



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
División Académica de Ciencias Biológicas
"Estudio en la duda. Acción en la fe"



**"EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL SISTEMA
LAGUNAR CARMEN-PAJONAL-MACHONA,
CÁRDENAS, TABASCO"**

Trabajo recepcional, en la modalidad de:

Tesis Maestría

Para obtener el grado de:

Maestría en Ciencias Ambientales

Presenta:

Biol. Julio César Delgado González

Director:

Dr. Francisco Javier Félix Torres



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN**

Villahermosa, Tab., a 10 de Marzo de 2023

ASUNTO: Autorización de Modalidad de Titulación

**C. LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON
JEFE DEL DEPTO. DE CERTIFICACIÓN Y TITULACION
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
P R E S E N T E**

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado, informo a usted, que en base al reglamento de titulación vigente en esta Universidad, ésta Dirección a mi cargo, autoriza al **C. JULIO CESAR DELGADO GONZÁLEZ** egresado de la Maestría en **CIENCIAS AMBIENTALES** de la División Académica de **CIENCIAS BIOLÓGICAS** la opción de titularse bajo la modalidad de Tesis de Maestría denominado: **"EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL SISTEMA LAGUNAR CARMEN-PAJONAL-MACHONA, CÁRDENAS, TABASCO"**.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para saludarle afectuosamente.

A T E N T A M E N T E


**DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR DE LA DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**U.J.A.T.
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



C.c.p. - Expediente Alumno de la División Académica
C.c.p.- Interesado



UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN

MARZO 10 DE 2023

C. JULIO CESAR DELGADO GONZÁLEZ
PAS. DE LA MAESTRIA EN CIENCIAS AMBIENTALES
P R E S E N T E

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales titulado: **"EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL SISTEMA LAGUNAR CARMEN-PAJONAL-MACHONA, CÁRDENAS, TABASCO"**, asesorado por el Dr. Francisco Javier Félix Torres sobre el cual sustentará su Examen de Grado, cuyo jurado integrado por Dr. Arturo Garrido Mora, M.C.A. Yessenia Sánchez Alcudia, Dr. Francisco Javier Félix Torres, Dr. Rodimiro Ramos Reyes y Dr. Leonardo Cruz Rosado.

Por lo cual puede proceder a concluir con los trámites finales para fijar la fecha de examen.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE


DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR

C.c.p.- Expediente del Alumno.
C.c.p.- Archivo

U.J.A.T.
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



DIRECCIÓN

CARTA AUTORIZACIÓN

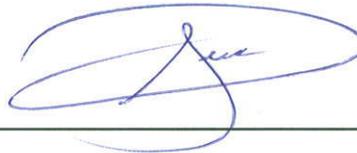
El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Maestría denominado: **“EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL SISTEMA LAGUNAR CARMEN-PAJONAL-MACHONA, CÁRDENAS, TABASCO”**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado; libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el día 10 de Marzo del dos mil veintitrés

AUTORIZO



JULIO CESAR ELGADO GONZÁLEZ



Villahermosa, Tabasco a 16 de febrero de 2023

C. JULIO CESAR DELGADO GONZALEZ
EST. DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES
PRESENTE

En cumplimiento de los lineamientos de la Universidad, y por instrucciones de la Dirección de Posgrado, se implementó la revisión de los documentos recepcionales (tesis), a través de la plataforma Turnitin iThenticate para evitar el plagio e incrementar la calidad en los procesos académicos y de investigación en esta División Académica. Esta revisión se realizó en correspondencia con el Código de Ética de la Universidad, el Reglamento General de Estudios de Posgrado, el Código Institucional de Ética para la Investigación y con los requerimientos para los posgrados en el SNP-CONACYT.

Por este conducto, hago de su conocimiento las observaciones y el reporte de originalidad de su documento de tesis. Con el objetivo de fortalecer y enriquecer el programa de posgrado, el responsable del programa realizó la revisión del documento en la plataforma iThenticate, obteniendo el reporte de originalidad, el índice de similitud y emitió las siguientes sugerencias y recomendaciones para dar seguimiento en el documento de tesis del proyecto de investigación: **"Evaluación y Diagnóstico Ambiental del Sistema Lagunar Carmen-Pajonal –Machona, Cárdenas, Tabasco"**.

OBSERVACIONES:

1. **El índice de similitud obtenido fue de 14%**, el cual se ubica dentro del estándar de tolerancia de acuerdo a las Políticas y Lineamientos para el uso y manejo del Software Antiplagio de la UJAT.
2. Aun que el índice de similitud obtenido indica coincidencias, éstas se refieren a frases en las secciones de antecedentes y área de estudio, principalmente. Lo anterior no demerita el documento de tesis, pero se recomienda revisar las oraciones identificadas



UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



División Académica
de Ciencias Biológicas.

Dirección.



con similitud y ajustarlas a una redacción propia del estudiante, e incluir las citas y referencias pertinentes. Es importante recordar que citar otros estudios implica de un análisis y síntesis de la información, que debe privilegiarse por encima del parafraseo y la cita textual.

3. **Se adjunta el informe de originalidad de la tesis** obtenido a través de la herramienta Turnitin iThenticate.
4. Finalmente, se le solicita a la C. Laura Alejandra Cigarroa Ruiz, integrar en la versión final de tesis, este oficio y el informe de originalidad con el porcentaje de similitud de Turnitin iThenticate.

Sin otro particular al cual referirme, aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"

U.J.A.T.
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR DACBIOL



DIRECCIÓN

C.C.P.

Dr. Francisco Javier Félix Torres. Director de Tesis.
ARCHIVO

KM. 0.5 CARR. VILLAHERMOSA-CÁRDENAS ENTRONQUE A BOSQUES DE SALOYA
Tel. (993) 358-1500 Ext. 6400 y 6401, e-mail: dirección.dacbiol@ujat.mx

Usar papel reciclado economiza energía, evita contaminación y despilfarro de agua ayuda a conservar los bosques

Evaluación y Diagnóstico Ambiental del Sistema Lagunar Carmen-Pajonal –Machona, Cárdenas, Tabasco

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	awsassets.panda.org Internet	287 palabras – 2%
2	municipiodecardenas.gob.mx Internet	212 palabras – 2%
3	studyres.es Internet	132 palabras – 1%
4	repositoriodspace.unipamplona.edu.co Internet	113 palabras – 1%
5	sinat.semarnat.gob.mx Internet	104 palabras – 1%
6	cibnor.repositorioinstitucional.mx Internet	89 palabras – 1%
7	pt.scribd.com Internet	80 palabras – 1%
8	legismex.mty.itesm.mx Internet	76 palabras – 1%
9	www.bioline.org.br Internet	68 palabras – 1%

DEDICATORIA

A dios, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar los obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida, por haberme guiado en todas mis metas y objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mí, madre María Agustina González T quien con su amor, paciencia y esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mi ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque con su apoyo y dios están conmigo siempre.

A mis hermanos, Domingo Delgado González, Jesús Manuel Gonzáles Torres por su cariño y apoyo incondicional, durante este proceso, por estar en todo momento de felicidad y por la confianza que siempre nos hemos tenido ¡Gracias!

A mi Abuela Paterna Carmen Méndez Santiago, por su gran amor que siempre me brindo con mucho cariño

A mis Abuelos Maternos. + Trinidad González Bautista, + Lourdes Torres Guzmán quienes me brindaron mucho amor y cariño.

A toda mi familia González por su apoyo incondicional

A toda la familia Delgado por su apoyo incondicional

Y a la nueva familia Pérez

AGRADECIMIENTO

La presente investigación fue realizada gracias a la colaboración de distintas personas quienes contribuyeron aportando de sus conocimientos en mi formación para mejorar este trabajo de tesis, al Laboratorio de Pesquerías de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Asimismo, agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo de la beca otorgada.

Al Dr. Francisco Javier Félix Torres, a quien le agradezco por ser mi director y asesor de tesis, y por darme la oportunidad de realizar esta investigación, gracias por compartir sus conocimientos invaluable para llevar a cabo esta investigación y por su amistad al confiar una vez más en mi persona.

Al Dr. Arturo Garrido Mora, por su confianza y por verme ayudado con mi investigación, por compartir sus conocimientos para la culminación de mi tesis.

Al biólogo Juan Rogelio Galván Utrera le agradezco su confianza que me ha brindado, y por compartir sus conocimientos y sus consejos que me ayudaron a culminar esta investigación

A los integrantes del jurado, por el tiempo, sugerencias y comentarios que me ayudaron para mejorar esta investigación:

Dr. Francisco Javier Félix Torres

Dr. Arturo Garrido Mora

Dr. Rodimiro Ramos Reyes

Dr. Leonardo Cruz Rosado

M. C. A. Yessenia Sánchez Alcudia

Agradezco a los excelentes profesores del programa de maestría que me orientaron para formar mi investigación, a mis compañeros del Laboratorio de Pesquerías por su amistad; Luis, Eider, Karla, Iracheta, Lupita Moisés, Aaron y A mis amigos, kuya, Gabriel, David,

CONTENIDO

I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- ANTECEDENTES.....	4
III.- OBJETIVOS	7
3.1 General	7
3.2. Específicos.....	7
IV.- JUSTIFICACIÓN.....	8
V.- ÁREA DE ESTUDIO.....	9
5.1 Descripción del Área de Estudio	9
5.1.1 Ubicación	9
5.1.2.- Descripción del Entorno Biológico	10
5.1.3.- Fauna acuática	11
5.1.4 Vegetación acuática y subacuática.....	12
5.1.5.- Usos de Suelo.....	16
5.1.6 Hidrología.....	16
5.2.4.- Sistema Lagunar Costero	18
5.1.7- Hidrología del Sistema Lagunar	19
VI METODOLOGÍA	21
VII BIBLIOGRAFIA	22
Evaluación y Diagnóstico Ambiental del Sistema Lagunar Carmen-Pajonal –Machona, Cárdenas, Tabasco.	26
Resumen.....	26
ABSTRACT	27
INTRODUCCIÓN	28
MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
Ubicación del área de estudio y estaciones de muestreo	29
Métodos Analíticos	33
Variables Físico-Químicas.....	33
RESULTADOS.....	41
DISCUSIÓN.....	47
CONCLUSIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA	52

I.- INTRODUCCIÓN

Otra característica de las lagunas costeras es que albergan grandes poblaciones humanas alrededor, que pueden depender directamente de estos ecosistemas (Willaert, 2014). En cuanto, estos se hallan entre los ecosistemas más amenazados del mundo. El mal uso de estos ecosistemas como la destrucción del hábitat, la contaminación, el bombeo de agua, el uso excesivo y las especies invasoras son las principales causas de su degradación (MA – Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Barbier, Acreman and Knowler, 1997).

Las lagunas costeras abarcan a lo largo del 13% en todas las costas de todos los continentes (Barnes, 1980). Ya que son importantes para muchos procesos biogeoquímicos (Sousa, Lilleb, Gooch, Soares y Alves, 2013) se conocen por su alta productividad que se lleva a cabo dentro del sistema lagunar costero. Las lagunas costeras son depresiones en la zona costeras que tienen una conexión permanente o efímera con el mar, estos cuerpos de aguas poco profundos, son hábitats para muchas especies, son importantes como manglares, humedales, praderas de pastos marinos y marismas (Basset, Elliott, West y Wilson, 2013). Este ecosistema se caracteriza por brindar un soporte para una rica biodiversidad, incluidos hábitats vitales para bivalvos, crustáceos, peces y aves. Tiene como función brindar una zona de nidación y refugio físico contra la depredación y se utilizan como áreas de cría y alimentación para algunas especies en peligro de extinción (Franco et al., 2006).

Las lagunas costeras y estuarios se caracterizan por tener un balance que existe entre los factores internos y externo, estos ecosistemas son de una alta productividad, de la cual influyen muchos factores que se ven modificados por los aportes fluviales y los intercambios mareales, que alterna su dominancia en función de las principales épocas climáticas que se presentan a lo largo del año (Gutiérrez et al., 2006) Además, son importantes tanto por su biodiversidad, como por las actividades socioeconómicas que sostienen.

Estos ecosistemas marinos se caracterizan por tratarse de una zona rica de nutrientes gracias a la mezcla de aguas marinas y dulceacuícolas, dando origen a sus propiedades fisicoquímicas es fundamental para la sistematización de su funcionamiento y las implicaciones de las actividades de la explotación pesquera y acuicultura. Asimismo, dar conocer cuáles son los estresores ambientales y los contaminantes orgánicos e inorgánicos que pueden estar prevaleciendo en estos ecosistemas, como consecuencia de las distintas actividades antropogénicas que se vienen realizando tanto en la cuenca alta, como en las zonas inmediatas de estos cuerpos lagunares.

Por las razones antes mencionadas, a finales de 2021 surgió la necesidad de realizar un estudio de la calidad del agua con el fin de realizar un diagnóstico preliminar de las condiciones en esta zona costera. Para ello, se llevó a cabo una campaña de evaluación de la calidad del agua mediante un programa de estaciones de muestreo independientes según el tipo de contaminantes o parámetros, que es la base para un diagnóstico integral del ecosistema del Carmen-Pajonal-Machona

Desde un punto de vista general. El objetivo de este estudio de investigación es desarrollar un diagnóstico actualizado de las condiciones de calidad del agua más importantes en el sistema lagunar costero Carmen-Pajonal-Machón, con base en los diversos aportes antrópicos que pueden provocar no solo la degradación ambiental física. -condiciones químicas del agua, pero también sistemas biológicos y de producción establecidos.

Para este estudio, se propusieron 5 criterios de evaluación ambiental diferentes, cada uno de los cuales representa un nivel de evaluación para los aspectos compartimentados y funcionales del ecosistema.

- 1) **Química del Agua:** Análisis de Parámetros Físico-Químicos como se puede definir la dinámica predominante de las lagunas costeras.
- 2) **Caracterización de Metales Pesados:** Cuanta contribución existe de metales como Pb, Cd, Ni, Hg, Cr y Zn, que puedan afectar la Calidad del Agua en el sistema lagunar.

3) **Evaluación de Residuos de Plaguicidas y Compuestos Orgánicos:** Cuales son las concentraciones predominantes en la Columna de agua de estos compuestos indicadores de las principales actividades antropogénicas realizadas en la Cuenca del Sistema Lagunar.

4) **Evaluación de Descargas Orgánicas:** Que concentración de Coliformes Fecales y Totales predominan en las aguas de las lagunas y cuáles son sus posibles fuentes de emisión.

5) **Caracterizar el estado trófico predominante:** Cuales son las condiciones de concentración de nutrientes y productividad primaria en las lagunas, que definan si se han alcanzado niveles de eutroficación Cuál sería el parámetro a controlar.

II.- ANTECEDENTES

Dentro de diversas actividades económicas que se desarrollan en las áreas costeras de México y dentro de ellas, la que tiene un peso mayor de afectaciones por las emisiones costeras en orden de importancia son las perturbaciones ambientales como es la agricultura, petrolera, seguida de las actividades pesqueras y portuarias, el turismo, la acuicultura, industrias diversas y el urbanismo, que contaminan y alteran los procesos ecológicos y biológico del ambiente costero (de la Lanza Espino et al, 2019).

Escobar (2002), citado por de la Lanza Espino et al (2019), nos menciona que los escurrimientos de agua son captados por las cuencas hidrológica se concentran y conecta en el litoral y con el interior de los países a través de un flujo continuo de materiales orgánicos e inorgánicos, como recursos vivos, nutrientes y contaminantes.

De acuerdo a los antecedentes se ha estimado que el flujo de contaminantes antropogénico y material producido por las actividades humanas han causado una afectación a más de la mitad de las franjas costeras mundiales, esto llegando a un grado de riesgo entre moderado y alto. Por lo cual a cerca del 90 % de la contaminación es producida al interior de las ciudades que es transportada por los ríos al mar. En las cuencas, la intensificación del uso agrícola del suelo, la ampliación de las fronteras agrícola y urbana y la consiguiente deforestación producen un cambio importantes cargas de nutrientes y sedimentos en las aguas costeras, que cuando exceden a la capacidad de carga de los ecosistemas se presentan los verdaderos problemas ambientales.

García Govea et al (2011) analizaron el estado del sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona en dos etapas. El primer estudio los cambios realizados por la apertura de la Boca de Panteones entre 1975 y 2011, y el segundo un estudio de los cambios ocasionado por el cambio climático a finales del siglo XXI. Se indica que, en primer lugar, sus resultados permiten ver los efectos significativos en el sistema lagunar, ya que disminuye el aporte fluvial al sistema y aumenta el aporte marino debido al comportamiento hidrodinámico basado en los cambios de marea; en segundo lugar,

a medida que aumentan la velocidad y la frecuencia del agua Bocas, aumenta el riesgo de inestabilidad del banco debido al aumento del transporte de sedimentos.

Se indica que la franja que divide el sistema lagunar del Golfo de México tiene serios problemas de erosión marina; La erosión parece haber causado estragos en las diversas poblaciones de la región y destruido una parte de la carretera que conecta a Villa Sánchez Magallanes con el municipio de Paraíso.

Gómez-Angulo (1978), explico la conducta de la distribución de salinidad anual del SLCPM, y cómo se ve influenciada por el aporte del río, a partir de 27 muestreos tomados cada 15 días. Desde el 21 de junio de 1973 hasta el 20 de junio de 1974, se encontró una disminución completa de la salinidad en noviembre (valores de 1,0 ‰ a 29,0 ‰ encontrados solo en la boca, su frente de salinidad a unos 200 m de la boca detectado con marea). junio de 1974, cuando los valores de salinidad superficial oscilaron entre un mínimo de 17,0‰ y un máximo de 20,0‰ en La Machona; un mínimo de 25.0‰ y un máximo de 34.0‰ en El Carmen.

Granados et al. (1987) hicieron un estudio bioecológico y el potencial pesquero de SLCPM; informó que se esperaba que los niveles de salinidad fueran suficientes para activar la producción de ostras en 1976 y 1977, lo que indica que la salinidad debe favorecer las inundaciones del monzón para lograr efectos de salinidad de bajos a moderados durante todo el año. Vuelve a ascender en primavera y verano, alcanzando condiciones casi oceánicas, pero en estos años el aporte de agua dulce es insuficiente para reducir la alta salinidad y así proteger el ambiente polihalino.

Granados et al. (1987) menciona que en los meses de menor salinidad en la laguna El Carmen fueron de noviembre a marzo donde se tuvo un valor de hasta el 30 ‰ y en cuantos a los meses de mayo, junio y julio aumentó a más del 30 ‰. En La Machón el comportamiento es similar, pero nunca llega a 30‰, sino que asume valores entre 1 y 3‰, que no se presentan en El Carmen. En 1979, luego de la apertura, el comportamiento cambió significativamente, se encontró salinidad de hasta 35‰ en El Carmen, pero en La Machona ya no se registraron valores bajos de salinidad, sino de 30‰. Asimismo, en el mencionado estudio bioecológico realizado entre septiembre de 1986 y agosto de 1987 reportaron salinidades

promedio de 27.7‰ en Laguna El Carmen, 30.6‰ en Laguna El Pajonal y 30.7‰ en Laguna La Machona, al mismo tiempo en todo el SLCPM. se considera un sistema polihalino.

En Tabasco el Sistema Lagunar Carmen Pajonal Machona (SLCPM) es el ecosistema Estuarino más grande de Tabasco; ha sido sobreexplotado durante décadas debido a su rica biodiversidad y recursos pesqueros, brindando apoyo económico y nutricional a las comunidades aledañas, principalmente en Villa y Puerto de Sánchez Magallanes, es muy importante, pero el ecosistema ha sido afectado por la presión humana. , lo que provoca los procesos nocivos antes mencionados, especialmente el crecimiento de asentamientos y la consecuente emisión de aguas residuales domésticas y sustancias derivadas. Comercialización de sistemas lagunares y productos pesqueros marinos; entre estos procesos desfavorables se menciona especialmente la boca artificial de la Laguna La Machona, conocida como Boca de Panteones en 1975 para aumentar la salinidad para evitar la muerte de las ostras, originalmente estaba destinada a un canal de 50 metros de ancho debido al insuficiente control de las obras y las condiciones hidrometeorológicas, alcanzó un ancho de más de 1 km (Granados et al., 1987), provocando no solo la salinización del sistema lagunar, sino también de los terrenos aledaños al sur de la laguna La Machona, que son utilizados principalmente para las actividades propias de las fincas afectadas, con los consiguientes impactos ecológicos, económicos y sociales.

A continuación, se presentan los resultados de las investigaciones realizadas en el SLCPM sobre la calidad del agua y el grado de contaminación por metales pesados, hidrocarburos y plaguicidas, destacando la calidad bacteriológica del cuerpo lagunar, factor fundamental para la comercialización de uno de sus principales productos. Que es el ostión americano *Crassostrea virginica*, que actualmente está en sobreexplotación de 9 cooperativas que unen a 1.069 socios y que es la fuente de sustento de aproximadamente 4.276 familias de dicha villa.

III.- OBJETIVOS

3.1 General

- Caracterizar la Calidad del Agua del Sistema Lagunar Carmen-Pajonal-Machona mediante parámetros indicadores de la calidad del Agua; nivel de Eutroficación; así como la Caracterización en Columna de Agua de Contaminantes Orgánicos (Plaguicidas e Hidrocarburos); Inorgánicos (Metales Pesados) y Calidad Bacteriológica del Sistema Lagunar.

3.2. Específicos

- Determinar parámetros Físicos y químicos de calidad del agua:
- Caracterizar la zonificación de las lagunas con base en las condiciones de calidad del agua definiendo el nivel trófico de cada cuerpo de agua.
- Determinar la Concentración en Columna de Agua de Residuos de Plaguicidas y Compuestos Orgánicos.
- Determinar la Concentración en Columna de Agua de Contaminantes Inorgánicos (Metales Pesados).
- Determinar Concentración en Columna de Agua de Coliformes Fecales y Totales.

IV.- JUSTIFICACIÓN

La contaminación de los sistemas lagunares costeros en México están alteradamente contaminados por las actividades humanas, ya que ha sido de gran interés científico, por su importancia ecológica (biodiversidad, alta productividad biológica), económica sustenta las pesquerías más importantes de México, el asentamiento comunidades costeras. lagunas costeras resultan ser ecosistemas importantes para todos los sectores: pesca ribereña, pesca industrial, turismo, acuacultura y conservación.

El Agua, sedimentos y organismos son indicadores de la condición ambiental de estos ecosistemas costeros; sin embargo, a la fecha se carece de estudios que los integren a procesos donde eutrofización y contaminación por coliforme fecales, metales pesados, hidrocarburo y pesticidas. En consecuencia, las decisiones en materia de gestión ambiental, pueden tener mayor consistencia esté asociada con el nivel de eutrofización de las lagunas debe ser considerada.

El presente estudio que se llevó a cabo en el sistema lagunar costero Carmen-pajonal- machona fue con una razón importante para conocer las concentraciones de los metales pesados, coliforme fecales, hidrocarburo y pesticidas en muestras ambientales es proveer de una referencia verdadera que estime la dimensión de la contaminación. Por eso es importante este estudio para saber el estado actual del sistema lagunar ya que se encuentra el organismo *Crassostrea virginica* es una especie clave y ha sido el foco de los esfuerzos de conservación y restauración porque las poblaciones de ostras han disminuido en todo el mundo, y también lo han hecho los servicios ecosistémicos que brindan, incluida la mejora de la calidad del agua costera a través de la filtración y la creación de arrecifes complejos que representan hábitats clave para numerosos peces, invertebrados y especies de aves.

Por lo cual es importante cuidar los ecosistemas costeros en México, por contar con la existencia de ambientes costeros ideales para el cultivo de ostión y por su ubicación geográfica, posee una ventaja competitiva para acceder a dicho mercado.

V.- ÁREA DE ESTUDIO

5.1 Descripción del Área de Estudio

5.1.1 Ubicación

El sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona se encuentra en una llanura formada por el delta de los ríos Mezcalapa (Grijalva) y Usumacinta, los cuales forman la Región Hidrológica 30 de la CONAGUA. presenta una topografía plana con áreas de depresión, cuya altitud varía de 2 a 17 metros sobre el nivel del mar. Se presenta una topografía plana con áreas de depresión, cuya altitud varía de 2 a 17 metros sobre el nivel del mar. La humedad es una constante durante la mayor parte del año, producto del manto freático que varía entre los cincuenta centímetros y los cuatro metros de profundidad.

Se encuentra en el flanco noroeste del delta del río Mezcalapa y están unidas por la laguna Pajonal. Este ecosistema costero son el remanente de un cuerpo lagunar más amplio, paralelo a la actual línea de costa, del que formaron parte las lagunas La Redonda y La Palma. Las lagunas están aisladas del Golfo de México por una barrera litoral angosta formada por antiguas líneas de playa, y por dunas activas o estabilizadas. La comunicación con el Golfo se realiza por medio de dos bocas: la primera está situada al noroeste de la laguna El Carmen, es natural y está sometida a intensa sedimentación; la segunda se encuentra al noreste de la laguna La Machona, es artificial y está expuesta a la erosión marina.

La barrera litoral que separa a las lagunas El Carmen, Pajonal y La Machona del Golfo de México tiene una longitud de 35 kilómetros; mide de 600 metros de ancho, con una elevación de entre uno y seis metros sobre el nivel del mar. Hacia sotavento de la barrera (en la margen noroeste del sitio) se tienen extensos pantanos de manglar que tienden a segmentar las lagunas.

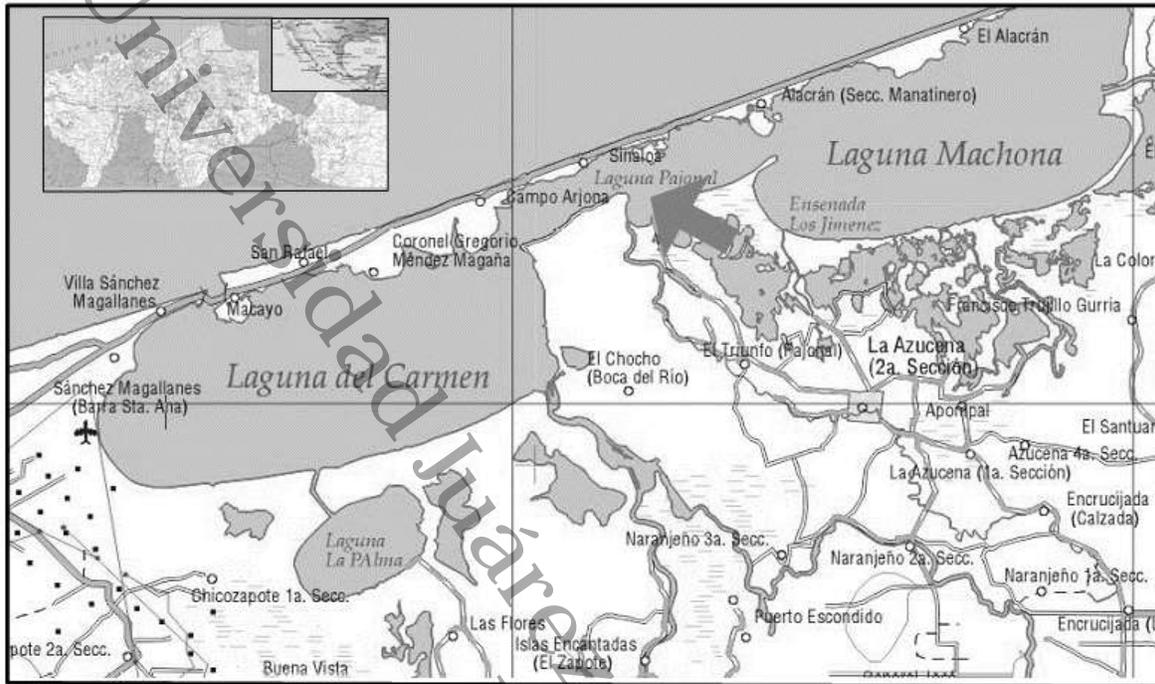


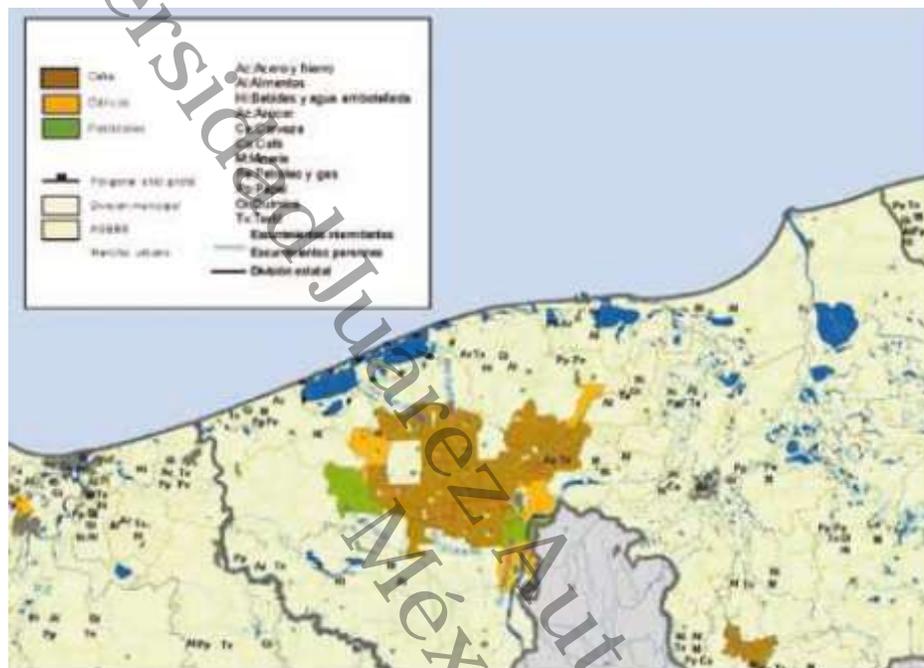
Imagen 1. Sistema Lagunar Carmen-Pajonal-Machona

5.1.2.- Descripción del Entorno Biológico

Las actividades productivas más importantes de la zona son la extracción de petróleo, agricultura, forestal, ganadería, pesca y turismo. El aumento de empleos en los años 1999 a 2004, fue alta: 3,7%. Esta zona se encuentra en pleno desarrollo en ampliar la producción agrícola y pesquera de manera integral, La producción aumentó un 21% durante el mismo período. En cuanto al personal de personal involucradas en estas actividades tuvo un aumentó de 10%.

En cuanto al suelo del municipio se caracteriza por ser extremadamente fértil, para la agricultura. Su alto nivel nutricional lo sitúa entre las mejores tierras que podría ser utilizado para esta actividad. En el municipio Cárdenas produce plátanos, cacao, mango, coco, cítricos, pimienta y caña de azúcar. También se cultiva arroz con altos rendimientos a pesar de las bajas precipitaciones en los primeros meses del año, como consecuencia humedad insuficiente. Hace algún tiempo, el cultivo del cacao floreció en todas partes este sitio ahora rara vez se cultiva. La producción de este fruto existe una planta que fabrica derivados de este fruto procedente en Cárdenas y en otros municipios vecinos. Las actividades de cría de animales también son importantes porque la fertilidad del suelo es buena para el pastoreo. pesca intensiva,

organizada en cooperativas, permisionarios y pescadores autónomos. Las especies más importantes utilizadas son ostras, cangrejos, camarones, moluscos, algas y todo tipo de pescado.



Imagen

2. Principales actividades productivas de la zona de estudio.

5.1.3.- Fauna acuática

Moluscos. - Antoliff y García (1985), observaron la fauna malacológica del sistema lagunar, donde recolectaron 2 clases, 5 subclases, 11 órdenes, 34 superfamilias, 48 familias, 72 géneros y 94 especies, de las cuales el 48,3% son gasterópodos y el 44,1% bivalvos. El 40,9% eran filtradores y el 29,4% eran carnívoras- carroñera. También estimaron la diversidad por lo cual obtuvieron un valor promedio de 0.91 para bivalvos, 1.16 para gasterópodos y 1.92 para la población total de molusco. Debido a su relativa abundancia y distribución generalizada, las especies creen que el área se caracteriza por: *Actenocina canaliculata*, *Rangia cuneata*, *Spectoridin Secondostoma*, *Cerithidea pliculosa*, *River Flexal* y *Mulina Latoldis*. Granados (1994) identificó 81 especies de moluscos en sistemas lagunares, de los cuales 45 eran bivalvos y 36 moluscos. Pablo (2004) realizó un censo de caracoles en el sistema lagunar y encontró 14 familias, 16 géneros y 23 especies, siendo las más representativas: *Columbellidae* y *Pyramidellidae* con 3 especies cada una y

Buccinidae, *Cerithiidae*, *Neritidae*, *Nassaridae* y *Olividae*. Cada uno tiene dos especies.

Crustáceos. - Según Urbina (1996), la fauna carcinológica del sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona se compone de 15 familias, 21 géneros y 27 especies; La familia más abundante es Xanthidae con 7 especies, Palaemonidae, Penaeidae y Portunidae, con 3 especies. En las dos últimas especies de importancia comercial como son: *Farfantepenaeus aztecus*, *Penaeus duorarum* y *Litopenaeus setiferus*, *Callinectes sapidus*, *C. rathbunae* y *C. similis*

pez. - Ramos (2006), menciona que la comunidad de peces en el sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machón está compuesta por 85 especies pertenecientes a 71 géneros en 41 familias. Las familias con mayor abundancia son Carangidae y Scianidae, con 8 especies cada uno, Gobiidae (7), Gerridae (6) y Lutjanidae (4). Las especies comercialmente importantes son: bagre bandera (*Bagre marinus*), bagre (*Arius felis*), chucumite (*Centropomus parallelus*), robalo blanco (*C. undecimalis*), robalo prieto (*C. poeyi*), mojarra castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*), pargo prieto (*Lutjanus griseus*), villajaiba (*Lutjanus synagris*), lisa (*Mugil cephalus*), lebrancha (*M. curema*), ronco (*Bairdiella ronchus*), sargo (*Archosargus probatocephalus*), cintilla (*Trichurus lepturus*), trucha pinta (*Cynoscion nebulosus*), trucha blanca (*Cynoscion arenarius*), mojarra rayada (*Eugerres plumieri*).

5.1.4 Vegetación acuática y subacuática

Para la riqueza de la flora de México se debe a sus condiciones geográficas y climáticas. Se establecieron dos reinos florístico: Holártico conformado por dos regiones: Pacífico Norteamericano y Centroamérica montañosa, y el Neotropical, también dos regiones conocidas como la Xerofítica mexicana y el Caribe, que a su vez se dividía en provincias (Rzedowski, 2006). Tabasco pertenece al Reino Neotropical, provincias del Caribe y Costa del Golfo, que se extienden en una franja continua a lo largo de la parte baja de los estados de Veracruz y Tabasco, ocupando casi la totalidad del territorio no cubierto incluyendo Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Chiapas y algunas partes adyacentes de Campeche.

A continuación, se presentan descripciones de la flora terrestre circundante, así como de la flora acuática y submarina, proporcionadas por varios autores. Alrededor del sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona, estado de Tabasco, existen diferentes tipos de vegetación como: manglar, selva baja, palmares sumergibles, achual, matorral vulnerable sumergible, espinoso de inundable, popal y tular. (Magaña, 2010; Bueno et al., 2007 un García et al., 2006).

Manglares. - Los manglares son halófilos y pueden adaptarse a suelos que se sumergen periódicamente en agua (Magaña, 2010). Se les ve comúnmente en los bordes de los estuarios y lagunas costeras; brindan beneficios ambientales al bloquear la erosión eólica y de las mareas, actuar como biofiltros, retener y eliminar algunos contaminantes y abastecer cuerpos de agua, pero sus funciones importantes son la protección y los criaderos de especies comerciales como los (bagre, lisa, mojarra, pargos, y robalo entre otras), camarones, cangrejos, langostinos y moluscos (CONABIO, 2009). Las especies de manglares en el sistema de lagunas incluyen: Manglares (*Rhizophora mangle*), blanco (*Laguncularia racemosa*), prieto (*Avicennia germinans*) y botoncillo (*Conocarpus erectus*). Los Manglares del sistema lagunar, en localidades particulares y puntos de referencia: "Laguna Machona", localidad "El Alacrán", "Barra de Tupilco" y el campo "El Golpe" pertenecientes a los municipios de Cárdenas, Comalcalco y Paraíso, Tabasco, clasificados por CONABIO como "sitios de manglares biológicamente importantes que necesitan restauración ecológica" (identificador GM43).

Selva bajo inundable. – selva baja sumergido submarino o apompa es el conjunto florísticamente más diverso de plantas con una altura promedio menor o igual a 15 m, la especie dominante en esta comunidad es el apompa o zapote de agua (*Pachira aquatica*), también se encuentran: *Pithecellobium lanceolatum*, *Alibertia edulis*, *Lonchocarpus guatemalensis*, *Hamelia patens*, *Andira inermis*, *Ficus padifolia*, *Randia aculeata*, anonillo (*Annona glabra*) y estribo (*Dalbergia brownei*); cuenta con helechos como guanillo (*Blechnum serrulatum*) y *Thelypteris interrupta*, pasto pelillo (*Leersia hexandra*), *Begonia fischeri*, *Scleroa microcarpa* y *S.*

macrophylla. Hay gran diversidad de *orquídeas*, *bromelias* y *aráceas* (García et al., 2006).

Palmar inundable. - Otra flora típica de la zona es el palmeral inundable, donde se puede observar una gran variedad de palmeras, las cuales pueden adaptarse a inundaciones a corto plazo y a largo plazo, pero solo unas pocas especies forman parches puros de varios tamaños. Las palmeras, que son comunes durante las inundaciones prolongadas, son *tasiste* (*Acoelorrhaphe wrightii*) que llega a medir de 3 a 4 m de altura, también comparte lugar con *Acrostichum aureum*, en los lugares más abierto con el tule (*Thypha latifolia*), pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) y pelillo (*Cuscuta sp*) (Bueno, et al., 2007, y García, et al., 2006).

Acahual. Es una vegetación secundaria proveniente de selva de bajas que son talados y/o quemados para crear pastizales artificiales donde ocurren procesos de regeneración natural (García et al., 2006). Esta flora está formada por árboles y de crecimiento muy rápido, y destaca la presencia de numerosos arbustos y enredaderas. Algunas de las especies destacadas son el tatúan (*Colubrina ferruginea*), guarumo (*Creecropia obtusifolia*), jolotzin (*Heliocarpus donell-smithii*), cesniche (*Lippia myriocephala*), jahuacte (*Bactris baculifera*), platanillo (*Heliconia latisphata*), majagua (*Hampea macrocarpa*), y *Pipes subcitrifolium*; si no hay alteraciones significativas, se desarrollan especies de mayor tamaño como *Inga vera*, *Cordia Alliodora*, *Terminalia amazonia* y *Miconia sp.*, (Magaña, 2010 y García et al., 2006).

Matorral inerme inundable. Un matorral de llanura aluvial es una comunidad de arbustos generalmente dominada por una sola especie. En Tabasco se han encontrado al menos tres comunidades diferentes, la primera de las cuales se conoce localmente como julubal por el predominio de la especie julubo. (*Bravaisia berlanderiana*). Por lo siguiente estos matorrales no poseen espinas y se le encuentran cerca de las comunidades hidrofitas también se puede observar en las partes de atrás de los manglares tiene un promedio de altura entre 2 a 3 metros, en las partes bajas se encuentra ampliamente el mucal con gran diversidad de especie del género *Dalbergia*, es común encontrarla en las orillas de los rio, lagunas de agua

dulce, arroyos y en la parte trasera de los manglares y su altura promedio entre los 2 a 5 metros y el tercero encontramos al guayabillo (*Cephalanthus occidentalis*) se conoce por formar un extensos machones se puede observar a las orillas de la laguna agua dulce en relación con las comunidades de hidrofitas y presentan una altura no mayor a los 4 metros (Novelo y Ramos, 2007).

Matorral espinoso inundable. – esta comunidad está formada por especies que presentan espinas como lo es la leguminosa conocida localmente como zarza (*Mimosa pigra*), se observa en las orillas de los humedales dulceacuícolas su altura promedio entre los 3 metros también se encuentra con otras comunidades vegetales como son las especies *Solanum houstonii*, *Machaerium falciforme* y *P. lanceolatum*, comparte lugar con *F. padifolia*, *Coccoloba barbadensis* y guaramo (*Cecropia obtusifolia*) según Bueno, et al. (2007) y García et al. (2006).

Vegetación hidrófila. – la vegetación hidrófila se caracteriza por ser plantas acuáticas flotante que se encuentran en la superficie del agua con sus raíces en el fondo o no, de estas plantas las más comunes son lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), lenteja de agua (*Lemna gibba*), pan caliente (*Nymphaea ampla*) y platillo acuático (*Nymphoides indica*); también hay diferentes tipos de helechos flotante o pegado al sustrato tales como es la oreja de ratón (*Salvinia auriculata* y *S. minima*), (García, et al., 2006, y Magaña, 2010).

Popal. – el popal es un ecosistema de vegetación hidrófila se encuentran en zonas inundadas todo el año son de gran importancia ecológica por ser hábitat natural de muchas especies acuáticas como son los peces, crustáceos reptiles y aves migratorias, la especie más dominante es el popal o hojillal (*Thalia geniculata*) llegan a una altura de 1 a 2.5 metros su característica más frecuente es que posee hojas grandes color verde claro y se encuentra relacionada con esta otra planta el molinillo (*Cyperus giganteus*). Cuando está totalmente inundado cambia su composición florística y también se puede encontrar otras especies de mayor tamaño como la cola de pato (*Sagittaria latifolia*), navajuela (*Cyperus ferax*), arrocillo (*Echinochloa polystachya*), y el helecho (*Thelypteris interrupta*), según Magaña (2010).

Tular.—es una comunidad de vegetal de hidrófila se encuentra en la zona pantanosa la especie más abundante de dicha zona es el espadaño (*Typha latifolia*) su altura promedio al redor de 2.5 metros su característica son hojas angostas y alargada. Se le relaciona con otras plantas acuáticas más pequeñas como lo es *Lemna*, *Azolla* y *Salvinia*, ya que pueden brindar zona de refugio muchas especies de aves, reptiles y mamíferos ya que es una zona menos inundable con relación al popal zarza (*Mimosa pigra*), es importante económicamente por los pobladores ya que tiene una utilidad de artesanías como el petate, tejidos, juguetes y entre otras actividades (Magaña, 2010).

5.1.5.- Usos de Suelo

Uso de Suelo	Superficie (ha)
Agricultura de temporal	5 551.57
Asentamiento humano	105.28
Pastizal cultivado	12 860.16

Tabla 1. El uso de suelo en el sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona está dominado por vegetación ribereña y costera, formada por manglar, mucal, popal-tular y tasistal.

Para el uso del suelo en el sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona la vegetación abarca gran parte de la ribereña y costera, con qué forma un gran ecosistema como es el manglar, popal, tular, tasistal y mucal. Donde también sobre salen los agroecosistemas como son los cocotales, platanales, cacaotales, pimientales huerto familiar y potreros. Ya que la transformación vegetal que se presenta en la zona oriente de este sitio que entre los años 1976 a 2000 pasaron de ser vegetación hidrófila (popal, manglar, tular, palmar) a hacer pastizales inducidos y a si el mismo proceso se presenta al sur de la laguna La Machona.

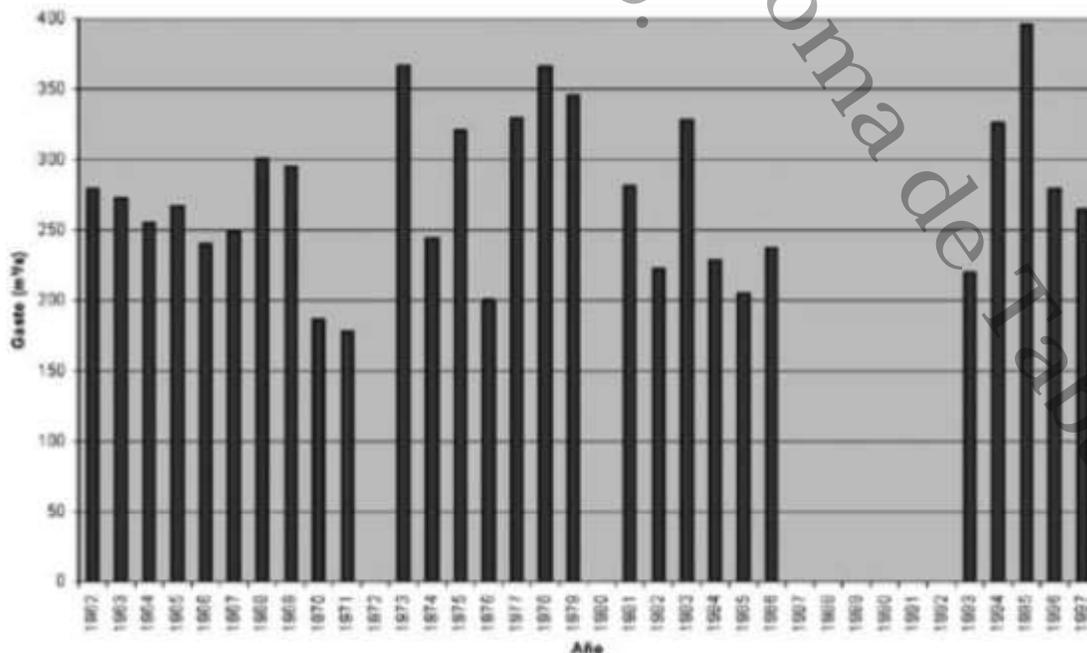
5.1.6 Hidrología

La zona Hidrográfica 30, Grijalva-Usumacinta, está asentada en la región Administrativa Frontera Sur CONAGUA recolecta escorrentía los bosques tropicales de los estados de Tabasco y Chiapas, aunque su inicio está en territorio de Guatemala. Tiene una extensión territorial de 102.465 km² y se encuentra en una

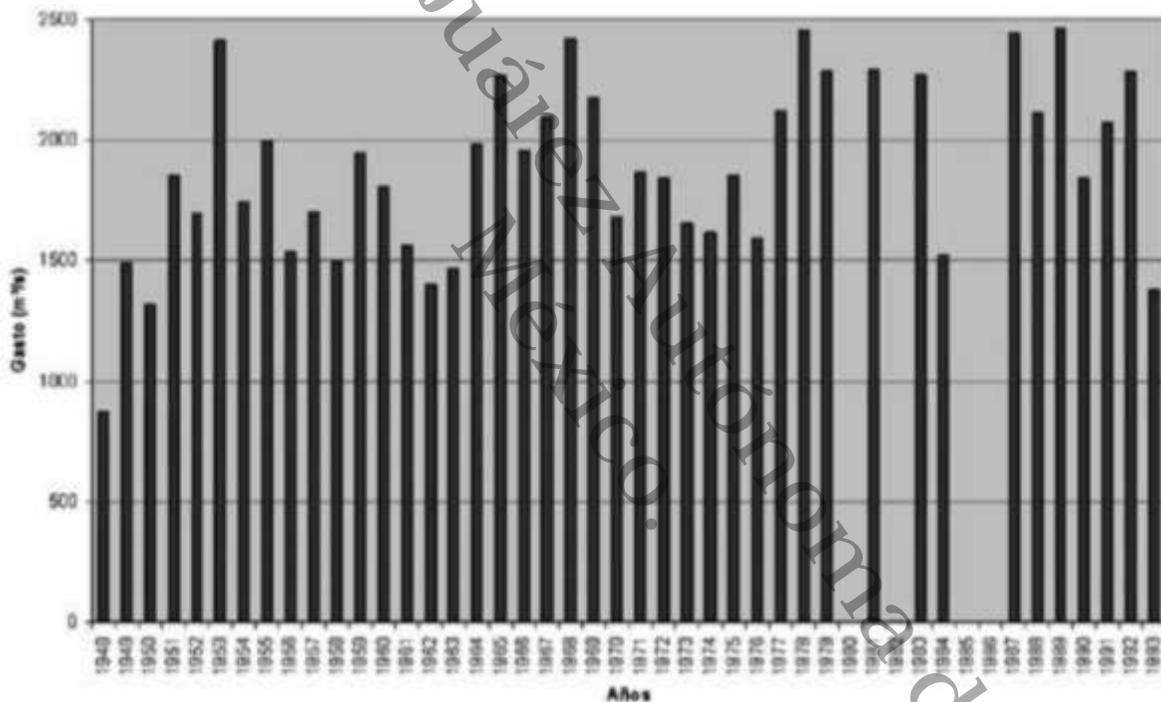
de las regiones con mayor precipitación pluvial del país, el promedio anual 1 903 mm. Esto da como resultado una esorrentía media de 73.647 hm³. En interior llanura de los ríos Grijalva y Usumacinta con inclinación al Golfo de México un volumen de agua que equivale a la tercera parte de los escurrimientos del país.

El río Grijalva se origina de muchos arroyos y ríos que nacen de las montañas Cuchumatanes en Guatemala y es llamado así por Grijalva la influencia de los ríos San Gregorio y San Miguel, por el valle de Chiapas llamado así por el río Grijalva o Río Grande en Chiapas. esa es agua Almacenado y regulado en la Presa Nezahualcóyotl construido en la parte baja de la confluencia del río la Venta. El río Grijalva cambió su curso es de noroeste a norte hasta entrar en la planicie costera. del golfo de México pasó a llamarse río Mezcalapa. se divide en dos partes Evento: La primera ruptura en Samaria, donde Su curso fue hacia el este y al separarse formó el río carrizal Viejo Mezcalapa en las orillas izquierda y derecha. Después recibe en su margen derecha los aportes de Pichucalco y del río de la sierra. Aguas debajo de la confluencia de estos ríos está localizada la estación hidrométrica Gaviotas II

Gráfica 1.- Gasto medio anual en la estación hidrométrica Las Gaviotas II, ubicada sobre el río Grijalva. Región Hidrológica 30 y Región Administrativa XI de la CONAGUA.



El río Usumacinta es uno de los cursos de agua más importantes de México; está formado de la influencia de los ríos La Pasión y Chixoy o Salinas, estos con orines del territorio guatemalteco. Por la margen izquierda, el río Lacantún y tiene su travesía por Boca del Cerro antes de recibir el caudal del río San Pedro. Y Cruza el estado de Tabasco, después se divide en tres partes antes de llegar al Golfo de México. El Brazo Occidental se une con el Grijalva; y el brazo central tiene como nombre San Pedro y el San Pablo, que desemboca directamente en el Golfo de México; y el brazo oriental recibe el nombre Palizada, y desemboca en la Laguna de Términos a través de un estero llamada chica.



Gráfica 2.- Gasto medio anual en la estación hidrométrica Boca del Cerro, ubicada sobre el río Usumacinta. Región Hidrológica 30 y Región Administrativa XI de la CONAGUA.

5.2.4.- Sistema Lagunar Costero

Son ecosistemas lagunares someras de poca profundidad, media, nivel de agua de referencia Medio de mar a 0,90 m, con una altura máxima de 10,0 m en la desembocadura del Panteón. El fondo de la laguna es esencialmente plano y tiene las siguientes características de rasgo geográficos únicos: canales de marea naturales no desarrollados y en la desembocadura de la laguna, abundantes bancos de ostión y canal Construido por el hombre, excavado desde ladesembocadura de

Santa Ana hasta la desembocadura de la redonda, uno los ríos San Felipe y Santa Ana



Imagen 3. De satélite de la zona, con la delimitación del sitio piloto.

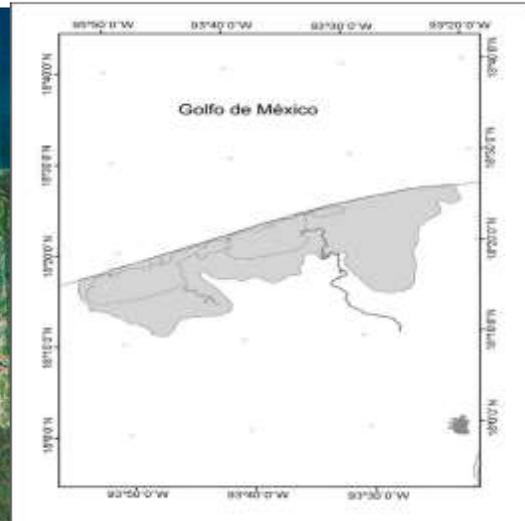


Imagen 4. Representación esquemática de las características del área de estudio.

5.1.7- Hidrología del Sistema Lagunar

El ecosistema lagunar Carmen-Pajonal-Machón en Tabasco forma parte del Área Hidrográfica 29, subcuenca A, Río Tonal y lagunas Carmen y Machona. El área abarca 834.082,73 hectáreas y su cauce principal proviene de las sierras Madre de Chiapas a una altura de 1000 metros; en la mayor parte de su recorrido sirve de línea divisoria entre los estados de Veracruz y Tabasco. Su curso es generalmente del noroeste, al igual que los afluentes, y la mayor parte de su extensión es navegable en la estación seca.

Este es un complejo estuarino-lagunero está ubicado en el extremo oeste de la planicie costera de Tabasco (Gutiérrez y Galaviz, 1983), entre los paralelos 18°14' y 18°18' N y los meridianos 93°45' y 93°53'. O entre; se compone de dos cuerpos de agua principales en forma de laguna: El Carmen y La Machona, que están conectadas por una tercera laguna denominada Pajonal, y dos lagunas menores como La Palma y La Redonda, la primera de las cuales es producto de la laguna. inundación y otra similar Carmen y La Machona (UAM-1, 2010). El sistema lagunar tiene una longitud máxima de unos 37 kilómetros de oeste a este, y está separado

del Golfo de México por una barra de arena de 100 a 300 metros de ancho y de 6 a 8 metros. Los principales cuerpos de agua cubren 186 kilómetros cuadrados, siendo el mayor de ellos la Laguna del Carmen (91 kilómetros cuadrados), seguido de La Machona con 85 kilómetros cuadrados y Pajonal con 10 kilómetros cuadrados.

El sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona en Tabasco tiene dos accesos al Golfo de México, el primero es a través de la “Boca Panteones” artificial ubicada al noreste de la Laguna Machona, el segundo es natural y se denomina “Boca Panteones” de Santana., ubicado en la parte noroeste de la Laguna del Carmen. Estas lagunas son poco profundas, con fondos de laguna planos, abundantes criaderos de ostrícolas y canales artificiales que están muy sedimentados. La profundidad media es de 0,90 metros, con un máximo de 10,0 metros en la boca del Panteón y de 1,5 metros en los canales artificiales. Los canales de marea naturales se limitan a la desembocadura de la laguna y no están bien desarrollados (Gutiérrez y Galaviz, 1983). La comunicación con el mar representa la mayor parte del agua que ingresa al sistema lagunar (Bello et al., 2009). El aporte de agua dulce a la laguna está determinado principalmente por la época de lluvias y el caudal de los ríos San Felipe y Santa Ana. El Carmen recibe aportes de los ríos San Felipe y Narangillo en su extremo suroeste; mientras que La Machona depende del río Santa Ana, que desemboca en la parte sureste de la laguna (Gutiérrez y Galaviz, 1983). Estos arroyos son muy cortos y transportan lluvia (Bello et al., 2009).

VI METODOLOGÍA

El sistema lagunar Carmen-Pajonal- Machona se encuentra situado en el extremo oeste de la llanura costera de Tabasco; la laguna El Carmen y Machona están consideradas entre las más importantes lagunas albuferas de la región, por lo que se realizaron diversos estudios en diferentes periodos, para conocer el estado actual de la calidad del agua y de niveles de contaminantes en dicho sistema lagunar.

Los muestreos se llevaron a cabo en diferentes fechas: el 13 y 14 de diciembre de 2020 se muestreo para analizar HFP y metales pesados en columna de agua, considerando los criterios de la NMX-AA-014-1980 Cuerpos Receptores; el 21 de diciembre del 2020 fue para determinación de su peligrosidad según la NOM 052 SEMARNAT 2005 (incluye metales, compuestos orgánicos semivolátiles, plaguicidas organoclorados, y herbicidas fenoxi) y el 07 de enero de 2021 se tomaron muestras para cuantificar bacterias coliformes totales y fecales, conforme los criterios de calidad y control que se enmarcan en la NMX-AA-042-SCFI-2015

Para cada muestreo se seleccionaron diversas estaciones de acuerdo al objetivo de cada estudio, cubriendo el cuerpo lagunar y cada estación se georeferenció con un equipo GPS.



Imagen 5 Toma de Muestras



Imagen 6 las Muestras en la Hielera para su conservación



Imagen 7 Toma de agua para Muestras

VII BIBLIOGRAFIA

- Análisis de aguas - determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la nmx-aa029-1981*
- Antolí, A. y A. García- Cubas. 1985.** Sistemática y ecológica de moluscos en las lagunas costeras Carmen y Machona, Tabasco, Mexico. *Anales del Instituto Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autonoma de Mexico* 12 (1), 145 -198
- Barbier E, Macreman y d Knowler 1997** Valoración económica de los humedales. Guía para decisores y planificadores. Oficina de la Convención de Ramsar Gland Suiza. 127 paginas
- Barnes, R. S. K. 1980** *Coastal Lagoons* Cambridge University Press Cambridge 106
- Basset, Elliott, West y Wilson, 2013).** *estuarina y lagunar y sus bienes y servicios naturales* Estuarine, Coastal and Shelf Science , 132 (2013) , pp. 1 – 4
- Bello, J., Abrego, M, C., Gomez,. L., Magaña., V., Grizbord., & Rodriguez., P. H., 2009** *Sito piloto del sistema Lagunar Carmen- Pajonal- Machona.*
- Bueno j., Álvarez F.Santiago. 2006** *biodiversidad del Estado de Tabasco 1era impresión* Universidad Nacional Autonoma de Mexico.
- CONABIO 2009.** *Sistema de Información Biótica. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Referencias [100] Referencias 101 nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad– Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México.*
- CONAGUA (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA) 2011.** *Estadísticas del agua en México. De: www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.PDF, 3 oct. 2013*
- De la Lanza Espino, G., A. Ruiz, P. Fuentes, V. Camacho, M. Blanco, P. Zamorano, R. A. López Pérez, E. Robles, M. A. Ortiz, I. Penié, y R. Arroyo, 2019.** *Propuesta metodológica para la valoración económica en sistemas costeros de México. p. 609-624. En: Botello A.V., S. Villanueva y J. Gutiérrez (coord.). Costas y Mares*

Mexicanos: Contaminación, Impactos, Vulnerabilidad y Cambio Climático. UNAM, UAC. 652 p. ISBN 978-607-30-2331-3. doi 10.26359/epomex.0419

Escobar R. J. J., 2001. *Aguas Residuales del Pacífico Nordeste. Ponencia del Taller Latinoamericano sobre Manejo de Aguas Residuales Municipales, PNUMA(ORPALC)/PNUMA-PAM , Ciudad de México 13 de Septiembre de 2001.*

Franco Maass, S., Regil García, HH, González Esquivel, C., & Nava Bernal, G. (2006). *Cambio de uso del suelo y vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México, en el periodo 1972-2000. Investigaciones Geográficas (Mx), (61),38-57.[fecha de Consulta 2 de Febrero de 2023]. ISSN: 0188-4611. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56906104>*

García Govea, C, y V. Rosales Sierra, 2011. *Análisis de la vulnerabilidad del sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona. p. 485-512. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (eds.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático (segunda edición). Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, unam-icmyl, Universidad Autónoma de Campeche. 754 p.*

García I., Zabala E., Palma J., David, J. 2006., *Caracterización de las comunidades vegetales en un área afectada por derrames de hidrocarburos. TERRA Latinoamericana, vol. 24 No 1 Univerdidad Autónoma de Chapingo México*

Gómez- Angulo., H. 1978. *Distribucion de Salinidad del Sistema Lagunar Costero Carmen-Pajonal- Machona De Tabasco., Mexico. Ciencias Marinas 5 (2), 87-95*
<https://doi.org/10.7773/cm.v5i2.320>

Granados B., A. A. y J. L. Ramos P., 1993. *Comportamiento de la salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y pH superficial de un sistema lagunar costero del estado de Tabasco México. Res. V Congr. Latinoamer. de Cienc. del Mar. 247.*

Granados B., A. A.; Salvadores Baledon, M.L.; Priego Martínez, B.C.; José. L. Ramos. P. Ignacio Madrigal. D. Amada. A. Suarez. M. Nelly M. Alfaro. -1987. *Estudio biológico y del potencial pesquero del sistema lagunar CARMEN-PAJONAL-*

MACHONA, del municipio de Cárdenas, Tabasco, México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Gutierrez Estrada M. & A. Galaviz Solis 1983. An. Instituto Ciencias Del Mar y Limnología. Universidad Autónoma México, Morfología y sedimentos recientes de las lagunas El Carmen- Pajonal- Machona, Tabasco México 249-268 10 (1)

Gutiérrez, M. F. J., F. Varona-Cordero & F. Contreras. 2006. Caracterización espacial de las condiciones físico-químicas de dos lagunas costeras tropicales del estado de Chiapas, México. *Hidrobiológica*. 16(2): en prensa.

Magaña A. 2010 Vegetación y flora del municipio de Paraíso 1ra Edición Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco México

NOM-059-ECOL-2010- Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de Riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. México: Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010. CONAGUA.

Norma fue modificada de Norma Oficial Mexicana a Norma Mexicana, de acuerdo al Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 6 de noviembre de 1992. NORMA MEXICANA NMX-AA-14-1980 "CUERPOS RECEPTORES. - MUESTREO"

NORMA MEXICANA NMX-AA-042-SCFI-2015 análisis de agua - enumeración de organismos coliformes totales, organismos coliformes fecales (termotolerantes) y escherichia coli – método del número más probable en tubos múltiples (cancela a la nmx-aa-42-1987).

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

NORMA OFICIAL MEXICANA, de acuerdo al Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 6 de noviembre de 1992. **NORMA MEXICANA NMX-AA-14-1980 "CUERPOS RECEPTORES. - MUESTREO"**

Novelo, R. A. y Ramos, L. (2005). *Vegetación acuática. En J. Bueno, F. Álvarez y S. Santiago (Eds.), Biodiversidad del estado de Tabasco (pp. 111–143). México D.F.: Instituto de Biología, UNAM/*

Parsons, TR, Mita & Lalli, CM 1984 *Manual de Métodos Químicos y Biológicos para el análisis de agua de mar* pergamon press, Oxford

Ramos P. L, 2006 *Variación temporal de la comunidad de peces del Sistema Lagunar Carmen Pajonal- Machona, después de la apertura de la Boca de panteones, Tabasco, Mexico. Tesis de maestría, División Académica de Ciencias Biológicas Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México*

Rzedowski, J., 2006. *Vegetación de México. 1ra. edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, 504 pp.*

Sousa, LP, Sousa, AI, Alves, FL y Lillebø, AI (2016). *Servicios ecosistémicos proporcionados por una región costera compleja: desafíos de clasificación y mapeo. Informes científicos, 6 .*

Urbina C. A. 1996. *Fauna Carcinológica del sistema lagunar Carmen- Pajonal- Machona, Tabasco México, Tesis de licenciatura División Académica de Ciencias Biológicas, Unidad Sierra UJAT*

Willaert, 2014 *Valoración de ecosistemas marinos y costeros: El papel de la modelización ecológico-económica.*

EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL SISTEMA LAGUNAR CARMEN-PAJONAL –MACHONA, CÁRDENAS, TABASCO.

Evaluation and Environmental Diagnosis of the Lagoon System Carmen-Pajonal –Machona, Cárdenas, Tabasco.

Julio Cesar Delgado González ¹, Francisco Javier Félix Torres, Arturo Garrido Mora.

1. Laboratorio de Pesquerías, Centro de Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Tropicales (CICART). División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.

crdelgado026@gmail.com, francisco7933@gmail.com, garri5609@hotmail.com

Resumen

Para el estado de Tabasco las lagunas costeras son de gran valor biológico y ecológico, ya que aportan fuentes de empleo y de alimentación a los habitantes que son principales beneficiarios. Los recursos pesqueros donde sobresale el ostión americano (*Crassostrea virginica*) el cual genera fuentes económicas para las familias situadas en los dos sistemas lagunares y esteros Carmen-Pajonal-Machona en Cárdenas Tabasco (Miranda 2000).

Se estudió la calidad del sistema lagunar donde no se encontraron concentraciones significativas de metales pesados e hidrocarburos fracción pesada en el agua en los sistemas lagunares Carmen-Pajonal-Machona. En cuanto a los coliformes fecales y totales se reportan en concentraciones menores a 3 NMP/100 ml para ambos parámetros. De las cinco muestras de agua que fueron analizadas para determinar las características peligrosas (corrosividad, reactividad, inflamabilidad y toxicidad al ambiente) según lo establece la NOM-052-SEMARNAT-2005, se reportan que las muestras no son corrosivas, no son reactivas, no son inflamables y no son tóxicas al ambiente. Asimismo, en los sedimentos que fueron analizadas para determinar las características peligrosas (corrosividad, reactividad, inflamabilidad y toxicidad al ambiente) según lo establece la NOM-052-SEMARNAT-2005, al ambiente.

Incidentes ambientales, así como las descargas antropogénicas que se encuentran con influencia hasta este sistema lagunar.

ABSTRACT

Coastal Lagoons are of great biological and ecological value in Tabasco it provides food and employment to the inhabitants, which are the main beneficiaries. Among the fisheries resources standing out the american oyster (*Crassostrea virginica*) which bring forth economic sources to the families located around the shores of the estuarine lagoon sistem of Carmen- Pajonal- Machona in Cardenas, Tabasco (Miranda 2000).

Wáter quality of the Carmen Pajonal Machona Lagoon sistem has been studied, to find heavy metals and heavy hydrocarbons fractions, in both cases, significative concentrations were not founded. About fecal coliforms and totals are reported in lower concentrations to 3NMP/100ml for both parameters.

According procedures established in NOM-052-SEMARNAT-2005 the five wáter samples and the sediments samples were both, analized to determine the dangerous residues (corrosivity, reactivity, inflammability and toxicity to the environment) and all of them were found not to be neither corrosive, nor reactive, nor inflammable and nor toxic to the environment.

It's important to remark if Dangerous Residues are not present, in a certain period of time in the lagoon sistem, future environmental incidents in addition with hydrometereological hazards, water currents and sediments, as well as anthropogenic activities, might give rise to significant concentrations.

Palabras claves: Metales Pesados, Estresores Ambientales, *Crassostrea virginica* Coliformes Fecales y Totales. Compuestos Orgánicos.

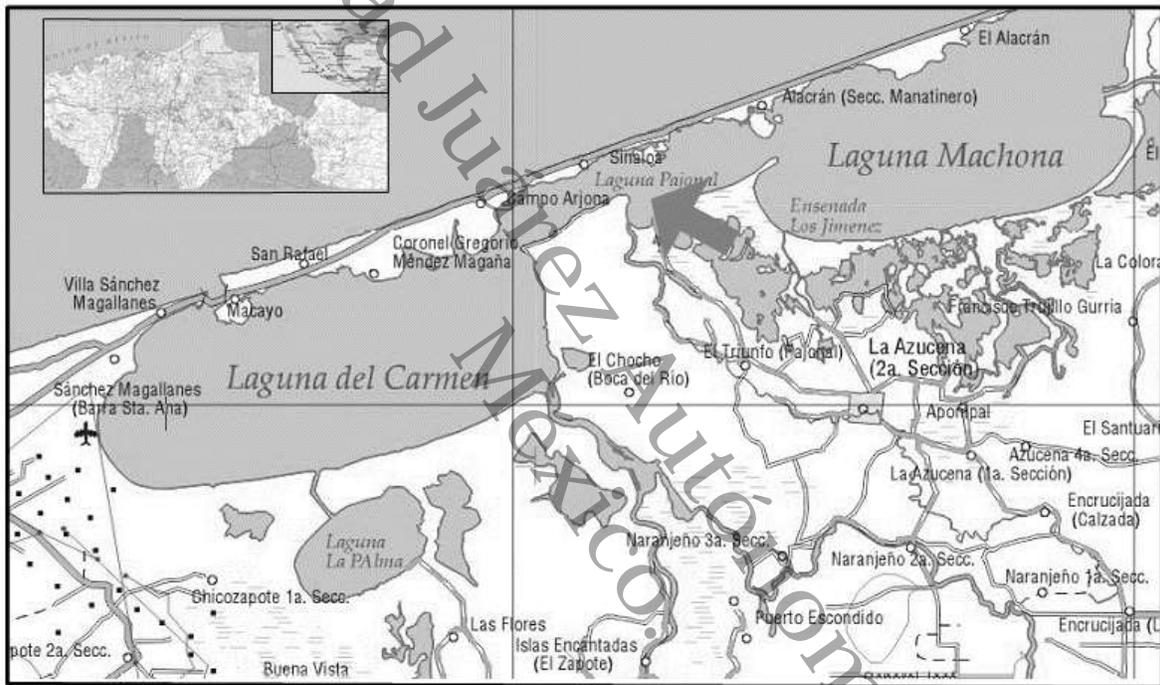
Key words: : Heavy metals, Environmental stressors, American Oyster, Fecal and Total Coliforms. Organic Compounds.

INTRODUCCIÓN

México posee más de 11,000 km de costa, con más de 1,500, 000 ha de lagunas costeras, estuarios y bahías que contienen grandes riquezas pesquera (Contreras-Espinosa, 1993). los ecosistemas marinos costeros son de gran importancia gracias a su gran valor ecológica y biológico de igual manera las lagunas costeras se caracterizan por manifestar un comportamiento hidrológico estacional (Zimmerman, 1981; Knoppers et al., 1999) las lagunas costeras están estrechamente relacionadas con los aportes de agua dulce y sus efectos que son llevadas principalmente por los ríos (Nixon, 1981; Knoppers et al., 1991; Knoppers & Kjerfve, 1999; Ringwood & Keppler, 2002), debido a estos a las condiciones climáticas de lluvias y estiaje durante el año. De igual manera las lagunas costeras se caracterizan como zona de nidación, crianza, reproducción y de alimentación de muchas especies tanto como peces, crustáceo, aves, reptiles, mamíferos ya que son hábitats que aportan fuente de alimentación y que son relevante debido a que ocupan diferentes niveles tróficos, lo que contribuye al equilibrio energético de estos ecosistemas (Yáñez & Arancibia, 1978). Las lagunas costeras del estado de Tabasco son de gran valor biológico y ecológico, ya que los habitantes son los principales beneficiario ya que las lagunas costeras les aporta fuentes de empleo y de alimentación por lo cual se encuentra recurso Ostión americano (*Crassostrea virginica*) ya que dicho recurso le genera fuentes económica para las familias situadas en las dos sistemas lagunares y esteros Carmen-Pajonal-Machona y Mecoacán (localizados en los municipios Cárdenas y Paraíso) (Miranda 2000). Los ecosistemas están estrechamente relacionados con la contaminación antropogénica ya sea por las actividades directa o por escurrimientos de las aguas interiores aportan contaminantes domésticos, industriales y por descarga de aguas residuales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estado de Tabasco es una de las 32 entidades federativas que forman la República Mexicana; se extiende desde la llanura costera del Golfo de México hasta las sierras del norte de Chiapas. Sus coordenadas geográficas extremas están entre



los paralelos $18^{\circ} 39'$ (al norte) y $17^{\circ} 15'$ (al sur) de latitud norte, y entre los meridianos $91^{\circ} 00'$ (al este) y $94^{\circ} 07'$ (al oeste) de longitud oeste

Imagen 1 Microlocalización del sistema lagunar Carmen, Pajonal, Machona, Cárdenas, Tabasco.

Ubicación del área de estudio y estaciones de muestreo

Como se mencionó anteriormente, el sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona se ubica en la zona hidrológica Grijalva-Usumacinta, RH-30 (CONAGUA, 2011), en la cuenca del río Tonalá y las lagunas del Carmen y Machona, Lagunas del Carmen y Machona. Se ubican en la planicie costera de Tabasco entre las latitudes $18^{\circ} 14'$ y $18^{\circ} 18' N$ y los meridianos $93^{\circ} 45'$ y $93^{\circ} 53' O$. Tiene una superficie de 186 kilómetros cuadrados y está separada del golfo de México por una barra de arena de 37

kilómetros de largo y de 100 a 300 metros de ancho, que se cree que es el remanente de una esbelta laguna que corre paralela a la costa. El cuerpo de agua principal tiene 186 kilómetros cuadrados, el mayor de los cuales es la Laguna del Carmen (91 kilómetros cuadrados), seguido de Machona (85 kilómetros cuadrados) y Pajonal (10 kilómetros cuadrados).

Toma de muestras.

Cada estudio realizado contó con diferentes puntos de muestreo con respecto a la superficie de la laguna, por lo que a continuación se describe cada uno de ellos; se tuvo en cuenta la normativa aplicable para la toma de muestras para gestionar, controlar y garantizar la calidad de los resultados.

VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS.

Para cada sitio de muestreo, se tomaron los parámetros fisicoquímicos. En cada sitio de muestreo, los parámetros fisicoquímicos se registraron in situ utilizando un equipo modelo Recroder de matriz de sensores múltiples de la marca Hydrolab; se recolectó un litro de agua superficial en recipientes de plástico y las muestras de agua se mantuvieron en hielo durante el transporte al laboratorio. La composición de nutrientes se determinó con los métodos químicos (Parson et al., 1984) después de filtrar previamente las muestras de agua a través de filtros A/E marca Gellman con una capacidad de retención de 1 μm .

Coliformes Fecales y Totales

Se recolectaron 20 muestras de agua en la Laguna El Carmen, tomadas en estaciones estratégicas ubicadas en una cuadrícula que cubría todo el sistema lagunar, teniendo en cuenta los afluentes de la laguna, los centros poblados de Villas y Puerto Sánchez Magallanes y la línea costera.

Para las muestras se recolectaron de acuerdo con la NMX-AA-042-SCFI-2015, se colocaron en bolsas Whirl-pak de 250 ml, con tiosulfato de sodio sólido, estériles y debidamente rotuladas para su control y manipulación, estas muestras fueron selladas a una profundidad de 15 a 30 cm con pendiente suave ya contracorriente.

En el interior del agua, primero quite el cinturón de seguridad para abrir la bolsa, luego se retira el sello lateral, la bolsa se llenó a 2/3 llena, cierre y con cuidado del



agua. Para evitar el crecimiento bacteriano, se almacenaron en una nevera con hielo a 4 °C hasta su envío al laboratorio

Imagen 2. Ubicación de estaciones de muestreo para análisis de Coliformes fecales y totales en el Sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona, Cárdenas, Tabasco.

Residuos de plaguicidas y compuestos orgánicos

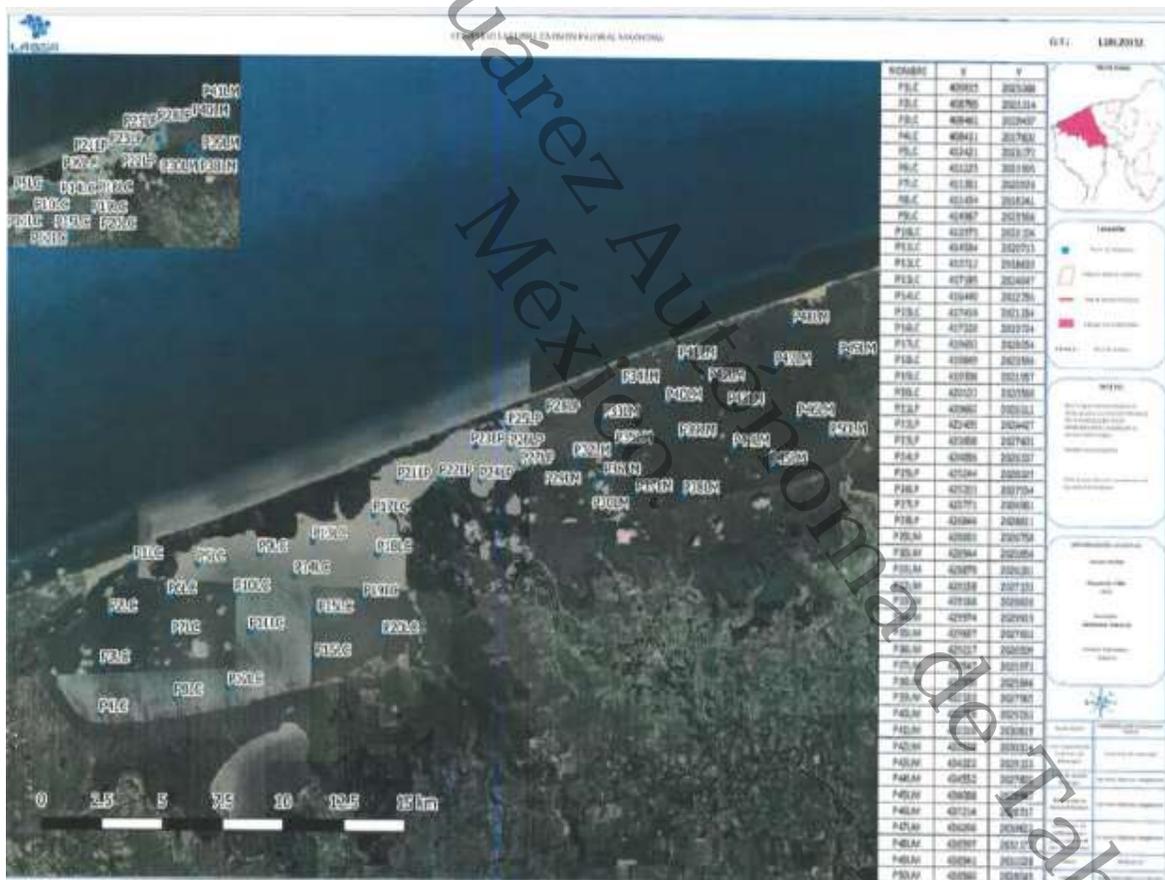
El 21 de diciembre de 2020 se tomaron 11 muestras en todo el sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona utilizando recipientes previamente inspeccionados por el área de control y calidad para examinar que el material se encuentra limpio y libre de residuos químicos. Se utilizó recipientes de vidrio de 1L y para conservar la



muestra en una hielera a 4°C. Se utiliza para determinar la peligrosidad según la NOM 052 SEMARNAT 2005.

Imagen 3. Ubicación de estaciones de muestreo para la determinación de peligrosidad según la NOM 052 SEMARNAT 2005, en el sistema lagunar Carmen-Machona-Pajonal, Tabasco.

En el muestreo realizado en el sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona los días 13-14 En diciembre de 2021 se seleccionaron 50 sitios para detección de metales pesados para cubrir todo el sistema lagunar; También se determinaron las fracciones de hidrocarburos pesados (HFP). Obtener muestras con base en la NMX-AA-014-1980 para control de calidad; para metales, las muestras fueron en botellas



de plástico de 500 ml; y para HFP, en envases de vidrio de 1L. Se trasladaron al laboratorio en una hielera a 4 °C, se mantuvieron en posición vertical y se envolvieron en plástico de burbujas para evitar roturas.

Imagen 4. Ubicación de estaciones de muestreo para análisis de metales y HFP en el sistema lagunar Carmen-Machona-Pajonal, Tabasco.

MÉTODOS ANALÍTICOS

Variables Físico-Químicas

Para la evaluación de nutrientes se realiza de acuerdo a la norma mexicana NMX-AA-029-SCFI-2001, la cual se basa en la reacción de soluciones diluidas de ortofosfato y molibdato de amonio con vanadato para formar el heteropoliácido, ácido molibdofosfato de vanadio., se forma ácido molibdofosfórico de vanadio amarillo. La longitud de onda a la que se mide la intensidad del color depende de la detección deseada. La intensidad del color amarillo es directamente proporcional a la concentración de fosfato

Metodología aplicada para determinar nutrientes en agua.	
Prueba	Norma y/o Método de referencia
Método ácido vanadomolibdofosfórico	NMX-AA-029-SCFI-2001

Tabla 1. Metodología para la determinación de nutrientes en agua.

Coliformes Fecales y Totales

Para la especificación de bacterias coliformes totales se realizó de acuerdo a la norma mexicana NMX-AA-042-SCFI-2015. Se basa en la capacidad de este microbiota para fermentar lactosa y producir ácido y gas cuando se cultiva a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas en un medio que contiene sales biliares. Esta regla implica dos fases, la fase de presuntiva y la fase de confirmativa. En la fase de postulado se utilizó como medio caldo de lauril sulfato de sodio, el cual restituye los microorganismos dañados en la muestra y permite utilizar la lactosa como fuente de carbono.

En la fase de confirmación se utilizó como medio caldo bilis lactosa verde brillante, que fue selectivo y solo permitió el crecimiento de microorganismos que pudieran tolerar tanto las sales biliares como el verde brillante

El recuento más probable de coliformes fecales se obtuvo de un tubo presuntamente positivo y se basó en la capacidad de las bacterias para fermentar lactosa y producir gas después de la incubación a $44,5 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$. El tiempo es entre 24 y 48 horas.

Metodología aplicada para determinar coliformes		
Prueba	Norma y/o Método de referencia	Signatarios
Enumeración de organismos Coliformes totales, organismos Coliformes fecales (termotolerantes) y <i>Escherichia coli</i> - Método del número más probable en tubos múltiples	NMX-AA-042-SCFI-2015	05
Positivos de caldo EC, los cuales se siembran por agotamiento en medios selectivos y diferenciales (Agar Mac Conkey, Agar eosina azul de metileno) y posteriormente realizando las pruebas bioquímicas básicas (IMViC) a las colonias típicas.		

Tabla 2. Metodología para determinación de Coliformes Totales y Fecales.

Residuos de plaguicidas y compuestos orgánicos

Metodología aplicada para determinar compuestos orgánicos		
Prueba	Norma y/o Método de referencia	Signatarios
Método EPA 8270E (SW-846): Compuestos orgánicos semivolátiles por cromatografía de gases / espectrometría de masas (GC-MS)	US EPA 8270E 2018	
SW-846 Método de prueba 8260D: Compuestos orgánicos volátiles por cromatografía de gases / espectrometría de masas (GC / MS)	US EPA 8260D 2018	

Tabla 3. Metodologías para la determinación de compuestos orgánicos.

A continuación, se hace una descripción general de las normas referidas:

Lista de la EPA de métodos analíticos de restauración y remediación ambiental seleccionados (SAM) para el análisis de muestras de agua, agua no potable, agua potable y/o material de semillas que contienen compuestos orgánicos volátiles seleccionados.

- Método EPA 8270E (SW-846): Compuestos orgánicos semivolátiles por cromatografía de gases / espectrometría de masas (GC-MS).

Prepare las muestras para el análisis de GC/MS utilizando la muestra adecuada y, si es necesario, los procedimientos de limpieza de la muestra. Los compuestos semivolátiles se introdujeron en el GC/MS inyectando extractos de muestra en un GC equipado con una columna capilar de sílice fundida de diámetro estrecho. La temperatura de la columna del GC está programada para separar los analitos, que luego son detectados por el MS adjunto al GC

Los analitos eluidos de la columna capilar se introducen en el MS a través de una conexión directa. Los analitos se identifican comparando sus espectros de masas y tiempos de retención (RT) con estándares conocidos.

La cuantificación se logra comparando la respuesta del ion principal (cuantitativo) con un estándar interno (IS) utilizando una curva de calibración que corresponde al objetivo deseado. El método incluye pasos específicos de calibración y control de calidad.

- SW-846 Método de prueba 8260D: Compuestos orgánicos volátiles por cromatografía de gases / espectrometría de masas (GC / MS).

Los COV se introducen en el GC utilizando uno de los siguientes métodos de preparación. Los analitos se pueden inyectar directamente en una columna capilar criocondensada. En la columna precapilar, antes de transferirse a la columna capilar para su análisis, luego se envía a la entrada, que opera en modo dividido, para ingresar a la columna capilar. La temperatura de la columna está programada para separar

los analitos antes de su uso con el GC. Los analitos eluidos de la columna capilar se introducen en el MS a través de una unión o divisor.

Metodología aplicada para determinar residuos de plaguicidas		
Prueba	Norma y/o Método de referencia	Signatarios
SW-846 Método de prueba 8321B: Compuestos no volátiles extraíbles por solvente por cromatografía líquida de alto rendimiento / termospray / espectrometría de masas (HPLC / TS / MS) o detección ultravioleta (UV)	US EPA 8321B 2007	
SW-846 Método de prueba 8260D: Compuestos orgánicos volátiles por cromatografía de gases / espectrometría de masas (GC / MS)	US EPA 8260D 2018	
Método EPA 8270E (SW-846): Compuestos orgánicos semivolátiles por cromatografía de gases / espectrometría de masas (GC-MS)	US EPA 8270E 2018	

Tabla 4. Metodologías para la determinación de residuos de plaguicidas.

Las normas US EPA 8260D 2018 y US EPA 8270E 2018 fueron referidas con anterioridad

Para la identificación cualitativa de los analitos se logra comparando sus espectros de masas y tiempos de retención (RT) con estándares de compuestos objetivo conocidos. La cuantificación se logra comparando la respuesta del ion precursor (cuantitativa) con un estándar interno (IS) utilizando una curva de calibración apropiada para la aplicación prevista. El método incluye pasos específicos de calibración y control de calidad.

- SW-846 Método de prueba 8321B: Compuestos no volátiles extraíbles por solvente por cromatografía líquida de alto rendimiento / termospray / espectrometría de masas (HPLC / TS / MS) o detección ultravioleta (UV)

Este procedimiento facilita la cromatografía líquida de alto rendimiento de fase inversa (RP/HPLC), espectrometría de masas (MS) de pulverización térmica (TS) y condiciones ultravioletas (UV) para la determinación de analitos.

- En cuanto a los extractos de muestra se pueden examinar mediante inyección directa en el termoaspersor o en una interfaz líquida cromatográfica-termoespray.
- Se usa un programa de elución en gradiente en el cromatógrafo de líquidos para dividir los compuestos.

Para el análisis cuantitativo se puede realizar mediante TS/MS o detección UV utilizando métodos estándar internos o externos. La determinación por TS/MS se puede realizar con un solo espectrómetro de masas en modo de ionización negativa (electrodos de descarga) o en modo de ionización positiva.

Metales pesados

El muestreo para la determinación de metales pesados se realizó del 13 al 14 de diciembre de 2020. Los métodos de muestreo y análisis están sujetos a las Normatividad Nacional. Para determinarlos, se utiliza la espectrofotometría de absorción atómica para medir los metales disueltos, totales, suspendidos y extraíbles en agua natural mediante aspersion de llama, hornos de grafito, generadores de hidruros y vapor frío para la medición de metales disueltos, totales, suspendidos y extractables en aguas naturales.

Metodologías aplicadas para determinar metales pesados en columna de agua			
Prueba	Norma y/o referencia	Método de	Signatarios

Medición de metales por absorción atómica en aguas, naturales, potables, residuales y residuales tratadas. (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn).	NMX-AA-051-SCFI-2016	1,5 y 7
Método para la extracción de materiales extractables (aceites y grasas) mediante n-hexano y material no polar, extraído con tratamiento de sílica gel por gravimetría.	EPA Test Method 1664 B-2010	1 y 5

Tabla 5. Metodologías para determinar metales pesados en agua.

A continuación, se hace una descripción general de las normas referidas:

- NMX-AA-051-SCFI-2016. Medición de metales por absorción atómica en aguas, naturales, potables, residuales y residuales tratadas. (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn).

Esta Norma Mexicana especifica un método espectrofotométrico de absorción atómica usando atomización por flama, horno de grafito, generador de hidruros y vapor frío para el cálculo de metales disueltos, totales, suspendidos y extraíbles en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas.

Esta norma específica un método espectrofotométrico de absorción atómica para la determinación de metales disueltos, metales totales, metales suspendidos y metales recuperables en agua natural, agua potable, residuos y residuos de proceso. La espectrofotometría implica generar átomos en estado fundamental y medir su energía absorbida, que es proporcional a la concentración de ese elemento en la muestra analizada.

Se utiliza un equipo capaz de generar átomos en estado fundamental según un sistema de alta temperatura (llama y horno de grafito) o una reacción química (generador de hidruro o vapor frío) para atomizar la muestra y lograr la absorción de la energía de la muestra en los átomos generados.

- EPA Test Method 1664 B-2010. Método para la extracción de materiales extractables (aceites y grasas) mediante n-hexano y material no polar, extraído con tratamiento de sílica gel por gravimetría.

Este método es adecuado para la determinación de materiales extraíbles con n-hexano (HEM; aceites y grasas) y materiales extraíbles con n-hexano no adsorbidos en gel de sílice (SGT-HEM; materiales no polares) en aguas superficiales, salinas y residuos. Sustancias extraíbles medidas en aguas industriales y domésticas Hidrocarburos relativamente no volátiles, aceites vegetales, grasas animales, ceras, jabones, grasas y sustancias afines. Este enfoque se basa en la priorización ambiental. Método de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) para determinar "aceite y grasa" e "hidrocarburos totales de petróleo.

Este método es capaz de medir RHE y SGT-RHE en el rango de 5 a 1000 mg/L y se puede escalar a niveles más altos analizando volúmenes de muestra más pequeños recolectados por separado.

Para este método 1664B es un método que fundamenta el rendimiento para la medición de parámetros RHEM y SGT-RHE definidos por el método para matrices acuosas que requieren n-hexano como solvente de extracción y análisis gravimétrico como técnica de detección, incluidos los procedimientos de control de calidad. Diseño adicional para monitorear la exactitud y la precisión.

Otras metodologías aplicadas para determinar metales pesados en agua		
Prueba	Norma y/o Método de referencia	Signatarios
Método EPA 6010D (SW-846): plasma acoplado inductivamente - espectrometría de emisión atómica	US EPA 6010D-2018	
Método EPA 7470A (SW-846): mercurio en	US EPA 7470A-1994	

desechos líquidos (técnica manual de vapor frío)		
--------------------------------------------------	--	--

Tabla 6. Otras metodologías para determinar metales pesados en agua

- Método EPA 6010D (SW-846): plasma acoplado inductivamente - espectrometría de emisión atómica.

Se describe este método para la precisión elemento ICP-OES utilizando ópticas secuenciales o simultáneas y visualización axial o radial del plasma. Los instrumentos ICP-OES utilizan la espectroscopia para medir los espectros de emisión característicos.

El espectro de emisión es generado por un plasma acoplado a RF dispersado por un espectrómetro de rejilla, y la intensidad de la línea de emisión es monitoreada por un dispositivo sensible a la luz.

Durante el análisis, la emisión debe medirse junto a la línea del analito en la muestra. La ubicación elegida para las mediciones de intensidad de fondo en uno o ambos lados de la línea del analito estará determinada por la complejidad del espectro adyacente a la línea del analito.

- Método EPA 7470A (SW-846): mercurio en desechos líquidos (técnica manual de vapor frío)

Para el análisis las muestras líquidas deben prepararse de acuerdo con los procedimientos descritos en este método antes del análisis.

El mercurio se reduce a su estado elemental y se airea de la solución en un sistema cerrado. El vapor de mercurio pasa a través de una celda en el camino óptico de un espectrofotómetro de absorción atómica, y la absorbancia (altura del pico) se mide en función del mercurio. El límite de detección típico de este método es de 0,0002 mg/l.

RESULTADOS

En este periodo de monitoreo no se encontraron concentraciones significativas de metales pesados e hidrocarburos fracción pesada en el agua en los sistemas lagunares Carmen-Pajonal-Machona. En cuanto a los coliformes fecales y totales se reportan en concentraciones menores a 3 NMP/100 ml para ambos parámetros. De las cinco muestras de agua que fueron analizadas para determinar las características peligrosas (corrosividad, reactividad, inflamabilidad y toxicidad al ambiente) según lo establece la NOM-052-SEMNARNAT-2005, reportan que muestras no son corrosivas, no son reactivas, no son inflamables y no son tóxicas al ambiente.

Resultados de Coliformes fecales y totales

Coliformes fecales y totales en la laguna El Carmen.

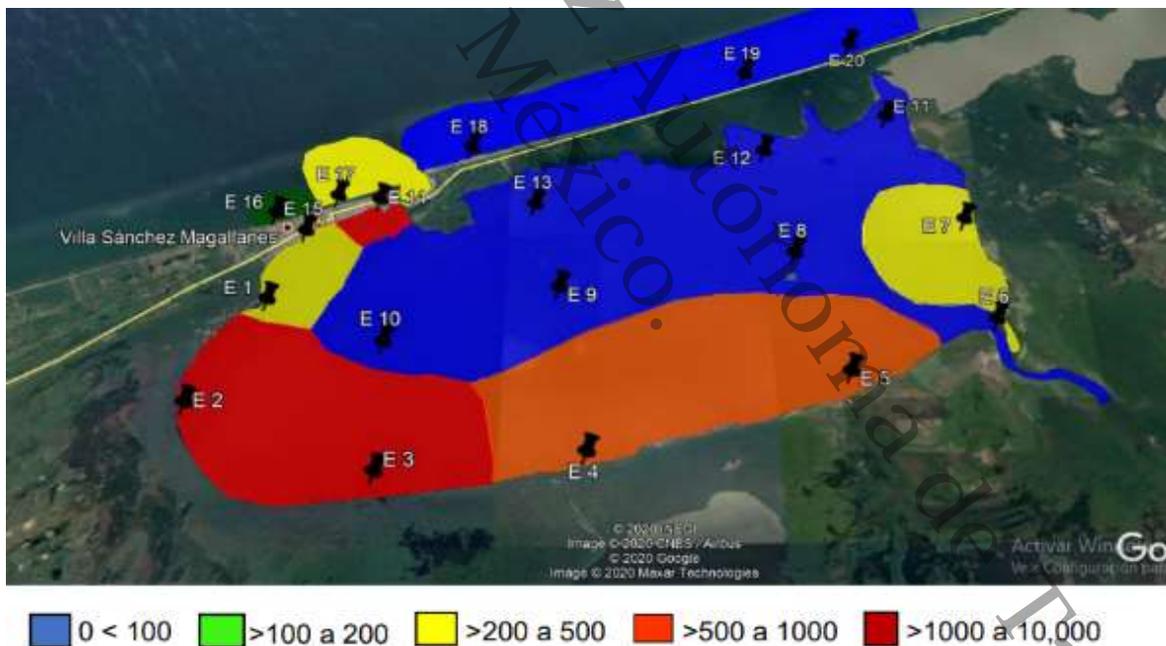


Imagen 5. Coliformes totales (NMP / 100 ml) en la laguna El Carmen. Enero de 2022.

Como se puede ver en la imagen 4 el suroeste y el sur de la laguna El Carmen se ve explícitamente afectada con la mayor cantidad de coliformes fecales, esto debido probablemente, en el caso del suroeste, donde las afectaciones provienen de zonas con actividad agropecuaria y asentamientos humanos; al sur, debido a la operación de granjas camaronícolas y actividades agropecuarias principalmente.

Coliformes fecales y totales en la laguna La Machona.

En el comportamiento de las concentraciones de coliformes totales y fecales en la laguna La Machona, se observa claramente la influencia de los aportes provenientes del río Santana (con 21,000 NMP / 100 ml) que es sujeto a descargas de aguas residuales de importantes centros de población asentados en ambas márgenes.

En la laguna La Machona, las mayores cantidades de coliformes tanto totales como fecales, se observan en la zona central longitudinal de Este a Oeste (11,000 NMP / 100 ml), diluyéndose a concentraciones entre 200 a 500 NMP / 100 ml hacia el norte de la laguna y de 30 NMP / 100 ml al sur de la misma, excepto la estación 11 que probablemente recibe aportes a través del arroyo El Chilar, provenientes de zonas agropecuarias, granjas camaronícolas y algunos asentamientos humanos.

Resultados del análisis de residuos de plaguicidas y compuestos orgánicos en columna de agua.

Plaguicidas.

Para evaluar los niveles de contaminación por plaguicidas o por compuestos usados como sus precursores, se examinaron 18 diferentes organoclorados en columna de agua, encontrándose en todos los casos por debajo del límite de detección, por lo cual se consideran ausentes en todos los sitios.

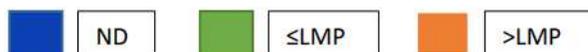


Imagen 6. Concentración de residuos de plaguicidas en columna de agua en el sistema Carmen-Pajonal- Machona.

Resultados de compuestos orgánicos.

Para los compuestos orgánicos fueron evaluados 14 hidrocarburos halogenados, acorde a la tabla, obteniendo en todos los compuestos y todos los sitios del sistema lagunar Carmen Pajonal Machona, concentraciones no determinadas, esto es que se encuentran por debajo del límite de detección analítica, por lo que los resultados indican que no existe contaminación por estos compuestos.



Imagen 7. Concentración de compuestos orgánicos en columna de agua en el sistema Carmen-Pajonal- Machona.

Resultados de metales pesados

Debido a que los metales pesados son ubicuos ya que su origen puede ser de tipo natural o antropogénico, y se determinó la concentración de As, Ba, Cd, Cr, Ag, Pb, Se y Hg en columna de agua. En cuanto a los elementos, Cd, Ag, Se y Hg se informan cómo no determinados, por lo que se consideran prácticamente ausentes en la columna de agua del sistema lagunar.

Por lo siguiente As, reporta solo ciertos niveles solo en tres sitios de muestreo, dos en la laguna El Carmen y uno en la laguna Pajonal, pero por debajo de los 0.01 mg/l que señalan como límite máximo permisible para la conservación de la vida acuática

en áreas costeras de los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA001/89) emitidos por la CONAGUA.

Para los elementos Ba y Cr, se reportan concentraciones en todos los sitios de muestreo del Sistema Lagunar Carmen-Pajonal Machona, pero por debajo de los 0.5 mg/l y 0.05 mg/l respectivamente que se señalan como límite máximo permisible para la conservación de la vida acuática en áreas costeras de los citados criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89).



ND: No Determinado LMP: Límite Máximo Permisible
 Imagen 8. Concentración Cd, Ag, Se y Hg en columna de agua en el sistema Carmen-Pajonal- Machona



ND: No Determinado LMP: Límite Máximo Permisible

Imagen 9 Concentración de As en columna de agua en el sistema CarmenPajonal- Machona.



Imagen 10 Concentración de Ba y Cr en columna de agua en el sistema Carmen-Pajonal- Machona



Imagen 11 Concentración de Pb en columna de agua en el Sistema CarmenPajonal- Machona

Para el caso del Pb, en los puntos de muestreo se encontró este metal y en 7 de las 11 estaciones, los valores superan el límite máximo permisible de 0.006 mg/l,

establecido para la conservación de la vida acuática en áreas costeras en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89).

De estos puntos, dos se localizan en la laguna El Carmen, uno en la laguna Pajonal y 4 en la laguna La Machona lo que determina que la zona oeste de la laguna El Carmen y prácticamente toda la laguna La Machona presentan contaminación con este metal, requiriéndose realizar nuevos análisis, considerando sedimentos y organismos, para dilucidar en su justa dimensión una posible problemática ambiental causada por el Pb.

México.

DISCUSIÓN

Se determinaron distintos métodos cuantitativos para la evaluación del nivel de eutroficación del Sistema Lagunar Carmen-Machona, con base a estadísticas generadas a partir de los muestreos efectuados con carácter estacional en a finales de año de 2021.

Dentro los resultados obtenidos en base a los parámetros físico-químicos, se puede observar una clara diferencia entre la Calidad del agua reportada para ambas lagunas.

El uso de los parámetros indicadores de eutroficación, tales como son los nutrientes, Nitrógeno total, Fósforo total, Clorofila A y transparencia la cual se midió con el disco de Secchi, en los índices denominados IET, Carlson y TRIX, dando como resultados que llevan a ubicar al Sistema Lagunar Carmen-Pajonal-Machona como un sistema Mesotrófico, aunque en el caso de la laguna La Machona, se le considera muy cercana a los niveles de eutroficación.

En específico, los resultados de los índices nos recalcan una condición cercana a eutrofia para este cuerpo de agua, debido principalmente, a la acumulación de nutrientes y por lo tanto de biomasa fitoplanctónica, por la carencia de mezcla de aguas marinas que antes del cierre, normalmente aportaba la Boca de Panteones.

ciertamente, los volúmenes de aguas de carácter marino, son introducidas por el prisma de marea de la Boca de Panteones, representaban el factor principal de dilución y recambio para la laguna.

En relación, el río y los arroyos vierten un gran volumen de agua considerable, enriquecida en nutrientes como fósforo y nitrógeno con origen de las descargas de aguas negras a través asentamientos poblacional ya que habitan numerosas comunidades cercanas a este sistema lagunar.

Las vertientes de aguas residuales sin ningún tratamiento adecuado de los poblados, muestran junto con las descargas de industrias agropecuarias y de granjas de camarón, muestran las principales fuentes de impacto a la calidad del

agua, por lo cual se muestran los niveles elevados de nitrógeno y fósforo reportados en este trabajo.

La consecuencia de tener niveles altos de nutrientes, es que cause un efecto de alta productivas de fitoplancton, y de detritos resultantes de estos excesos de biomasa. Durante las actividades diurnas, las comunidades fitoplanctónica hace que eleve los niveles de oxígeno debido a la fotosíntesis; pero, sin embargo, durante los períodos nocturnos, la tasa de consumo puede hacer decaer los niveles de oxígeno a niveles críticos para los organismos mayores (peces y crustáceos). Por esta razón se deben evitar condiciones de eutroficación en el sistema.

Contaminación por Coliformes Totales y Fecales en el Sistema Lagunar.

Los patógenos son a menudo la causa de la proliferación de enfermedades transmitidas por el agua (Kashefipour et al., 2002). Sin embargo, debido a las dificultades de la medición directa de los patógenos, los microorganismos indicadores generalmente se han utilizado en la gestión de la calidad del agua (Chapra, 1997). En cuanto los grupos de bacterias indicadoras fecales (FIB), como coliformes totales, coliformes fecales, *E. coli* y enterococos, se usan comúnmente en todo el mundo para medir los riesgos para la salud en las aguas de baño y mariscos (Thomann y Muller, 1987, Sanders et al. 2005).

principalmente al hecho de que las bacterias indicadoras fecales se pueden cuantificar fácilmente mediante pruebas de laboratorio y generalmente no están presentes en aguas no contaminadas, y las concentraciones de estas bacterias indicadoras tienden a correlacionarse con el nivel de contaminación (Thomann y Muller, 1987).

Hay diferentes fuentes de bacterias que son indicadoras fecales en las aguas estuarinas y costeras, que incluyen: descarga de agua residuales, vertidos de efluentes, desbordamientos de alcantarillados combinados (CSO), fuentes difusas etc. (Kashefipour et al., 2006).

El interés de cuantificar los efectos de diferentes fuentes de bacterias ha sido resaltar en un trabajo reciente de Atwill et al. (2003), quienes proponen que las

fuentes no puntuales son fuentes importantes de contaminación fecal. Sanders y col. (2005) donde determinaron que los efectos de diferentes fuentes de bacterias fecales en la calidad del agua superficial en un humedal intermareal, donde la suspensión de sedimentos fue la fuente dominante de las concentraciones de bacterias cerca de la boca y las concentraciones de bacterias controladas por la escorrentía urbana en los sitios del interior

El curso hidrodinámicos e hidrológicos juegan un papel muy importante a la hora de la distribución de las bacterias fecales y las concentraciones de patógenos en aguas de ríos, estuarios y costas. De Brauwere y col. (2011) observaron que los movimientos de las mareas juegan un papel muy importante en la distribución de las concentraciones de bacterias en el río. Scheldt. Ge y col. (2012) investigaron los efectos de las olas en la distribución de concentración de E. coli en una playa de embalse.

Indicadores de Coliformes en Sistemas Acuáticos

Para la abundancia de coliformes en las aguas naturales se manejó habitualmente como indicador de contaminación por patógenos. En el pasado, se creía que las bacterias coliformes no son tan sensibles al estrés ambiental como los organismos más comúnmente considerados como patógenos. En conclusión, se considera que los coliformes son más persistentes en aguas naturales y son, por lo tanto, un índice más "confiable" para evaluar la contaminación por patógenos.

para estreptococo fecal se utiliza otra medida de la calidad bacteriológica de un cuerpo de agua. cuya presencia de "estreptococos fecales" en las corrientes es generalmente es un índice de contaminación fecal. La relación de coliformes fecales a estreptococos fecales puede usarse como una indicación de la fuente de contaminación fecal. Según Goldreich & Kenner lo informado por Lombardo (1972), las heces humanas tendrían una proporción no mayor a 0.7.

CONCLUSIONES

- **Concentración de Contaminantes Bacteriológicos.**

Las concentraciones de análisis bacteriológicos en la Laguna El Carmen, mostraron zonas de alta concentración de Coliformes Totales, que rebasan los valores permisibles, y que corresponden a estaciones de muestreo, influenciadas por asentamientos humanos cercanos al cuerpo lagunar, o a descargas de agua dulce proveniente de escurrimientos contaminados.

La concentración de Coliformes Fecales en la Laguna El Carmen demostró un patrón distintivo, ya que los niveles que rebasan los valores establecidos por la NOM-001, corresponden a zonas específicas de entrada de tributarios afectados por asentamientos humanos en la cuenca. Aun cuando las entradas de aguas marinas favorecen la dilución, hay dos zonas que se consideran como de alto nivel de contaminación orgánica.

En la Laguna La Machona se determinaron mayores concentraciones de coliformes que abarcan áreas amplias del cuerpo lagunar. Esto se debe a que existen menores condiciones de dilución en este cuerpo de agua, y mayores tiempos de residencia, dada la menor dinámica de influencia marina, por el cierre de la Boca de panteones.

Las mayores concentraciones de coliformes fecales (fuera de norma) están claramente vinculadas a las descargas provenientes del Río Santana, y a las Granjas de producción de camarón.

Los menores valores de salinidad en la Machona, parecen favorecer la prevalencia de altas concentraciones de bacterias en la columna de agua.

Contaminantes Orgánicos e Inorgánicos.

Las concentraciones de contaminantes orgánicos disueltos en la columna de agua tales como plaguicidas y otros hidrocarburos halogenados, en todos los casos se encontraron por debajo del límite de detección, por lo cual se consideran ausentes en todos los sitios.

Metales pesados.

Las concentraciones de Cd, Ag, Se y Hg se encontraron por debajo del límite de detección, por lo que se consideran ausentes en la columna de agua del sistema lagunar.

Las concentraciones de As, Ba y Cr encontradas en el sistema lagunar se encuentran por debajo del límite máximo permisible para la conservación de la vida acuática en áreas costeras de los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89).

Las concentraciones de Pb en el sistema lagunar Carmen Pajonal Machona, sobre todo en la laguna La Machona, se encontraron por arriba del límite máximo permisible para la conservación de la vida acuática en áreas costeras, establecidos en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89). /99.

BIBLIOGRAFÍA

- Análisis de aguas - determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la nmx-aa029-1981).*
- Conagua, Semarnat (2011).** *Estadísticas del Agua en México. Edición 2011.* Conagua, Conagua, Semarnat. México.
- Chapra, S. C. (1997).** *Surface water-quality modeling.* McGraw-Hill, New York
- De Brauwere, A., Jacquet, S. H. M., De Ridder, F., Dehairs, F., Pintelon, R., Schoukens, J., and Baeyens, W., 2007:** *Water mass distributions in the Southern Ocean derived from a parametric analysis of mixing water masses. J. Geophys. Res., 112. C02021, doi:10.1029/2006JC003742.*
- EPA de EE.UU. 2014.** "*Método 8270E (SW-846): compuestos orgánicos semivolátiles por cromatografía de gases/espectrometría de masas (GC/MS)*", Washington, DC.
- Goldreich E., Kenner B., 1969.** *Concepts of fecal streptococci in stream pollution, J. Wat. Pol/ut. Control. Fed., 41, 336-352.*
- KNOPPERS, B., B. KJERFVE & J. P. CARMOUZE. 1991.** *Trophic state and water turn-over time in six chooked coastal lagoons in Brazil. Biogeochemistry 14: 149-166*
- KNOPPERS, B. E. D. BIDONE, & J. J. ABRAO (EDS.) 1999.** *Environmental geochemistry of coastal lagoon systems of Rio de Janeiro, Brazil. UFF-FINER, pp. 210.*
- Kashefipour S.M. and Falconer R.A. (2000)** *An improved model for predicting sediment fluxes in estuarine waters. Proceedings of Fourth International Hydroinformatics Conference, Iowa, USA, July 2000, pp.1-8. [14]*
- Kashefipour S.M., Lin and B., Harris E.L. and Falconer R.A. (2002)** *Hydro-environmental modelling for bathing water compliance of an estuarine basin. Water Research, IWA, Vol.36, pp.1854-1868.*
- Miranda J. F, (2000):** *Determinación de la fijación de semilla del ostión americano Crassostrea virginica (Gmelin) en la laguna Mecoacán, Paraíso, Tabasco. Tesis*

- profesional. Div. Acad. Cienc. Biol. Univ. Juárez Autónoma de Tabasco. México. 39 pp.
- NIXON, S. W. 1981.** *Freshwater inputs and estuarine productivity.* In: CROSS, R. D. & D. L. WILLIAMS (EDS.). *Proceedings of the National Symposium on Freshwater inflow to Estuaries.* U. S. Fish and Wildlife Service, pp. 31-57
- NORMA Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.**
- NORMA MEXICANA NMX-AA-042-SCFI-2015** análisis de agua - enumeración de organismos coliformes totales, organismos coliformes fecales (termotolerantes) y escherichia coli – método del número más probable en tubos múltiples (cancela a la nmx-aa-42-1987).
- NORMA MEXICANA NMX-AA-14-1980 "CUERPOS RECEPTORES.- MUESTREO"**
- Parsons, J. E, Adler, T., & Meece J. L. (1984).** *Sex difference in achievement A test of alternate theories.* *Journal of personality and social psychology* 46 1, 26
- Sa -846 metodo de prueba 8260 D:** compuesto orgánico volátiles por cromatografía de gases / espectrometría de masas (GC/MS)
- SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2000):** Tabasco. SAGARPA. *Estadísticas de producción y valor de los productos pesqueros.* <http://beta.semarnap.gop.Mx> consultado el 27/05/ 2000.
- Sutherland, T. F., S. A. Petersen, C. D. Levings, A. J. Martin. 2007.** *Distinguishing between natural and aquaculture-derived sediment concentrations of heavy metals in the Broughton Archipelago, British Columbia.* *Mar. Pollut. Bull.* 54:1451-60.
- Thomann, R. V., and Mueller, J. A. (1987).** *Principles of surface water quality modeling and control.* Harper-Collins, New York.
- Yáñez- Arancibia.1975.** *Informe final de la "Segunda etapa del programa de uso de la zona costera de Michoacán y Guerrero". relaciones tróficas de la faunaictiológica del sistema lagunar costero de guerrero y aspectos parciales de dinámica de poblaciones*

de los peces de importancia comercial 230p conv. del río balsas, SRN centro del mar y limnología.750p

Lombardo A., Martino E., Cioce F., 1981. *The activity of autotrophic nitrifying bacteria in the waters of the Lagoon of Venice, Archo Oceanogr. Limno/., 20, 73-89.*

ZIMMERMAN, J. T. F. 1981. *The flushing of well-mixed tidal lagoons and its seasonal fluctuations: 15-26. In: Coastal lagoon research. Present and Future. UNESCO, Paris.*

CONTRERAS, E. F. 1993A. *Ecosistemas costeros mexicanos. CONABIOUAMI. México. 415 p.*