenido de https://www.academia.edu/8075004/REFORESTACIÓN_SU_IMPORTANCIA_Y_APLICACIÓN_EN_LAS_INSTITUCIONES_RURALES_REFORESTACIÓN_SU_IMPORTANCIA_Y_APLICACIÓN_EN_LAS_INSTITUCIONES_RURALES_Autores_MARÍA_ISOLINA_MEDINA_URUEÑA
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016 de Noviembre de 2016). *Los manglares mexicanos*. Obtenido de Semarnat: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/manglares-mexicanos>
- Tovilla Hernández, C., & Orihuela Belmonte, D. E. (s.f.). *Supervivencia de Rhizophora mangle L. en el manglar de Barra de Tecoaapa*. Xalapa, México: Instituto de Ecología, A.C. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/617/61709805.pdf>
- Valderrama-Landeros L. H., Rodríguez-Zúñiga M.T., Troche-Souza C., Velázquez-Salazar, S., Villeda-Chávez, E., Alcántara-Maya, J.A., Vázquez-Balderas B., Cruz-López M. I., Ressler R., 2017. Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980–2015. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, 128 pp
- Valdés—Reyna, A. M.—O. (2011). *Note on the presence of Spartina alterniflora Loisel. (Poaceae: Chloridoideae: Cynodonteae) in Mexican wetlands*. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.: Universidad Autónoma de Tamaulipas, Instituto de Ecología Aplicada, División del Golfo.

- Villamontes, A. (2013). *Bosques de Galería*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/103/14/03%20REC%20119%20Cap2%20REVISION%20DE%20LITERATURA.pdf>
- Villeda, H. R. (2017). *Costos y beneficios por la restauración del manglar: estudio de caso en el Refugio de Vida*. Turrialba, Costa Rica . Obtenido de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8678/Costos_y_beneficios_por_la_restauracion.pdf
- Y., F. T. (2006). *IMPACTO AMBIENTAL POR LA ACTIVIDADES EXTRACTIVAS EN BOSQUES TROPICALES*. FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/3/XII/1026-B4.htm>
- Zomlefer, W. W. (2006). *Northernmost limit of Rhizophora mangle (red mangrove; Rhizophoraceae)*. County, Florida.