



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Boca del Río
Departamento de División de Estudios de Posgrado e Investigación



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

“RELACION DEL CARBONO ORGANICO TOTAL CON LA CONCENTRACION DE
GRASAS – ACEITES EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES EN LA RESERVA DE LA
BIOSFERA PANTANOS DE CENTLA, TABASCO.”

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL

PRESENTA

IRIS DEL CARMEN PEREDA PRIETO

DIRECTOR DE TESIS

M.C. CHRISTIAN REYES VELAZQUEZ



Km. 12 Carr. Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Ver.
C.P. 94290. Tel. (229) 690 5010 ext. 102
dir01_bdelrio@tecnm.mx
tecnm.mx | bdelrio.tecnm.mx





ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Número Registro: **A-0905-060919**

En la ciudad de Boca del Río, Ver., siendo las 10:00 horas del día 12 del mes de mayo de 2021 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Consejo del Posgrado de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental del ITBOCA, para examinar la Tesis de Grado titulada:

“RELACIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO TOTAL CON LA CONCENTRACIÓN DE GRASAS – ACEITES EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA PANTANOS DE CENTLA, TABASCO.”

Que presenta el (la) alumno(a):

IRIS DEL CARMEN PEREDA PRIETO

Aspirante al Grado de:

Maestro en Ciencias en Ingeniería Ambiental

Después de escuchar las opiniones sobre el documento escrito e intercambiar puntos de vista, los miembros de la Comisión manifestaron SU APROBACIÓN, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes para su defensa ante el jurado correspondiente.

LA COMISIÓN REVISORA:

M.C. CHRISTIAN REYES VELAZQUEZ
Director

**DRA. MARIA DEL REFUGIO CASTAÑEDA
CHAVEZ**
Co-Director

DRA. PAULA ZUÑIGA RUIZ
Asesor

M.C. ROSA ELENA ZAMUDIO ALEMAN
Asesor





Instituto Tecnológico de Boca del Río
Departamento de División de Estudios de Posgrado e Investigación

Boca del Río, Ver., **14/MAYO/2021**

Asunto: **CONSTANCIA DE
NO INCONVENIENCIA**

LIC. ANA OLIVIA AVENDAÑO CHINCOYA
JEFA DEL DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
PRESENTE.

AT'N.LIC. SONIA CONCEPCIÓN SOLÍS SOLÍS
GESTOR DE TITULACIÓN
PRESENTE.

Por medio del presente, me permito hacer constar que el(a) candidato(a) a Maestro en Ciencias en Ingeniería Ambiental **C. IRIS DEL CARMEN PEREDA PRIETO** de la generación enero 2019 – diciembre 2020 con número de control **19990008**, cumplió con todos los requisitos para su liberación como tesista, mismos que incluyen la presentación del manuscrito final de tesis autorizado por su director de tesis **M.C. CHRISTIAN REYES VELAZQUEZ**, y el envío del artículo derivado de su tesis de grado a una revista indexada.

Por lo anterior no tengo inconveniente en que realice los trámites correspondientes para el acto recepcional para la obtención del grado de Maestro en Ciencias, en la fecha y hora que defina el candidato con su Director de tesis.

Sin otro particular y para los fines legales que corresponda, quedo de usted.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Por nuestros mares responderemos

M.C. ANA LETICIA PLATAS PINOS

**JEFA DE LA DIVISION DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

Vo.Bo.

M.C. CHRISTIAN REYES VELAZQUEZ

DIRECTOR DE TESIS

c.c.p. Coordinador de MCIAMB
c.c.p. Expediente



Km. 12 Carr. Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Ver.
C.P. 94290. Tel. (229) 690 5010 ext. 102
dir01_bdelrio@tecnm.mx
tecnm.mx | bdelrio.tecnm.mx



La Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental del Instituto Tecnológico de Boca del Río, está incluida en el Programa Nacional de Calidad (PNPC) del CONACyT con la Referencia 005071.

**“ENSEÑAR A CUIDAR
EL MEDIO AMBIENTE
ES ENSEÑAR A
VALORAR LA VIDA.”**

- ANONIMO

DEDICATORIA.

A mi esposo Gilberto por ser mi apoyo durante tantos años, por este y todos los proyectos a futuro.

A mi familia por enseñarme a trabajar duro y siempre salir adelante

A mis compañeros de posgrado por brindarme su amistad, consejos y paciencia.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por su apoyo de la beca recibida durante mi formación profesional a través del programa Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental con registro en PNPC como posgrado de calidad.

Al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Boca del Río por la formación dentro de sus instalaciones

Al M.C. Christian Reyes Velázquez por su apoyo en las asesorías y su disposición de tiempo en el desarrollo de este trabajo.

A la Dras. María del Refugio Castañeda Chávez y Paula Zúñiga Ruiz y M.C Rosa Elena Zamudio Alemán por su disposición, observaciones y recomendaciones para que este trabajo se elaborara.

Agradezco al cuerpo académico de la división de estudios y posgrados de investigación del ITBOCA por brindarme la oportunidad de desarrollarme en el ámbito de la investigación y la perfección del método científico.

Gracias por el apoyo brindado a todos los alumnos, compañeros, docentes, personal del laboratorio de investigaciones y de recursos acuáticos por haber hecho tan ameno el tiempo trabajado y aportarme sus conocimientos y experiencias en estos dos años.

RESUMEN

Este trabajo se enfoca en la relación entre el carbono orgánico total y las grasas y aceites como uno de los factores clave dentro de la contingencia ambiental ocurrida en el área de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla donde durante el año de 2018 fueron encontrados más de 48 cadáveres de manatíes.

Durante 2019 tres muestreos se realizaron a lo largo de un año, donde se cubrieron las temporadas de lluvias y estiajes determinadas para la región, se extrajeron muestras de sedimento superficial de la zona de estudio para los análisis de la concentración del carbono orgánico total en el área, así mismo se realizó la extracción de grasas y aceites en el sedimento

Los resultados obtenidos para carbono orgánico total en relación con los sitios de muestreo se encontró una mayor concentración en el sitio 2 (2.991667 ± 1.720676), mientras que, para temporada, se encontró mayor tendencia durante las lluvias (1.680000 ± 0.393769).

En cambio, para los resultados de Grasas – aceites en relación de los sitios de muestreo se encontró una mayor concentración en el sitio 1 con (72.117 ± 0.015861), mientras que para temporada se hayo una mayor tendencia en temporada de estiaje (45.639 ± 0.010857).

Se demostró que es posible que las grasas y aceites encontradas en los sedimentos superficiales no se hallen de manera natural si no por una acción antropogénica.

Palabras claves: Carbono Orgánico Total, Grasas y Aceites, Sedimentos Superficiales

ABSTRACT

This work focuses on the relationship between total organic carbon and fats and oils as one of the key factors within the environmental contingency that occurred in the area of the Pantanos de Centla Biosphere Reserve, where during the year 2018 more of 48 manatee carcasses were found.

During 2019, three samplings were carried out over a year, where the rainy and low-water seasons determined for the region were covered, samples of surface sediment were extracted from the study area for the analysis of the concentration of total organic carbon in the area, likewise the extraction of fats and oils was carried out in the sediment

The results obtained for total organic carbon in relation to the sampling sites, a higher concentration was found in site 2 (2.991667 ± 1.720676), while, for the season, a greater trend was found during the rains (1.680000 ± 0.393769).

On the other hand, for the results of Fats - oils in relation to the sampling sites, a higher concentration was found in site 1 with (72.117 ± 0.015861), while for the season there was a greater trend in the dry season (45.639 ± 0.010857).

It was shown that it is possible that the fats and oils found in the superficial sediments are not found naturally if not by an anthropogenic action.

Keywords. Total organic carbon; Fats and oils; Surface sediments.

Contenido

RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. MARCO TEORICO	13
2.1. HUMEDALES	13
2.3. ACTIVIDADES.....	16
2.4. MATERIA ORGÁNICA	17
2.5. PAPEL DE LOS CUERPOS DE AGUA	18
2.6. CUERPO DE AGUA.....	18
2.7. CONTAMINACIÓN DEL CUERPO DE AGUA.....	19
2.8. CONTAMINACIÓN DEL CUERPO DE AGUA POR HIDROCARBUROS.....	20
2.10. CARBONO ORGÁNICO TOTAL.....	25
2.11. EL CARBONO ORGÁNICO EN LOS SISTEMAS ACUÁTICOS.....	27
3.1. CARBONO ORGÁNICO TOTAL EL SEDIMENTO.....	28
3.2. GRASAS ACEITES EN EL CUERPO DE AGUA Y SEDIMENTO.....	29
4. JUSTIFICACIÓN.....	30
5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	31
6. HIPÓTESIS.....	32
7. OBJETIVOS	33
7.2. OBJETIVO GENERAL.....	33
7.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	33
8. MATERIAL Y MÉTODO.....	34
8.2. ÁREA DE ESTUDIO.....	34
8.2.1. CLIMA	35
8.2.2. HIDROGRAFÍA.....	36
8.2.3. ACTIVIDADES ECONÓMICAS	37
8.2.4. TEMPORADAS.....	38
8.3. CRITERIOS Y SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO.....	39
8.4. RECOLECCIÓN Y TOMA DE MUESTRAS.....	42
8.4.1. TRANSPORTE DE MUESTRAS.....	45
8.4.2. TRABAJO DE LABORATORIO Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	46
8.5. OBJETIVO 1: DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL Y GRASAS – ACEITES EN EL SEDIMENTO SUPERFICIAL.....	48
8.5.1. PRINCIPIO: CARBONO ORGÁNICO TOTAL POR MÉTODO DE IGNICIÓN.....	48
8.5.2. PROCEDIMIENTO.....	48
8.5.3. PRINCIPIO: MÉTODO DE GOLDFISH.....	50
8.5.4. PROCEDIMIENTO.....	52
8.5.5. Cálculo para expresión de resultado	53
8.6. Análisis Estadístico.....	54

9. RESULTADOS Y DISCUSION	55
9.2. RESULTADOS CARBONO ORGÁNICO TOTAL	55
9.1.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL POR SITIO DE MUESTREO.	56
9.1.2. ANÁLISIS DEL CARBONO ORGÁNICO TOTAL POR TEMPORADA DE MUESTREO.....	57
9.1.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL CARBONO ORGÁNICO TOTAL POR SITIO Y TEMPORADA DE MUESTREO.....	58
9.2. GRASAS – ACEITES POR SITIO Y TEMPORADA DE MUESTREO.	59
9.2.1. RESULTADOS DE GRASAS – ACEITES POR EL MÉTODO DE GOLDFISH.	59
9.2.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE GRASAS – ACEITES POR SITIO DE MUESTREO. 60	
9.2.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS GRASAS – ACEITES POR TEMPORADA DE MUESTREO.	61
9.2.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE GRASAS – ACEITES POR SITIO Y TEMPORADA DE MUESTREO.....	62
9.3. RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE GRASAS – ACEITES Y CARBONO ORGÁNICO TOTAL.	63
10. CONCLUSIONES.	65
11. LITERATURA CITADA.	68

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Rutas de dispersión del petróleo en ambientes marinos (McGenity *et al.*, 2012).**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 213

Figura 3. . Mapa de la zona de estudio, en color verde se puede observar el municipio de Macuspana. Elaboración Enrique Enríquez.....34

Figura 4. Rio Bitzales.....35

Figura 5. Actividad pesquera en la zona de Bitzales.....37

Figura 6. Mapa de los puntos de muestreo establecidos para este proyecto.....40

Figura 7. Toma de parámetros de Turbiedad con Disco de Secchi.44

Figura 8. Diagrama de Transporte de muestras.....45

Figura 9. En la Figura A se observan las muestras de sedimento antes de ser secadas en un horno, Figura B se aprecia el sedimento seco, Figura C se procedió a triturar el sedimento con ayuda de un mortero por ultimo en la figura D observamos el sedimento seco,47

Figura 10. A. podemos observar el equipo de extracción de grasas – aceites de Goldfish, en la figura B se observa el filtro de Wathmann, dentro de un dedal de cristal, colocado en el equipo con su respectivo vaso y reactivo, por último, en la figura C podemos observar el ensamblaje de las piezas del mismo51

Figura 11. Resultados obtenidos para Carbono Orgánico Total y sitios de muestreo.56

Figura 12. Resultados obtenidos para Carbono Orgánico Total y Temporadas de Muestreo.....57

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Niveles de hidrocarburos dispersos en las aguas del Golfo de México y Mar Caribe valores en µg/L-1. Extraída de Vélez y Botello, 2005.....	21
Tabla 2. Temporadas en la Zona de Tabasco.	38
Tabla 3. Puntos de Muestreo con sus respectivas Coordenadas	41
Tabla 4. Parámetros Fisicoquímicos obtenidos en los muestreos.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Media y desviación estándar para los resultados de Carbono Orgánico Total en los sitios de muestreo.	55
Tabla 6. Media y desviación estándar para los resultados de Carbono Orgánico Total por temporada.	55
Tabla 7. Valores medios de los sitios más representativos	56
Tabla 8. Contenido de Grasas y aceites obtenido mediante la técnica de Goldfish.	59
Tabla 9. Valores de ASEAN	63

1. INTRODUCCIÓN.

El territorio nacional de México ha sido sometido a una intensa presión antropogénica, la cual ha transformado y degradado sus ecosistemas. Esta alteración está intrínsecamente relacionada con problemas sociales y económicos (pobreza y bienestar humano) y conservación del medio ambiente (biodiversidad, sustentabilidad y otros).

La contaminación marina por hidrocarburos y sus derivados en las costas mexicanas es el problema de mayor importancia ecológica en la actualidad. Esto se debe a que nuestro país es uno de los principales productores y exportadores de petróleo y sus derivados para Latinoamérica, Estados Unidos, Canadá, Europa y Asia; en el Golfo de México se localizan las más grandes provincias petroleras del mundo, cuyos recursos se estiman entre 2.24 y 21.9 bbl de petróleo crudo y de 5.48 a 44.4 tct de gas natural (Foote et al., 1983); En México, cerca del 88% de la energía primaria que se consume proviene del petróleo, llega a nosotros cada día en una gran variedad de formas y es la principal fuente de insumos para generar energía eléctrica, permite la producción de combustibles para los sectores de transporte e industrial, así como también es materia prima de gran cantidad de productos como telas, medicinas o variados objetos de plástico (Anaya, 2014). Es una actividad que se ha mantenido desde inicios del siglo XIX hasta hoy en día y que ha jugado un rol central en la vía política, económica y social del país (De la Fuente, 2015).

En el Estado de Tabasco se han perdido cuando menos 50% de sus humedales, en donde se estima que 19,922.9 ha corresponden a manglar (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2011; Landgrave y Moreno-Casasola, 2012), Las áreas naturales protegidas (ANP) y en particular la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla (RBPC) no son ajenas a dichas presiones y cambios, principalmente porque sus entornos se han modificado para atender actividades productivas que han beneficiado algunos sectores y para otros han representado pérdida de oportunidades y recursos naturales (Guerra Martínez y Ochoa Gaona, 2008).

La actividad petrolera ha generado impactos negativos en el manglar debido a la contaminación de cuerpos de agua y la degradación del suelo, ocasionado por los continuos derrames de hidrocarburos y desechos tóxicos, alterando sus propiedades físico-químicas y con ello causando la muerte de propágulos, plántulas y árboles de mangle (Adams, 1999; García-López *et al.*, 2006; Olguín *et al.*, 2007). Las consecuencias ecológicas, sociales y económicas, debido a estos accidentes petroleros han sido severas ya que algunos hidrocarburos contenidos en el petróleo pueden causar mortandad en peces y en otros organismos, afectando principalmente las actividades pesqueras, así como las cadenas

tróficas de las zonas costeras y terrestres, lo que conlleva a graves problemas ecológicos en el Golfo de México (García Cruz & Aguirre Macedo, 2014).

El petróleo puede ingresar al ambiente de manera natural a través de afloramientos naturales mejor conocidos como chapopoterías o por derrames y accidentes ocasionados por el hombre, lo cual es una de las causas que más impactos negativos genera (Atlas, 1981). Cuando el hidrocarburo se adhiere a otros cuerpos, o forma partículas con densidad superior a la del agua, puede hundirse hasta el fondo en un proceso llamado sedimentación. Siendo los sedimentos el mayor receptáculo y el más estable para materiales y sustancias dispersas en los cuerpos de agua, por lo que el análisis químico de los sedimentos es de gran utilidad para detectar algunos de estos compuestos en los ecosistemas acuáticos y debido a su relevancia son utilizados como indicadores de contaminación (Villanueva & Páez-Osuna, 1995).

2. MARCO TEORICO

2.1. HUMEDALES

El territorio nacional de México ha sido sometido a presión antropogénica, la cual ha transformado y degradado sus ecosistemas. Esta alteración está intrínsecamente relacionada con problemas sociales y económicos (pobreza y bienestar humano) y conservación del medio ambiente (biodiversidad, sustentabilidad y otros). (Galindo *et al.*, 2006). Los humedales son sistemas naturales definidos por la Convención RAMSAR en 1993 como extensiones de marismas, pantanos o superficies cubiertas de agua, de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces o saladas. Estos sitios son importantes económica, biológica, ambiental y culturalmente (Cowardin en De la Lanza, 1999) debido a la diversidad de especies animales y vegetales, raras, en peligro de extinción o endémicas que se encuentran en ellos. (De la Lanza, 1999; ECOYUC, 2002).

La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla en el estado de Tabasco, es el área más amplia de humedales en Norteamérica, cuenta con una superficie de 302,706 ha en los municipios de Centla, Jonuta, Macuspana y Campeche, alberga uno de los sistemas hidrológicos más grandes de México y fue establecida con el objetivo fundamental de propiciar su conservación y el desarrollo socioeconómico a los habitantes que la integran. Conservar los Pantanos de Centla representa salvaguardar casi el 12% de la vegetación acuática y subacuática del territorio nacional, vertebrados mayores, aves incluyendo residentes o migratorios, mamíferos, reptiles, peces y anfibios reportándose dentro de estas 133 especies con algún grado de vulnerabilidad debido a la destrucción de su hábitat o su extracción directa (INE – SEMARNAP, 2000; SEMARNAT, 2019).



Figura 1. Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. Fotografía Propia

2.2. HUMEDALES: RESERVA DE LA BIÓSFERA PANTANOS DE CENTLA

Los ambientes acuáticos, semiacuáticos y costeros forman parte de la riqueza biológica y ecológica de nuestro planeta y son importantes zonas de productividad. Dentro de estos ambientes se encuentran las zonas de humedales (Guerra & Ochoa, 2006).

Los humedales son sistemas naturales que se definen por la Convención RAMSAR en 1993 como extensiones de marismas, pantanos o superficies cubiertas de agua, de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces o saladas. La característica que los humedales comparten es que el sustrato está periódicamente saturado o cubierto con agua y la saturación es el factor que determina la naturaleza del desarrollo del suelo y del tipo de comunidades de plantas y animales que habitan (DUMAC, 2000).

Los humedales son importantes económica, biológica, ambiental y culturalmente (Cowardin en De la Lanza, 1999) debido a la diversidad de especies animales y vegetales, raras, en peligro de extinción o endémicas que se encuentran en ellos. Las funciones que desempeñan son numerosas, pudiendo mencionarse:

- a) El abastecimiento de agua, para consumo humano, la agricultura, cría de animales y uso industrial;
- b) La recarga para el manto freático y descarga de aguas subterráneas, al infiltrarse la lluvia en el suelo, se forman aguas subterráneas que salen a la superficie a través de manantiales costeros;
- c) La protección y mitigación de tormentas;
- d) El control y riesgo de inundaciones, la vegetación permite que el agua de la superficie se escurra más lento y se distribuya por el humedal;
- e) La retención de carbono, sedimentos y nutrientes; los restos de plantas y animales se almacenan creando una fuente de materia orgánica que sirve de alimento a varias especies;
- f) Funcionan como receptores de desperdicios y actúan limpiando aguas contaminadas;
- g) El control de la erosión debido a que las raíces de la vegetación impiden que vientos se lleven las arenas o tierras;

h) Son el sitio de anidación y reproducción de muchas especies terrestres y acuáticas. Organismos marinos que sirven de alimento para el ser humano dependen de los humedales para cumplir parte de su ciclo biológico;

i) La recreación y el turismo pueden desarrollarse actividades como la pesca, observación de aves, fotografía de la naturaleza, natación y navegación en veleros (De la Lanza, 1999; ECOYUC, 2002; Guerra & Ochoa, 2006).

En México los humedales ocupan una superficie aproximada de 167 millones de hectáreas y se encuentran en Sinaloa, la península de Yucatán, en los desiertos de Baja California, Sonora y Chihuahua y en los Pantanos de Centla, Tabasco (Cervantes, 1999).

2.3. ACTIVIDADES

El Golfo de México es una de las regiones petroleras más grandes del mundo y está expuesta a la exploración y explotación de este recurso. A finales de 1920 comenzó la explotación de la cuenca del sureste, que abarca los estados de Oaxaca, Chiapas, Campeche y Tabasco. En este último estado la actividad petrolera que se localiza en la reserva de la biosfera Los Pantanos de Centla inició como tipo exploratoria, pero ahora está sometida a las actividades de extracción.

Las actividades petroleras por parte de PEMEX a partir de 1951, representan una amenaza para la conservación de la Reserva. Hasta 1997 se reportó la existencia de 55 campos petroleros con 295 pozos, cinco estaciones de recolección, 150 líneas de descarga de pozos y cinco ductos principales. Se ha reconocido que las consecuencias de estas actividades son de alto impacto, debido a la contaminación de cuerpos de agua y la degradación de la vegetación y del suelo, pero son casi nulos los trabajos publicados que han evaluado los efectos (INE-SEMARNAP, 2000); Además de la actividad petrolera, la zona también cuenta con intensa actividad turística, siendo esta una importante fuente de combustibles.

Este tipo de sitios son ecosistemas complejos que interactúan con los contaminantes de varias maneras, la percepción general de que los humedales mejoran la calidad del agua ha llevado a su uso para la eliminación de aguas residuales en muchas partes del mundo, pero muchos de los mecanismos por los cuales los humedales retienen y procesan los insumos de agua son aún poco conocidos; Los humedales reciben agua de la precipitación, el agua subterránea y / o la superficial que es transmitida en forma de escorrentía, arroyos, ríos, lagos y descargas de aguas residuales humanas. Estas fuentes de agua transmiten cantidades variables de sedimentos y nutrientes. En general, los insumos más altos provienen de fuentes alteradas antropogénicamente (descargas de aguas residuales, aguas superficiales y escorrentía de las tierras urbanas y agrícolas), mientras que las más bajas provienen de la precipitación y las aguas subterráneas. (Johnston, 1991).

Actualmente el petróleo es una de las principales fuentes de energía para la civilización industrializada, pues es vital para el desarrollo muchos procesos, sin embargo, la industria petrolera es una de las que más impacto tiene en el medio ambiente. Los derrames de hidrocarburos son uno de los principales problemas que se presentan en la explotación petrolera; estos pueden ser causados por accidentes en las plataformas petroleras o durante su transporte. Estos derrames pueden afectar la actividad pesquera intoxicando a la fauna e

interfiriendo con las actividades pesqueras, además se perturba el ecosistema y se alteran las cadenas tróficas (Wakida-Kusunoki, 2009).

2.4. MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica disuelta es un componente químico de gran importancia, aunque a menudo se pasa por alto, esta desempeña funciones importantes en muchos procesos ecológicos y geoquímicos, los compuestos que comprenden la materia orgánica disuelta en sistemas acuosos a menudo controlan los procesos ecológicos al influir en el pH, que sirven como sustratos para las reacciones mediadas por microbios (Findlay, 2003) e influyendo en la disponibilidad de nutrientes (Qualls y Richardson, 2003). La materia orgánica disuelta también ejerce fuertes controles químicos sobre las reacciones geoquímicas (Waples *et al.*, 2005) y fotoquímicas (Stubbins *et al.*, 2008) que reaccionan e interactúan fuertemente con metales traza (Perdue, 1998) y contaminantes orgánicos (Chin, 2003), mejorando sus aparentes solubilidades y transporte. Además, la materia orgánica disuelta desempeña un papel clave en la formación de subproductos de desinfección durante el tratamiento de suministros de agua potable con desinfectantes (Singer, 1994).

Por otra parte, en los países en vía de desarrollo, existe un crecimiento sin control ni planeación tanto de industrias como de asentamientos humanos, originando entre otros el problema de la alteración de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos, ya que se utilizan como un sistema de eliminación muy cómodo, en donde los ríos tienen un papel fundamental, dada su naturaleza lótica. El sedimento es una matriz estable que funciona como reservorio de nutrientes y contaminantes orgánicos e inorgánicos (Cisternas *et al.* 2000), entre los cuales existen compuestos exógenos como aceites y grasas e hidrocarburos que han sido descritos como indicadores sensitivos de contaminación orgánica antropogénica, ya que son escasamente solubles en agua y muy resistentes a la degradación (Barba 2002). Esto refuerza la importancia del estudio de las grasas – aceites contenidas en el sedimento superficial, ya que nos puede servir como indicador de la perturbación antropogénica que existe en la zona.

2.5. PAPEL DE LOS CUERPOS DE AGUA

Los ríos forman un enlace crucial en los ciclos biogeoquímicos de mayor escala a través del transporte río abajo de materiales y el intercambio de gases, entre los suelos saturados de cuencas y la atmósfera.

La escorrentía superficial, representa el camino principal por el cual los materiales orgánicos e inorgánicos son transferidos de los continentes hacia los océanos, siendo los ríos el intervalo en este camino. Es clave entender que los ríos no funcionan simplemente como conductos de transferencia río abajo; son ambientes altamente reactivos donde la carga disuelta y particulada, puede ser muy diferente a la carga original del nacimiento (Mc Clain y Elsenbeer, 2001).

2.6. CUERPO DE AGUA.

Al observar un río se percibe que la composición del agua es el resultado de una serie de procesos externos e internos, a los cuales contribuyen de manera especial las actividades de los animales, la asimilación de las plantas, la regeneración de nutrientes y de una manera importante, la actividad de muchos microorganismos que contribuyen con su equilibrio (Margalef, 1983).

Así mismo se reconoce que el tipo de interacciones que ocurren en la cuenca, hacen parte de un ecosistema. Los ecosistemas presentan dos fenómenos; el primero, es una circulación interna de nutrientes regulada por cadenas interconectadas de procesos biológicos y el segundo, es el procesamiento de materia orgánica por organismos físicamente mezclados que pueden regular su propia abundancia.

Por lo tanto, la circulación de masa es la base del concepto de ecosistema, en especial los desplazamientos de carbono orgánico y elementos como el N y el P (Lewis y colaboradores, 1990). Para algunos la escala que alcanzan los flujos de masa en un río que abarca un área tan grande, tan diversa, con sistemas de transporte tan complejos y elevados como la cuenca del R. Orinoco, no se considera un ecosistema; más bien se le estima como un complejo de ecosistemas (Lewis y colaboradores, 1990).



Figura 2. Cuerpo de agua. Extraída de Internet

2.7. CONTAMINACIÓN DEL CUERPO DE AGUA.

La contaminación del agua es cualquier cambio físico o químico en ésta que puede afectar adversamente a los seres vivos (Valencia *et al.*, 2007). Los mares, ríos y lagos son ser utilizados como vertederos de diversos contaminantes (Jarquín *et al.*, 2015) como desecho de las actividades industriales, actividades domésticas, comerciales o agropecuarias (CONAGUA, 2016). Existen muchos compuestos que terminan en mares o ríos como los metales pesados, los plaguicidas, los plásticos o el petróleo (Botello, 2005).

La contaminación del agua a través de actividades de producción en los diferentes sistemas acuáticos depende de la magnitud de contaminante (Landeros *et al.*, 2012). La contaminación en cuerpos de agua por metales pesados plantea una de las más severas problemáticas (Reyes *et al.*, 2016). La acumulación de metales pesados en las lagunas del Golfo de México, se debe a las descargas de actividades antrópicas y a procesos fisicoquímicos y ecofisiológicos (Lango *et al.*, 2010). Generalmente se producen como producto de contaminación de efluentes industriales metales (Tejada *et al.*, 2015), estos son el cromo, níquel, cadmio, plomo y mercurio, los plaguicidas desembocan al agua por escurrimiento, infiltración y erosión de los suelos (Hernández y Hansen, 2011). Las actividades que contribuyen a contaminar las aguas subterráneas y superficiales suelen ser de carácter agronómico (Megchun *et al.*, 2019); Otro tipo de contaminación es la derivada del plástico la cual produce daños irreparables al planeta circunstancia que en la actualidad lejos de disminuir, se agudiza cada día.



Figura 3. Contaminación del agua. Extraída de Internet

De acuerdo a Rojas en 2018 se espera que para los próximos años exista más plástico que peces en el mar. Las partículas de plástico son colonizadas por microorganismos, incluyendo patógenos, que alteran las cadenas tróficas, los ciclos de nutrientes y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. En la actualidad es posible encontrar plástico en el tracto digestivo del zooplankton y peces (Luque, 2019). El gran problema de muchos contaminantes persistentes en agua es el grado de eliminación o degradación pues muchos de estos contaminantes son altamente recalcitrantes (Ocaña *et al.*, 2003). Uno de los contaminantes que ocasiona constantes daños a ecosistemas acuáticos es el petróleo (Botello, 2005), que representan una problemática de contaminación a nivel mundial (Olguín *et al.*, 2007).

2.8. CONTAMINACIÓN DEL CUERPO DE AGUA POR HIDROCARBUROS

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno. El número de carbonos y su estructura química determina su clasificación (Hartley y Englande, 1992). De acuerdo a esto los hidrocarburos alifáticos son de cadena lineal o ramificada y pueden ser saturados (alcanos) o insaturados (alquenos y alquinos), mientras que los hidrocarburos de cadenas cíclicas, pueden ser saturados (cicloalcanos) o con uno o más anillos bencénicos (aromáticos) (Morrison y Boyd 1985), de acuerdo con Olguín y colaboradores en 2007 los alcanos son casi totalmente insolubles en agua debido a su baja polaridad y a su incapacidad para formar enlaces con el hidrógeno, mientras que los hidrocarburos aromáticos son líquidos o sólidos a temperatura ambiente y sus puntos de ebullición están cercanos a los de los cicloalcanos correspondientes.

De la misma forma se sabe que uno de los principales derivados de los hidrocarburos es el petróleo el cual esta compuestos químicamente por un 50-98% de hidrocarburos con relación a la composición total (Botello, 1995). Desde la década de los 70s se ha investigado el comportamiento del petróleo en los sistemas costeros del Golfo de México, iniciando programas de vigilancia de los ecosistemas en donde se contempló el análisis de la columna de agua debido a la importancia que representa al ser el medio donde se llevan a cabo las interacciones entre los componentes bióticos y abióticos incluidos los contaminantes.



Figura 4. Cuerpo de agua, contaminado por hidrocarburo. Extraída de Internet.

Los estudios realizados sobre este aspecto han incluido ambientes como lagunas, ríos y estuarios, así como la zona marina adyacente y oceánica (Vélez y Botello, 2005); En la siguiente tabla extraída de Vélez y Botello en 2005 se presenta la recopilación de varias investigaciones, y se pueden observar las concentraciones reportadas en diversos artículos con el criterio de calidad establecido por la UNESCO en 1976 para hidrocarburos dispersos de 10 $\mu\text{g L}^{-1}$.

Tabla 1 Niveles de hidrocarburos dispersos en las aguas del Golfo de México y Mar Caribe valores en $\mu\text{g L}^{-1}$. Extraída de Vélez y Botello, 2005.

Localidad	Año	Concentración Promedio (Intervalo $\mu\text{g/L}$)	Autores
Río Tuxpan, Veracruz	1983	20(10-50)	Celis <i>et al.</i> , 1987
Río Tonalá, Veracruz	1983	9 (0.3-18)	Celis <i>et al.</i> , 1987

Río Coatzacoalcos, Veracruz	1982-1983	14 (2-62)	Celis <i>et al.</i> , 1987
Laguna del Ostión, Veracruz	1982-1983	12 (7-17)	Celis <i>et al.</i> , 1987
Puerto de Veracruz	1981	14 (<0.01-43)	Celis <i>et al.</i> , 1987
Laguna del Carmen, Tabasco	1980	4 (3-5)	Celis <i>et al.</i> , 1987
Laguna Machona, Tabasco	1980	7 (2-11)	Celis <i>et al.</i> , 1987
Laguna Mecoacán, Tabasco	1980	5 (4-7)	Celis <i>et al.</i> , 1987
Laguna Mecoacán, Tabasco	1993	0.93 (0.22-2.8)	Díaz-González <i>et al.</i> , 1994
Laguna de Términos, Campeche	1984-1985	48 (<0.01-319)	Celis <i>et al.</i> , 1987
Laguna Bojórquez, Q. Roo	1984-1985	4.4	Celis <i>et al.</i> , 1987
Golfo de México	1983-1985	11 (<0.01-49)	Celis <i>et al.</i> , 1987
Caribe Mexicano	1983-1985	15 (<0.01-46)	Celis <i>et al.</i> , 1987
Sonda de Campeche	1987-1988	8.8	Botello <i>et al.</i> , 1997
Criterio de calidad para aguas costeras no contaminadas, UNESCO	1976	10	UNESCO, 1976
Criterio de calidad ambiental USEPA		0.03	Law <i>et al.</i> , 1997
Concentración máxima permisible en la Unión Europea		0.2	Law <i>et al.</i> , 1997

El estudio de la contaminación por petróleo en los océanos mundiales y zonas costeras enfrenta dos aspectos opuestos de las actividades humanas: primero la alteración de los ecosistemas marinos y segundo la innegable necesidad de preservar y proteger a los recursos marinos para nuestros usos actuales y los de las generaciones futuras (Botello, 2005).

Entre los múltiples factores que afectan el ambiente están los derramamientos, vertimientos de residuos industriales en ríos, mares y otras fuentes (Grey, 2016). Los derrames de petróleo implican la exposición a una mezcla de productos químicos antes mencionados al igual que la exposición a otras sustancias químicas peligrosas como el mercurio y el vanadio (Levy y Nasseta, 2011); En la figura 1 observa la ruta de dispersión del petróleo cuando es derramado o vertido en un cuerpo de agua, Los impactos directos sobre el medio ambiente están relacionados con la muerte y la pérdida de las especies dentro de un ecosistema (ITOPF, 2017).

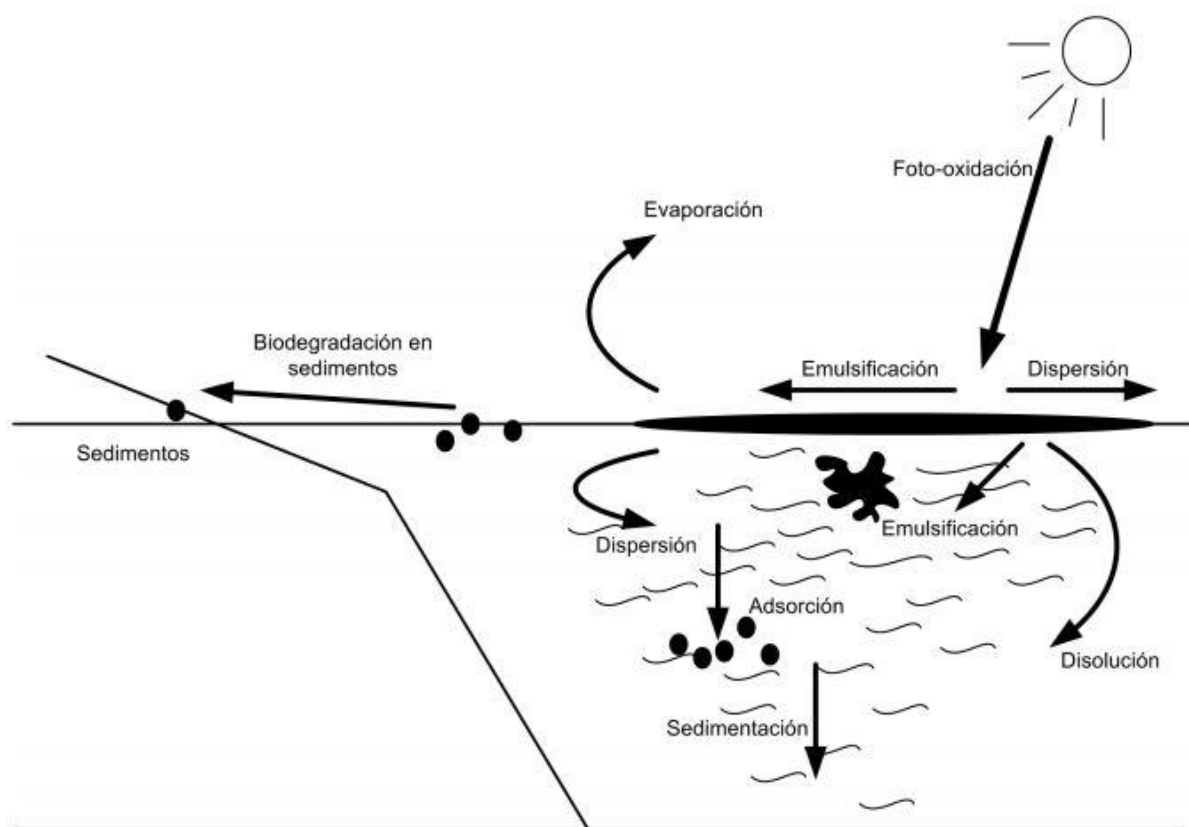


Figura 5. Rutas de dispersión del petróleo en ambientes marinos (McGenity et al., 2012).

Los derivados del petróleo se adhieren a las branquias de los peces, afectando su respiración, además se adhieren y destruyen las algas y el fitoplancton afectando la alimentación y reproducción de la vida acuática en general (Reyes 2005); otros compuestos derivados de los combustibles y del petróleo se adhieren a los moluscos bivalvos y algunos tipos de crustáceos (Botello, 2005). El contacto o ingesta con el agua contaminada por hidrocarburos pueden ser un riesgo para organismos bentónicos como langostas, cangrejos, estrellas de mar, u ostras (Ranjbar Jafarabadi *et al.*, 2017). Los estudios en animales han descrito efectos negativos sobre los pulmones, el sistema nervioso central, el hígado, los riñones, el sistema reproductivo y el feto generalmente después de inhalación o ingestión de componentes de los hidrocarburos totales de petróleo (Alinnor, 2013).

Dentro del ámbito sanitario, cuando hablamos sobre la población que vive en las inmediaciones de ríos, lagos o sitios contaminado de petróleo la población presenta diferentes padecimientos, en los niños tienden a desarrollar problemas pulmonares (Salvi 2007); en los adultos que están expuestos a estos tipos de daños (Mastrangelo *et al.*, 1996), pueden generar cáncer en distintos órganos (Boffetta *et al.*, 1997) y problemas de tipo psicológico tras

exposiciones crónicas a PAH (Tormoehlen *et al.*, 2014). El impacto de los hidrocarburos puede permanecer durante décadas, con lo cual el riesgo de exposición se mantiene vigente (Olguín *et al.*, 2009). La determinación de hidrocarburos en agua es de importancia para las entidades ambientales, debido a los deterioros que causan éstos al ambiente (Castillo *et al.*, 2013). En México se reconoce la existencia de ductos de petróleo y tuberías de gas que atraviesan por toda la República Mexicana con frecuencia estos ductos están deteriorados y se producen derrames (Lizardi, 2011).

2.9. CONTAMINACIÓN DE SEDIMENTOS POR HIDROCARBUROS.

Una gran variedad de sustancias orgánicas, incluyendo los contaminantes antropogénicos, son transportadas hacia los ecosistemas costeros vía descarga de los ríos; la distribución y el destino de los contaminantes en el agua, los sedimentos y la biota en los estuarios, están influenciados por diversos factores tales como la salinidad, el pH, la materia particulada suspendida, las corrientes, las mareas y la variabilidad estacional meteorológica (Jaffé, 1991; Fernández *et al.*, 1997).

Los sedimentos son un componente importante en los ecosistemas acuáticos y en ellos pueden acumularse sustancias tóxicas mediante mecanismos complejos de adsorción físicos y químicos y dependen de la naturaleza de la matriz sedimentaria y las propiedades de los compuestos adsorbidos. (Agraz – Hernández, 2005); Una gran cantidad de sedimentos de ambientes acuáticos cercanos a centros urbanos, contienen concentraciones altas de contaminantes ambientales. Estos contaminantes pueden acumularse en la biota residente y ser incorporados en las cadenas alimenticias marinas o costeras. La relación entre los niveles de contaminantes en sedimentos y los asociados a la biota ha recibido recientemente mucho interés, especialmente en relación al dragado y depósito de este tipo de sedimentos (Pruell *et al.*, 2000). Los contaminantes ambientales en los sedimentos acuáticos frecuentemente ocurren en mezclas complejas. Conforme estos compuestos pasan de los sedimentos hacia las cadenas alimenticias, los cambios ocurren en las concentraciones relativas o las distribuciones de contaminantes.

2.10. CARBONO ORGÁNICO TOTAL.

La materia muerta procede de la materia viva y a su vez va siendo descompuesta continuamente por la luz o es precipitada. Su concentración expresa un estado de equilibrio en el que las salidas son función del contenido y las entradas dependen de la producción del ecosistema. Es de esperar cierta correlación entre la producción primaria y la concentración de materia orgánica (Margalef, 1983). La materia orgánica particulada y disuelta muerta, es una de las principales fuentes de energía de las cadenas alimenticias, en especial de aquellas que se encuentran en los ríos. Los consumidores inmediatos de estas fuentes de energía son los descomponedores. Parte de este material se origina en el río, por ejemplo, de macrófitas, heces de animales y compuestos extra celulares; otros son transportados al río desde afuera, provenientes de hojas caídas y partículas del suelo. Todas estas fuentes pueden exceder la energía transformada dentro los ríos por la fotosíntesis.

Las fuentes heterotróficas son más importantes en los lugares donde las oportunidades para la fotosíntesis son menores. Por ejemplo, en pequeños ríos en regiones muy frondosas donde los bancos de los ríos llenos de madera proveen abundantes entradas de residuos de plantas mientras que el crecimiento algal puede ser reducido por la sombra de los árboles. Los grandes ríos también suelen estar dominados por procesos de descomposición, pues la turbidez y profundidad limitan la entrada de luz (Allan, 1996).

Los compuestos orgánicos de carbono, más o menos reducidos en cualquier ecosistema se pueden considerar repartidos en tres compartimentos: materia viva en partículas, materia muerta en partículas y materia muerta disuelta. La concentración de carbono orgánico en las aguas epicontinentales, oscila entre 1 y 30 mg C/L. Por lo general hay de 6 a 10 veces más carbono orgánico disuelto que en partículas. También es común encontrar 10 veces más material detrítico que plancton vivo, además de grandes diferencias entre la materia orgánica disuelta en la superficie que en niveles más profundos (Margalef, 1983).

Los cambios en la cantidad de COP ocurren por muerte, alimentación o parasitismo. El COP puede transformarse en Carbono Orgánico Disuelto o CO₂ por respiración y en COD por secreción, excreción y autólisis (Lamper y Sommer, 1997). La rapidez a la cual se realiza la descomposición depende de diferencias intrínsecas a las hojas, variables ambientales y de la actividad de los descomponedores. Las consecuencias de esta variación resultan en un intervalo de descomposición en el cual la hoja colonizada está disponible por un mayor o menor tiempo. Además, suele ser mayor en ambientes más calurosos y nutritivos. Bajos

niveles de pH retardan la descomposición por la inhibición de microorganismos e invertebrados (Allan, 1996).

2.11. EL CARBONO ORGÁNICO EN LOS SISTEMAS ACUÁTICOS.

El carbono es el elemento en torno al cual se organiza la vida en La Tierra. Todas las formas de vida conocidas son estructuras más o menos complejas de carbono elemental y de compuestos de carbono. Las principales reservas de carbono en la Tierra se encuentran en el CO₂ atmosférico, en los fondos marinos y en los depósitos geológicos minerales (rocas carbonatadas y combustibles fósiles).

En condiciones naturales, la actividad fotosintética y la respiración gobiernan el equilibrio de carbono en la Tierra, con la participación, en el caso de los ecosistemas acuáticos, de los procesos de precipitación química de compuestos carbonatados. El problema del cambio climático debido al aumento de la concentración de gases con efecto invernadero en la atmósfera es, en esencia, una cuestión de alteración de la velocidad del ciclo del carbono. En condiciones naturales, una pequeña fracción del carbono se va acumulando en el fondo de mares y océanos, que actúan como grandes sumideros de carbono a escala planetaria, en forma de materiales carbonatados y carbono orgánico fósil.

En estos depósitos el carbono acumulado queda fuera del ciclo por espacio de 10⁴ -10⁶ años, hasta que por procesos tectónicos o de vulcanismo, vuelve a ser expuesto a la atmósfera y se mineraliza dando CO₂ que cierra su ciclo. Lo que la naturaleza hace en 10⁴ - 10⁶ años, el hombre lo lleva a cabo, mediante la extracción y aprovechamiento energético de recursos fósiles, en 10¹ -10² años, de manera que inyecta en la atmósfera, en un reducido espacio de tiempo, una mayor cantidad de carbono que la que correspondería en la escala de tiempo natural. Los ecosistemas acuáticos, a gran escala en el caso de mares y océanos y a una escala muy modesta los ecosistemas acuáticos epicontinentales, tienen todos los mecanismos para actuar como sumideros de carbono. De hecho, esa es una de sus principales funciones dentro del ciclo del carbono, que ningún otro ecosistema puede hacer con una eficacia comparable.

De forma simple, el CO₂ está asociado a las actividades de fotosíntesis, respiración y junto con el calcio, está integrado en el sistema carbónico-carbonatos, que juega un papel clave en la estabilización del pH del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales. El metano por su parte, proviene de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica. En cuanto a los compartimentos implicados en el ciclo del carbono de un ecosistema acuático, son básicamente cuatro: la atmósfera, la masa de agua, los sedimentos y los seres vivos.

3. ANTECEDENTES

3.1. CARBONO ORGÁNICO TOTAL EL SEDIMENTO.

Entre los estudios que se encuentran de carbono orgánico total en sedimentos podemos mencionar a Burone y colaboradores en 2003 los cuales realizaron un análisis del contenido de materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno, azufre y variables granulométricas en 101 muestras de sedimentos superficiales de la Bahía de Ubatuba para investigar la distribución espacial de la materia orgánica, su origen y las relaciones entre sus componentes. Al finalizar su trabajo determinaron que existe una relación lineal simple entre el contenido de carbono orgánico y el contenido de materia orgánica determinado por la técnica de calcinación. Teniendo en cuenta que el análisis del contenido de materia orgánica es menos costoso y requiere menos tiempo que el análisis del carbono orgánico, el presente método de estimación puede ser útil cuando se necesita una evaluación rápida del contenido de carbono orgánico para muestras de entornos similares.

- Dubois y colaboradores en 2012, analizaron el origen y la composición de la materia orgánica del sedimento (MOS) junto con su distribución espacial en la Bahía de Arcachon, una laguna macrotidal que alberga la pradera más grande de Europa. Según su estudio la composición de MOS tendió a ser homogénea en todo el ecosistema y reflejó la alta diversidad de productores primarios en este sistema. En promedio, la MOS estaba compuesta por un 25% de fanerógamas en descomposición, un 19% de microphytobentos, un 20% de fitoplancton, un 19% de río SPOM y un 17% de macroalgas.
- Azlan y colaboradores en 2012, estudiaron la relación de los factores fisicoquímicos con la contaminación de sedimentos extraídos de la zona de Pengkalan y comparándolos con otras zonas contaminadas.
- (Remeikaitė-Nikienė et al., 2016). Investigaron la distribución temporal y espacial de la materia orgánica sedimentaria (MOS) y sus fuentes en el Mar Báltico sudoriental. La materia orgánica se caracterizó por el contenido de carbono orgánico.
- Clara Jeyageetha en 2016, realizó un estudio de los niveles máximos de aceites en sedimentos marinos en una bahía cerca de una termoeléctrica. Máximo recomendado para aceites 130.8mg/L

3.2. GRASAS ACEITES EN EL CUERPO DE AGUA Y SEDIMENTO.

En 2011, Aiken y colaboradores realizaron un estudio donde se indica que la materia orgánica disuelta (MOD) en los Everglades de Florida controla una serie de procesos ambientales importantes para la función del ecosistema, dentro de los que se incluyen la absorción de luz, la disolución / precipitación de minerales, el transporte de compuestos hidrófobos y el transporte y reactividad de los metales, como como el mercurio. Los intentos propuestos para devolver a los Everglades a condiciones de flujo más naturales darán como resultado cambios en el transporte actual de MOD desde el Área Agrícola de Everglades y las áreas de conservación del norte a la Bahía de Florida.

4. JUSTIFICACIÓN.

De acuerdo a Zedler y Kercher (2005) y Mistsch y Gosselink (2007); Los humedales proporcionan numerosas funciones hidrológicas y ecológicas insustituibles, como son la estabilización de los suministros de agua, la reducción de las inundaciones, la purificación del agua y la erosión, También se sabe que los humedales y pantanos tienen la capacidad de limpiar el agua contaminada que fluye hacia ellos (Albert & Minc, 2004).

La sedimentación puede resultar en una alta turbidez, lo que puede llevar a condiciones inadecuadas para que muchos macrófitos y algas acuáticas hagan la fotosíntesis y sobrevivan (Albert y Minc, 2004). Es por eso que el análisis de los sedimentos del suelo es de gran importancia, pues estos ayudan a la retención de contaminantes, donde son almacenados por periodo largos convirtiéndose en una fuente de contaminación para los organismos que los habitan (Díaz-González, *et al.*, 1994). El análisis de la materia orgánica y concentración de grasas y aceites en los sedimentos es por lo tanto un factor que puede ser utilizado como indicador de perturbación en la zona de estudio.

5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el efecto que tiene la temporada del año, así como el sitio de muestreo y las actividades antropogénicas sobre la relación existente entre la concentración del Carbono Orgánico Total y Grasas - Aceites en los sedimentos superficiales de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla?

6. HIPÓTESIS.

La concentración de Carbono Orgánico Total y Grasas - Aceites en los sedimentos superficiales de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla estará dada en relación de la temporada del año, así como del sitio de monitoreo debido a la actividad antropogénica que se desarrolla en la zona.

7. OBJETIVOS

7.2. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar la relación entre el Carbono Orgánico Total en la concentración de Grasas –Aceites en los sedimentos superficiales de la RBPC, así como la influencia en los sitios de muestreo durante un ciclo anual.

7.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar la concentración de Carbono Orgánico Total y Grasas – Aceites en el sedimento superficial durante un ciclo anual
- Identificar la influencia de la temporada y sitio de muestreo sobre la concentración de Carbono Orgánico Total y Grasas - Aceites en los sedimentos superficiales.
- Analizar la correlación y dependencia del Carbono Orgánico Total con las Grasas - Aceites en el sedimento superficial durante un ciclo anual.

8. MATERIAL Y MÉTODO

8.2. ÁREA DE ESTUDIO.

El Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera de Pantanos de Centla (RBPC); la cual fue decretada el 06 de agosto de 1992, la reserva posee una extensión de 302,706 has, repartidas entre los municipios tabasqueños de Centla, Jonuta y Macuspana, además de Campeche. El río Bitzal cubre un área que abarca las comunidades de Macuspana, Jonuta y Centla. Este alimenta varios cuerpos de agua que conectan a los diferentes pantanos y humedales. (INEGI, 2009). Es parte fundamental del sustento económico de la zona, pues de este río muchos pescadores obtienen sus ingresos, las actividades económicas de las poblaciones aledañas al río Bitzal son la pesca, la acuicultura y la agricultura (Portal Tabasco).

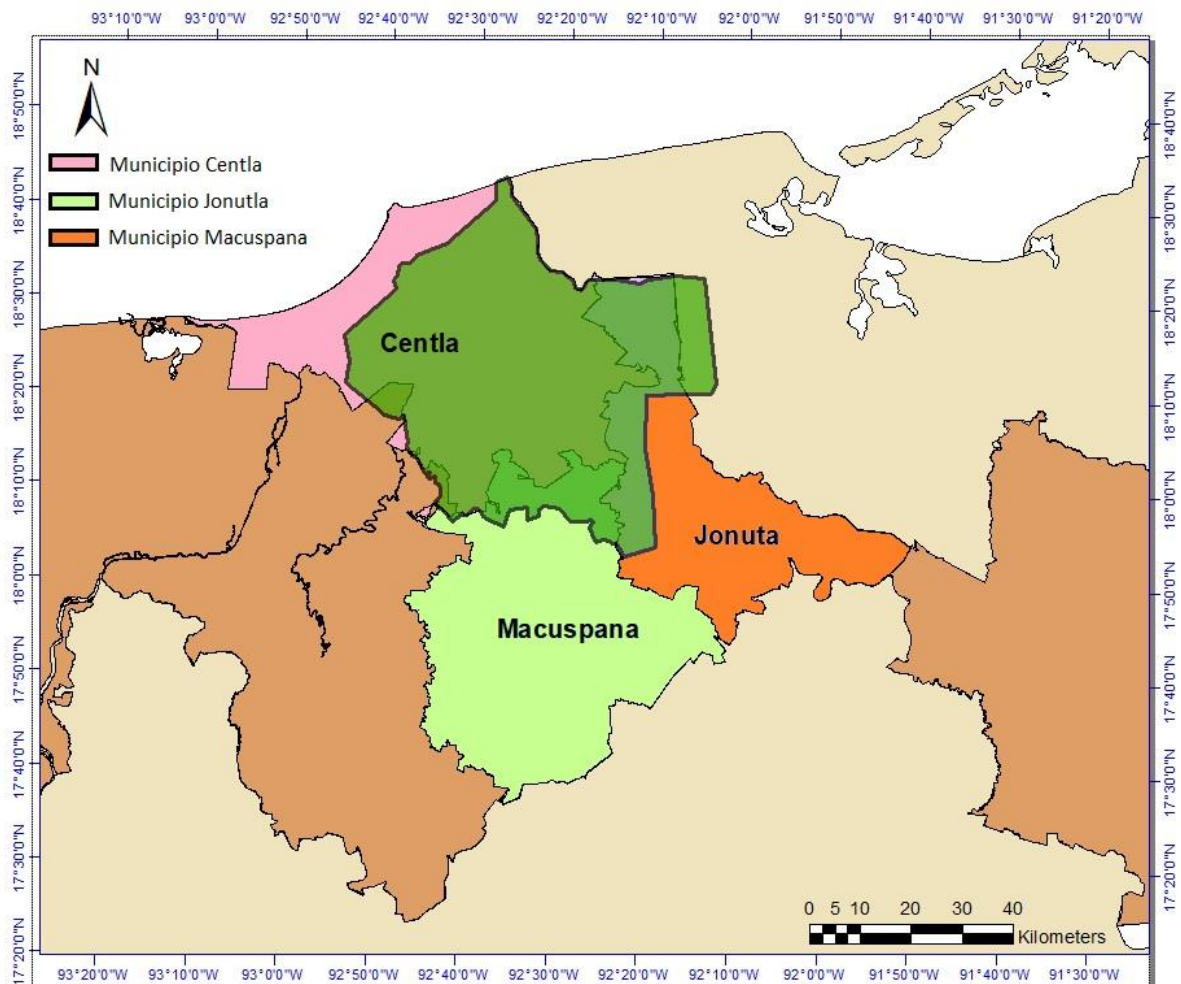


Figura 6. . Mapa de la zona de estudio, en color verde se puede observar el municipio de Macuspana.
Elaboración Enrique Enríquez

El municipio de Macuspana se localiza en la región de la sierra y tiene como cabecera municipal a la ciudad de Macuspana, la que se ubica al sur del estado, entre los paralelos 17°45' y 92°32' de latitud oeste, en el municipio podemos localizar en el Río Bitzales, este sitio cuenta con canales de 8 a 25 metros de ancho con una profundidad entre 1 a 3.5 metros, en los principalmente afluentes del Río Bitzal, en Macuspana.

8.2.1. CLIMA

El clima predominante es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, presenta una temperatura media anual de 23.6°C. Las aguas en esa temporada presentan temperaturas alrededor de los 30 grados. En los causes del Río se encuentran algunas casas, principalmente de lámina, con abundante presencia de animales domésticos. La población de la zona se dedica principalmente a la pesca, el campo y algunos son prestadores de servicios turísticos



Figura 7. Reserva de la biosfera pantanos de centla. Fotografía propia

8.2.2. HIDROGRAFÍA

Forma parte del delta de los ríos Grijalva y Usumacinta. Limita al norte con el Golfo de México en la desembocadura del río San Pedro y San Pablo y con la ciudad de Frontera; al este con el estado de Campeche; al sur con el río Los Bitzales hasta su unión con el río Grijalva; y al oeste con el arroyo Las Porfías y la carretera Villahermosa - Ciudad del Carmen (Parks Watch, 2012). Por los Pantanos de Centla escurre un tercio de agua del país.

Los ríos más importantes de la Reserva son el Grijalva, con un volumen anual de 27.013 millones de metros cúbicos, y el Usumacinta con 55.832 millones de metros cúbicos, el más caudaloso de México (INE, 2000).

Por su nivel de descarga, el Delta Usumacinta - Grijalva, está considerado como el sistema más importante de Norteamérica y Centroamérica y tiene el séptimo lugar a nivel mundial (Sánchez et al. 1988). En cuanto a las lagunas costeras destacan la del Cometa, que drena hacia el río San Pedro y San Pablo; el Coco, hacia el Grijalva; y el Corcho (Municipio del centro) que desaloja sus aguas hacia la laguna Santa Anita. Estas lagunas son de extensión reducida, sin embargo, juegan un papel primordial en el ciclo de vida de muchas especies marinas y dulceacuícolas.



Figura 8. Vista aérea de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. Extraída de Internet.

Los suelos de la Reserva son el resultado de la influencia de tres factores: la acumulación aluvial de sedimentos, el agua aportada por los ríos debido a las altas precipitaciones en la cuenca media y alta, así como a los tipos de vegetación (INE, 2000).

8.2.3. ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Las principales actividades económicas en la RBPC son la pesca, agricultura y ganadería (Romero *et al.*, 2000). No obstante, el difícil acceso y las constantes inundaciones que limitan estas actividades antropogénicas, el avance de la frontera agrícola, ganadera, urbana e industrial se ha magnificado en buena parte de su superficie (IREBIT, 1994). La superficie de la Reserva se distribuye en: terrenos ejidales (53.1 %), nacionales (20.6 %), propiedad privada (15.4 %), zonas federales (6.8 %), envoltentes (2.1 %) y otros (2 %) (IREBIT, 1994).

La actividad agrícola (1.2 % de la superficie de la Reserva), se concentra en las llanuras aluviales menos susceptibles a inundaciones y en cordones litorales bien drenados. Es de temporal y de poca importancia comercial, caracterizada por el escaso o nulo uso de tecnología agrícola (IREBIT, 1994). La ganadería (14.4 % de la superficie de la Reserva), acorde al manejo del pastizal, se sectoriza en: a) Pastizal cultivado, b) Pastizal inducido, c) Pasto cultivado-Pasto inducido, y d) Pastizal inducido-Comunidades hidrófitas enraizadas emergentes. Otros usos representan el 5.76 % de la Reserva, destacan: El urbano al sur de la ciudad de Frontera y otras localidades; el industrial, representado por la actividad petrolera, con más de cincuenta y cinco campos en la zona (Palma *et al.*, 1985; PEMEX, 1997).

En la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, se llevan a cabo diversas actividades relacionadas con el sector de hidrocarburos, y existen alrededor de 160 pozos petroleros, pese a que desde 1992 es una zona natural protegida.



Figura 9. Actividad pesquera en la zona de los Pantanos de Centla

8.2.4. TEMPORADAS

Tabasco se caracteriza por tener dos temporadas muy marcadas, la temporada de lluvias, la temporada de estiaje, estos periodos están marcados en función a las necesidades agrícolas, por lo cual se comienza a marcar al periodo de lluvias como de “Crecimiento”. La temporada de lluvias determina la época de siembra y el inicio de la estación de crecimiento (Benoit, 1977; Aviad *et al.*, 2004; Arteaga *et al.*, 2006), definiéndose la estación de crecimiento como el periodo del año durante el cual las características de distribución de la precipitación son adecuadas para la germinación, establecimiento y desarrollo pleno del cultivo (Odekunle, 2004); Mientras que la temporada de estiaje se define como el tiempo en el que la precipitación que se registra es menor a un umbral determinado, a partir del cual el ecosistema empieza a sufrir estrés hídrico importante y visible, lo cual determina que la vegetación active al máximo los mecanismos que le son propios para adaptarse a esta circunstancia, ocasionando una reducción considerable del rendimiento (Hershfield, 1971). Se realizaron tres muestreos durante un periodo anual, en los meses de abril, junio y diciembre.

Tabla 2. Temporadas en la Zona de Tabasco.

Temporada	Periodo
Estiaje	Noviembre – Mayo
Lluvias	Junio - Octubre

8.3. CRITERIOS Y SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO.

Los criterios para la selección de los puntos de muestreo se basaron en las siguientes características: La localización de las tomas de muestras, estas fueron recolectadas en los pozos de perforación o las comunidades cercanas a la zona. La profundidad de las aguas, se tomaron en la corriente del río y bifurcaciones con otros cuerpos de agua, la mortandad de bancos de peces de importancia comercial y manatíes en peligro de extinción (NOM-059-SEMARNAT-2010) sitios localizados previamente por SEMARNAT y PROFEPA, junto con ayuda de Informantes claves que señalaron los avistamientos de la mortandad de las especies, y algunos sitios con evidencias de fugas y pozos de petroquímicos de la zona.

Con esta información se establecieron nueve puntos en el transecto del Río Bitzal (Figura 5), puesto que es la zona en donde se avistaron los acontecimientos de mortandad y contaminación, e igualmente la zona mantiene una constante actividad pesquera. Los accesos durante el recorrido también fueron fundamentales en la recolección de las muestras, ya que por el exceso de lirio en el sitio y el aumento del nivel de agua por lluvias de la temporada limitó ciertos sitios de avistamientos, Las coordenadas de las muestras fueron tomadas con un GPS eTrex 32x con un margen de error de 10 m; Se muestreo en los siguientes puntos: Canal Valencia (18°01'46.90", -92°35'36"), Pozo en Mal estado Cabo 4 (18°03'44.50", -92°35'36.99"), Salida Arroyo "El Llano" (18°05'30.40", -92°19'48.90"), Bifurcación Arroyo "El Llano" (18°04'45.60", -92°17'56.40"), Boca Arroyo "El Llano" (18°05'43.80", -92°17'22.90"), Canal Chiribital (18°04'39.10", -92°18'12.00"), Pozo "El Chipote" (18°07'11.40", -92°16'60.00"), Pozo Quemador (18°07'13.80", -92°22'21.70") y Naranjos (18°07'35.60", -92°23'18.80").

Se realizaron 3 muestreos durante el año 2019, el primero realizado en el 13 abril, el segundo realizado el 22 de junio y el tercero el 7 de diciembre.

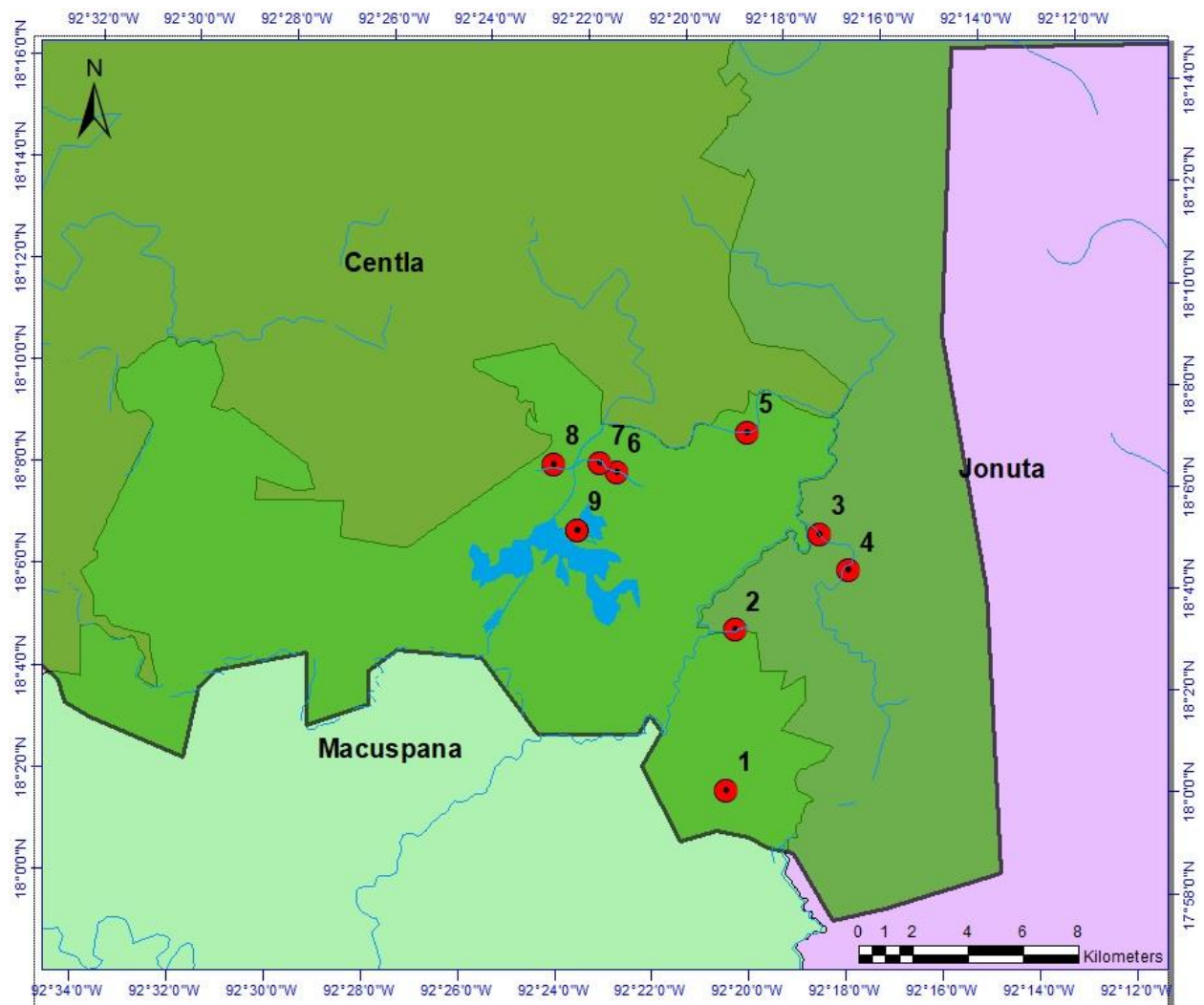


Figura 10. Mapa de los puntos de muestreo establecidos para este proyecto.

Tabla 3. Puntos de Muestreo con sus respectivas Coordenadas

Estación	Referencia	Coordenadas	
1	CANAL VALENCIA	18°01'46.90"	-92°35'36"
2	POZO EN MAL ESTADO CABO 4	18°03'44.50"	- 92°35'36.99"
3	SALIDA ARROYO "EL LLANO"	18°05'30.40"	- 92°19'48.90"
4	BIFURCACION ARROYO "EL LLANO"	18°04'45.60"	- 92°17'56.40"
5	BOCA ARROYO "EL LLANO"	18°05'43.80"	- 92°17'22.90"
6	CANAL CHIRIBITAL (POZO EL HORMIGUERO)	18°04'39.10"	- 92°18'12.00"
7	POZO "EL CHIPOTE"	18°07'11.40"	- 92°16'60.00"
8	POZO QUEMADOR	18°07'13.80"	- 92°22'21.70"
9	NARANJOS	18°07'35.60"	- 92°23'18.80"

8.4. RECOLECCIÓN Y TOMA DE MUESTRAS.

La colecta de muestras se llevó a cabo siguiendo los criterios dictados por el anteproyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA-121-SCFI-2005 “Aguas naturales epicontinentales, costeras y marinas – Muestreo”.

- Criterios para toma de muestra PROY-NMX-AA-121-SCFI-2005

1) Toma de muestra.

El número y tamaño de los recipientes necesarios dependerá del número de variables a analizar, de los volúmenes de muestras requeridos por el laboratorio, y del número de análisis duplicados y triplicados solicitados para la verificación de la calidad. El material de los recipientes utilizados dependerá del tipo de parámetro a medir, ya sea recipientes de polietileno, vidrio o teflón, o materiales especiales para la medición de variables que exijan gran cuidado.

2) Selección de Sitios o estaciones

La selección de sitios o estaciones se realizará fundamentalmente conforme a los siguientes criterios: Accesibilidad conforme a un plano de carreteras y brechas, itinerarios, tiempo de recorrido de una estación a otra. Posibilidad de contar o realizar otras mediciones en el lugar de muestreo, por ejemplo, gasto fluvial y mareas. Localización geográfica de la estación (posicionamiento por satélite). Profundidad. PROY NMX-AA-121-SCFI-2005 19 Se debe tomar en cuenta el tiempo que se necesita para el muestreo en cada punto (que dependerá del número de muestreadores, experiencia y número de parámetros), hora del día más adecuada para algún muestreo en particular. Disponibilidad de datos anteriores sobre el área y la calidad del agua. Localización de entradas, salidas y descargas (fuentes puntuales y no puntuales). Seguridad. Procesos de depuración o distribución de concentraciones de algún parámetro en particular en la columna de agua.

3) Confiabilidad del muestreo.

Se deberá recolectar una cantidad suficiente de agua, sedimento o biota como para, en caso necesario, poder replicar los análisis y las pruebas de control de calidad. De no especificarse lo contrario, la cantidad requerida será la suma de las cantidades necesarias para analizar los distintos variables de interés.

4) Transporte de la muestra.

Las muestras se preservaran durante el transporte con un baño de hielo a una temperatura de $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. El recipiente de almacenaje es una hielera, que debe estar destinada para ese fin (dentro de lo posible no mezclar demasiadas muestras de estaciones diferentes, Las muestras deberán ser transportadas del sitio de muestreo al laboratorio en el menor tiempo posible y almacenadas en un refrigerador o cámara fría, que se encontrará a una temperatura constante de $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

El muestreo constó en recolectar 9 muestras de sedimento superficial dentro de los primeros 10 a 20 centímetros de profundidad con ayuda de una pala de madera, las muestras fueron almacenadas en bolsas de polietileno identificadas y envueltas de nuevo en bolsas oscuras para evitar la fotodegradación, las cuales también fueron identificadas para evitar errores de muestreo.

En campo se tomaron lectura de parámetros como geoposición del punto de muestreo, profundidad del cuerpo de agua y turbiedad con ayuda de un disco de Secchi y temperatura con un termómetro de mercurio de (cantidad de grados).

Tabla 4. Parámetros Fisicoquímicos obtenidos en los muestreos.

Estación	Referencia	Temperatura (°C)	Turbidez	Profundidad
1	Canal Valencia	27	90 cm	120 cm
2	Pozo en Mal estado Cabo 4	27	110 cm	155 cm
3	Salida Arroyo “El Llano”	27	80 cm	90 cm
4	Bifurcación Arroyo “El Llano”	27	100 cm	170 cm
5	Boca Arroyo “El Llano”	28	60 cm	90 cm
6	Canal Chiribital (Pozo el Hormiguero)	27	90 cm	210 cm
7	Pozo “El Chipote”	28	160 cm	210 cm
8	Pozo Quemador	27	45 cm	85 cm
9	Naranjos	27	80 cm	130 cm



Figura 11. Toma de parámetros de Turbiedad con Disco de Secchi.

8.4.1. TRANSPORTE DE MUESTRAS.

Para transportar las muestras de manera correcta se utilizó una hielera con temperatura constante de $\pm 4^{\circ}\text{C}$ la cual posteriormente se trasladó al Laboratorio de Investigación de Recursos Acuáticos (LIRA) donde se mantuvieron en refrigeración hasta el momento de su uso.



Figura 12. Diagrama de Transporte de muestras

8.4.2. TRABAJO DE LABORATORIO Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Se tomaron 60 gr de sedimento por muestra con ayuda de una balanza analítica marca “Radwag” con rango de 10mg a 220g y se procedió a secarlos durante 1 – 2 días en un horno a 105°C aproximadamente, posteriormente las muestras fueron molidas y tamizadas usando una malla de 2mm para eliminar cualquier tipo de material no deseado, como ramas o piedras, posteriormente se almacenaron en bolsas de polietileno tipo Ziploc, y se procedió a etiquetar con la siguiente información: sitio de muestreo, fecha de muestreo y numero de muestreo.



Figura 13. Balanza Analítica marca “Radwag”



Figura 14. Horno desecador Furnace



Figura 15. A) se observan las muestras de sedimento antes de ser secadas en un horno; B) se aprecia el sedimento seco; C) se procedió a triturar el sedimento con ayuda de un mortero por ultimo en la D) observamos el sedimento seco,

8.5. OBJETIVO 1: DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL Y GRASAS – ACEITES EN EL SEDIMENTO SUPERFICIAL.

8.5.1. PRINCIPIO: CARBONO ORGÁNICO TOTAL POR MÉTODO DE IGNICIÓN.

El Carbono orgánico total (COT) es el componente mayoritario de la Materia Orgánica (Rosell *et al.*, 2001). Dada su importancia es necesario contar con métodos precisos y rápidos para la cuantificación del COT (De Vos *et al.*, 2007). Este método determina el contenido de carbono orgánico del suelo oxidando la materia orgánica a CO₂ a una temperatura elevada en un horno de mufla y midiendo la pérdida de peso. La temperatura de calentamiento es crítica porque la pérdida de peso también puede verse afectada por la pérdida de agua y minerales. Esta técnica comprende la medición de la pérdida de peso de la muestra después de realizar una combustión seca del material orgánico, este procedimiento analítico varía ampliamente con respecto a la temperatura y tiempo de combustión. En 1974 Dean y colaboradores encontraron que las pérdidas por ignición llevadas a 550°C proveen una medida del contenido del material orgánico con una alta precisión.

8.5.2. PROCEDIMIENTO.

Se estableció una temperatura inicial de 105°C para asegurar la pérdida total de agua hidrosópica en el yeso y obtener un peso inicial sin agua en el suelo (Combs y Nathan, 1998; Schulte y Hopkins, 1996). El suelo se expuso a una temperatura final de 445°C que oxida y elimina la materia orgánica antes de obtener un peso final.

Este método es una buena alternativa al método Walkley-Black que genera residuos peligrosos y el método de combustión térmica que es costoso para la instrumentación y suministros; Para este método se tomaron aproximadamente 60gr de muestra, los cuales fueron secados a la temperatura establecida de 105°C, posteriormente se molieron y tamizaron con tamiz de 2mm los sedimentos con el objetivo de retirar ramas y piedras, estas muestras fueron llevadas a ignición en crisoles de cerámica por un lapso de 5 horas a 445°C con ayuda de una mufla, al finalizar estos crisoles se dejaron enfriar en un desecador y se procedió a pesarlos nuevamente, con lo cual se pudo obtener la concentración del carbono orgánico total por diferencia de pesos.



Figura 16. Horno Furnace

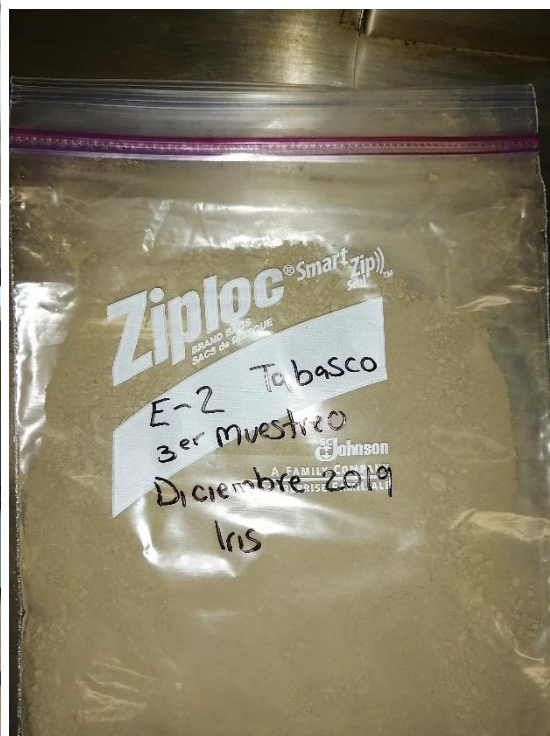


Figura 17. Sedimento Molido y tamizado



Figura 18



Figura 19

8.5.3. PRINCIPIO: MÉTODO DE GOLDFISH.

Para la determinación de las grasas – aceites en el sedimento superficial se utilizó el método de Goldfish, este método consiste en hacer uso de la solubilidad intrínseca de la sustancia a separar; es claro que un compuesto no polar es soluble en un disolvente no polar. La extracción se realiza en frío para evitar el daño del material lipídico y por lotes para incrementar la eficiencia.



Figura 20. Equipo de Goldfish

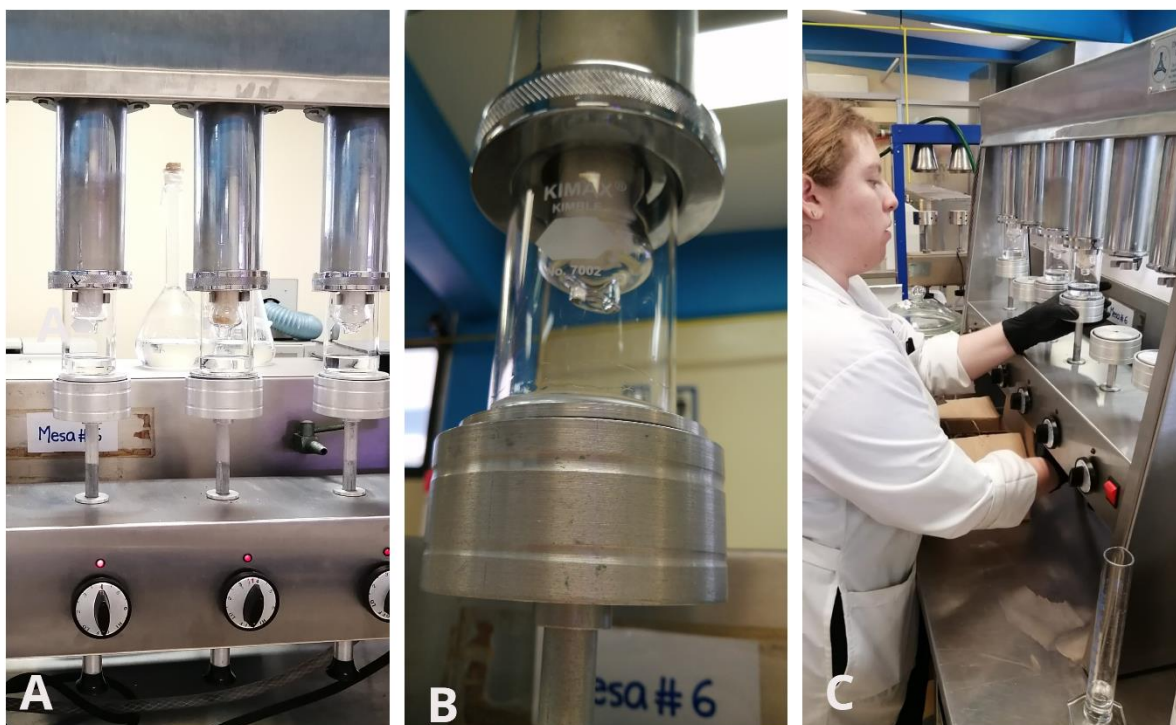


Figura 21. A) Se observa el equipo de extracción de grasas – aceites de Goldfish,; B) se observa el filtro de Wathmann, dentro de un dedal de cristal, colocado en el equipo con su respectivo vaso y reactivo; C) podemos observar el ensamblaje de las piezas del mismo.

8.5.4. PROCEDIMIENTO

Con el uso de pinzas se pesaron en un papel filtro 5 gramos de muestra molida y seca por duplicado en una balanza analítica, se registró el peso del papel vacío y el peso del papel con muestra, para evitar contaminar la muestra se utilizaron guantes durante todo el proceso, para el filtrado de la muestra se procedió a hacer un pequeño paquete con el papel filtro, esto para permitir el flujo rápido del hexano, este paquete fue colocado dentro del portacartucho del equipo.

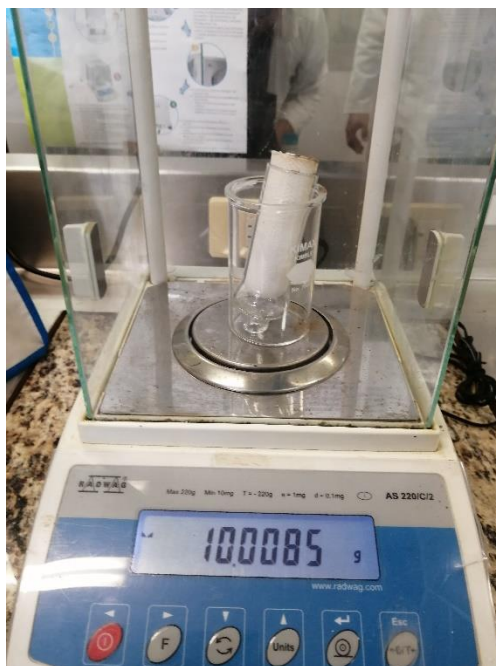


Figura 22. Filtro whatman a peso constante en balanza analítica

Los vasos para extracción que se encuentran en el equipo fueron secados a peso constante por 1 hora a 105°C, y pesados en una balanza analítica, este dato fue anotado en la bitácora, posteriormente se tomaron los vasos con pinzas, y se marcaron con plumón negro indeleble sobre el vidrio, evitando agregar cualquier tipo de cinta; El portacartucho se colocó en la abrazadera metálica del aparato Goldfish y posteriormente se agregaron al vaso de extracción 30ml de hexano.

Una vez que el hexano comenzó a ebulir, se cronometró el tiempo para extraer la grasa que fue de 6 a 8 horas de acuerdo a literatura, el nivel de hexano debe estar en constante revisión ya que si el nivel disminuye se deberá agregar más hexano al equipo. Al pasar las 8 horas se eliminó el solvente por evaporación, se dejó enfriar por 10 a 15 minutos dentro de un desecador y se retiró el portacartucho del equipo, Para finalizar se pesó el vaso con las grasas obtenidas del reflujo del equipo y se comparó el peso inicial contra el final.

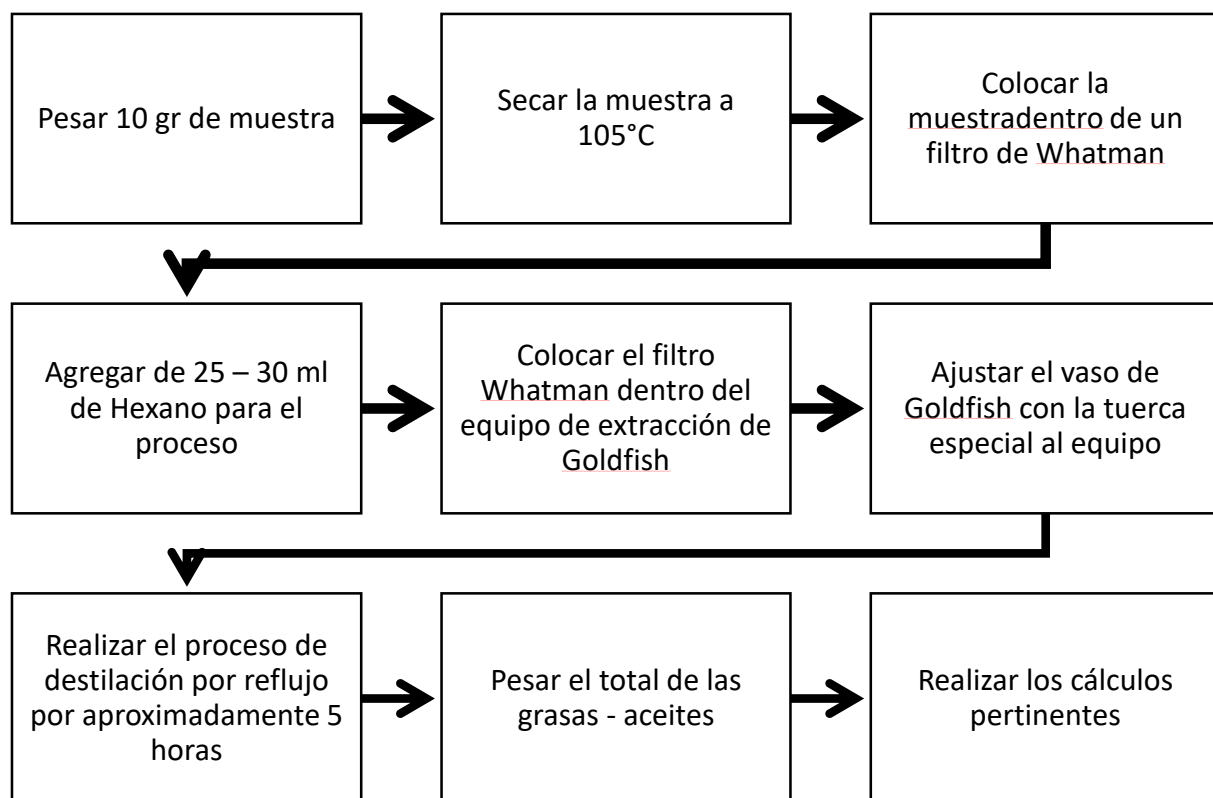


Figura 23. Esquema de trabajo para Extracción de Goldfish

8.5.5. Cálculo para expresión de resultado

$$\% \text{ de Grasa cruda} = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

Donde

m: peso de la muestra

m1: tara del vaso solo

m2: peso del vaso con grasa

% de grasa cruda en base seca = % de grasa cruda x 100

100 - % de Humedad

Donde

m: peso de la muestra

m1: tara del vaso solo

m2: peso del vaso con grasa

8.6. Análisis Estadístico

Los análisis estadísticos pertinentes para el estudio se realizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores con un 95% de nivel de confianza, en el cual se consideraron como factores las temporadas y sitios de muestreo en el que se consideraron como variables de respuesta el Carbono Orgánico Total y las Grasas – aceites.

Posteriormente se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey (comparación de medias) con un 95% de nivel de confianza, todos los análisis se realizaron en el programa STATISTICA V 7.1.



Figura 24. Programa Statistica V7.1.

9. RESULTADOS Y DISCUSION

9.2. RESULTADOS CARBONO ORGÁNICO TOTAL

Tabla 5. Media y desviación estándar en mg/L para los resultados de Carbono Orgánico Total en los sitios de muestreo.

Sitio	Media $\pm$ std
1. Canal Valencia	0.721667 $\pm$ 0.549324
2. Pozo en Mal estado Cabo 4	1.820000 $\pm$ 0.549009
3. Salida Arroyo "El Llano"	0.975000 $\pm$ 0.295991
4. Bifurcación Arroyo "El Llano"	2.991667 $\pm$ 1.720676
5. Boca Arroyo "El Llano"	0.548333 $\pm$ 0.722657
6. Canal Chiribital (Pozo el Hormiguero)	2.488333 $\pm$ 1.217343
7. Pozo "El Chipote"	0.478333 $\pm$ 0.792657
8. Pozo Quemador	1.050000 $\pm$ 0.220991
9. Naranjos	0.465000 $\pm$ 0.805991

Tabla 6. Media y desviación estándar para los resultados de Carbono Orgánico Total por temporada.

Temporada	Media
Estiaje	1.083056 $\pm$ 0.278437
Lluvias	1.680000 $\pm$ 0.393769

9.1.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL POR SITIO DE MUESTREO.

En la figura 12 se observa una gráfica de comparación de datos la cual se indica que dado que el valor de $p = 0.0461$ lo cual es menor a 0.05 se expresa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el carbono orgánico total y los sitios de muestreo analizados.

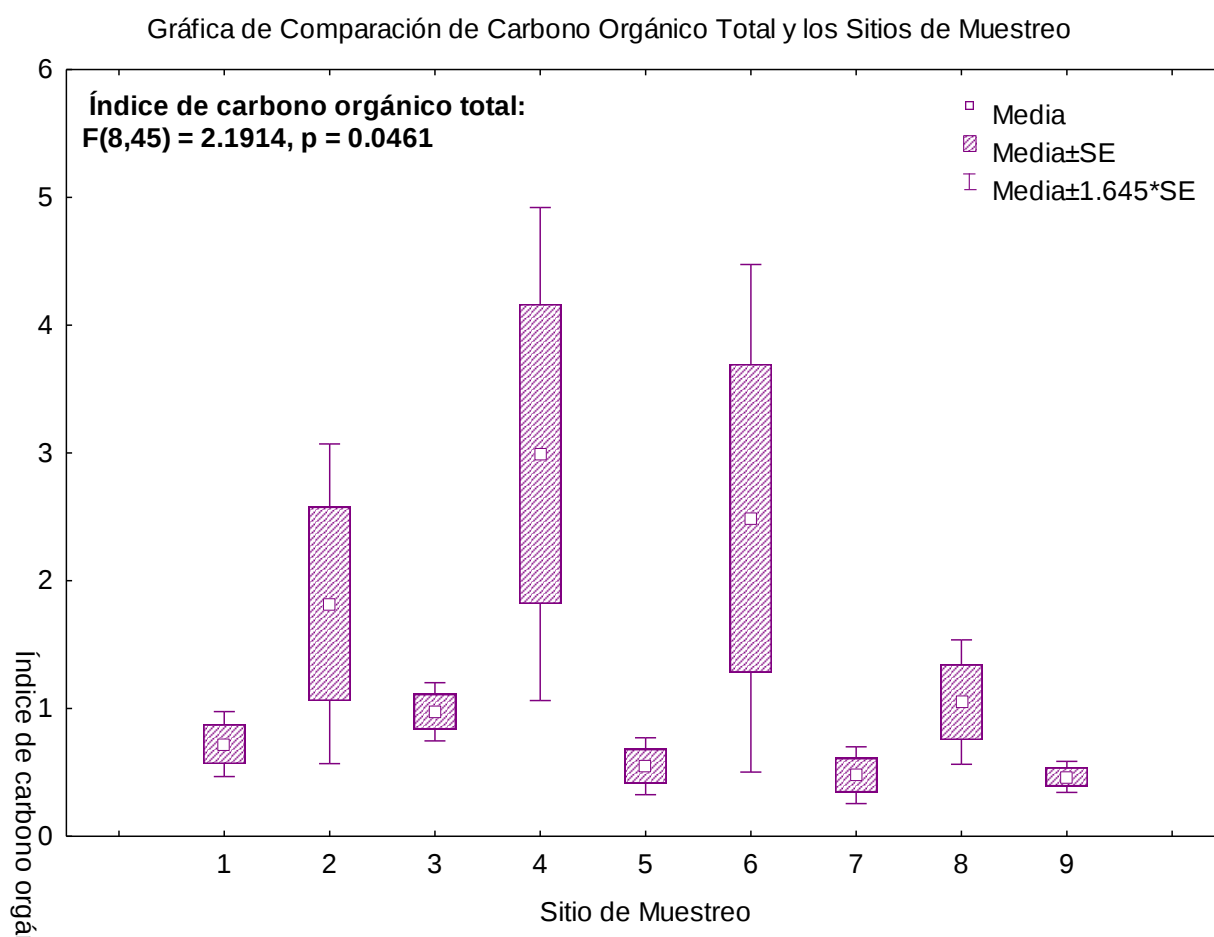


Figura 25. Resultados obtenidos para Carbono Orgánico Total y sitios de muestreo.

Sin embargo, podemos notar una mayor tendencia a la concentración del carbono orgánico total en los sitios 2, 4 y 6 los cuales corresponden al pozo en mal estado #4, Arroyo el Llano (bifurcación) y Canal Chiribital respectivamente.

Tabla 7. Valores medios de los sitios más representativos

Sitio	Media $\pm$ STD
2. Pozo en Mal estado Cabo 4	1.820000 $\pm$ 0.549009
4. Bifurcación Arroyo "El Llano"	2.991667 $\pm$ 1.720676
6. Canal Chiribital (Pozo el Hormiguero)	2.488333 $\pm$ 1.217343

9.1.2. ANÁLISIS DEL CARBONO ORGÁNICO TOTAL POR TEMPORADA DE MUESTREO.

El valor de p para la gráfica de comparación del carbono orgánico total por temporadas de muestreo es de $p = 0.2214$, con lo cual podemos concluir que no existen una diferencia estadísticamente significativa entre la concentración de Carbono Orgánico Total y las temporadas de muestreo, sin embargo, podemos notar una mayor tendencia a concentraciones altas en la temporada de Lluvias.

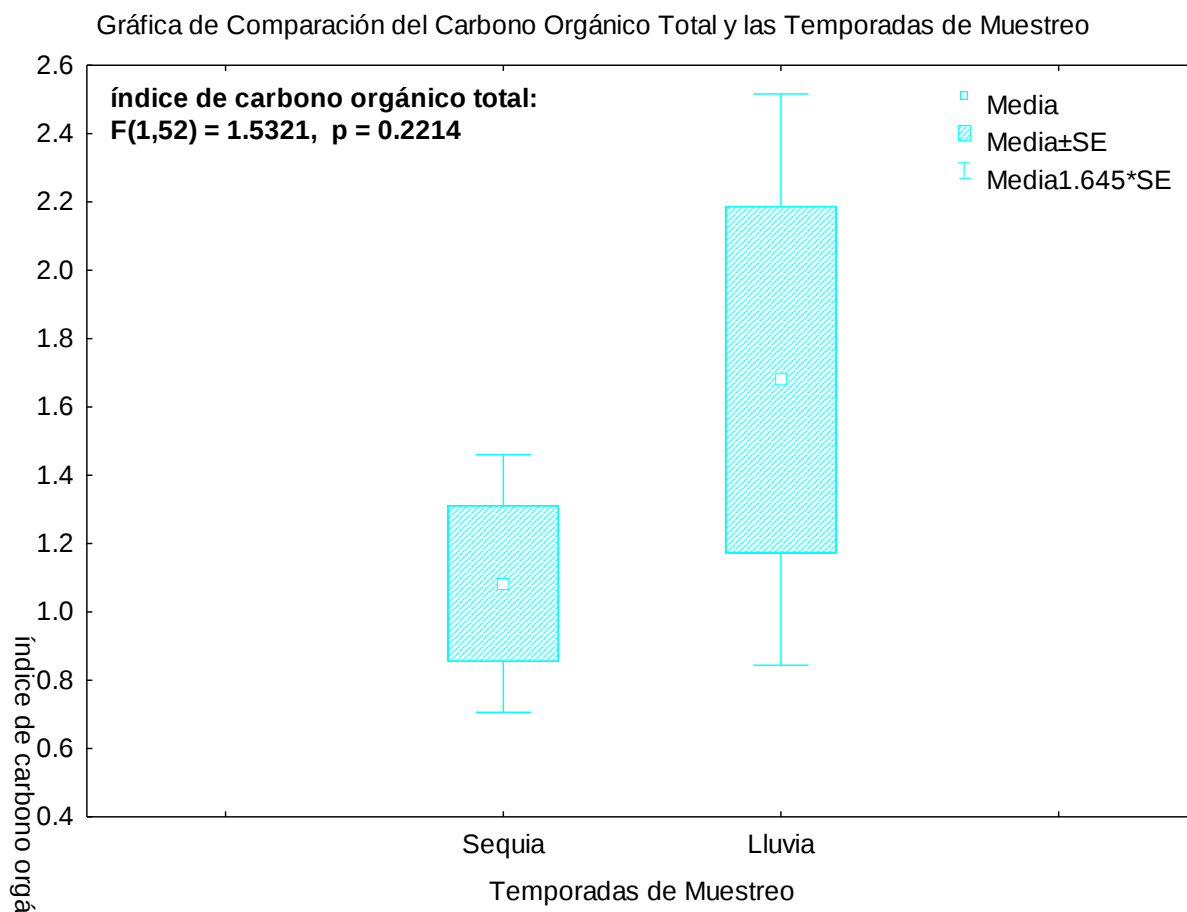


Figura 26. Resultados obtenidos para Carbono Orgánico Total y Temporadas de Muestreo.

Tabla 8. hj

Temporada	Media
Lluvias	1.680000 $\pm$ 0.393769

9.1.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL CARBONO ORGÁNICO TOTAL POR SITIO Y TEMPORADA DE MUESTREO.

En el estudio del carbono orgánico total por sitios de muestreo y temporadas para la concentración se resalta que en los sitios 2 (3.405) y 4 (pozo en mal estado #4, Arroyo el llano (bifurcación) hay mayor concentración en el mes de junio, mientras que en el sitio 6 (y Canal Chiribital) existe mayor Concentración de Carbono orgánico total en el mes de abril.

Grafica de Comparacion del Carbono Organico Total en los sitios de muestreo durante Temporadas

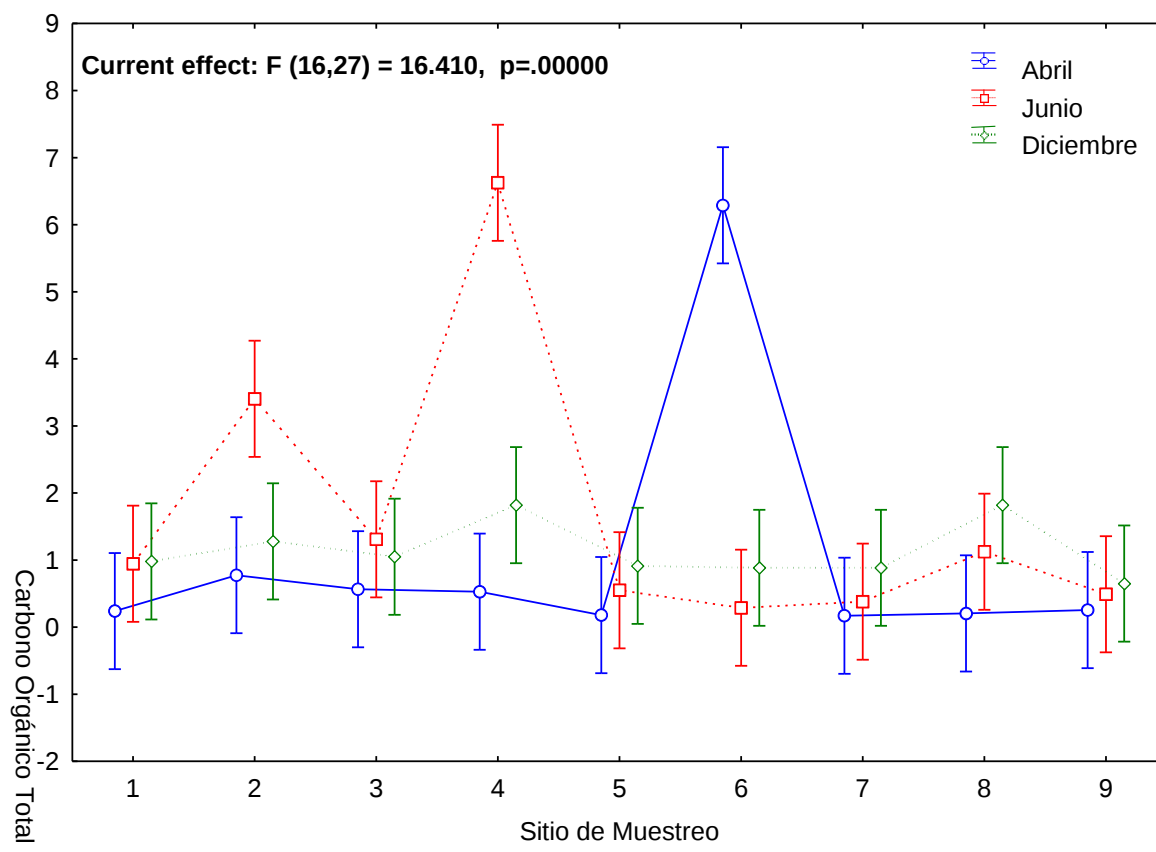


Tabla 9

Sitio/Temporada	Lluvia	Estiaje
2	3.405 ± 0.793610	-
4	6.625 ± 0.793610	-
6	-	3.587 ±

9.2. GRASAS – ACEITES POR SITIO Y TEMPORADA DE MUESTREO.

9.2.1. RESULTADOS DE GRASAS – ACEITES POR EL MÉTODO DE GOLDFISH.

Tabla 10. Contenido de Grasas y aceites obtenido mediante la técnica de Goldfish.

Sitio	Media $\pm$ STD
1. Canal Valencia	72.117 $\pm$ 0.015861
2. Pozo en Mal estado Cabo 4	25.650 $\pm$ 0.030606
3. Salida Arroyo “El Llano”	53.550 $\pm$ 0.002706
4. Bifurcación Arroyo “El Llano”	26.500 $\pm$ 0.029756
5. Boca Arroyo “El Llano”	22.717 $\pm$ 0.033539
6. Canal Chiribital (Pozo el Hormiguero)	46.050 $\pm$ 0.010206
7. Pozo “El Chipote”	7.583 $\pm$ 0.048673
8. Pozo Quemador	49.517 $\pm$ 0.006739
9. Naranjos	22.317 $\pm$ 0.033939

Temporada	Media $\pm$ Desviación Estándar
Estiaje	45.639 $\pm$ 0.010857
Lluvia	17.388 $\pm$ 0.015354

9.2.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE GRASAS – ACEITES POR SITIO DE MUESTREO.

Para el análisis de Grasas – Aceites en los sitios de muestreo se observa que el valor de $p = 0.8328$ lo cual es mayor a $p = 0.05$ Por lo que podemos concluir que no existen una diferencia significativa entre la concentración de Grasas y aceites con los sitios de muestreo.

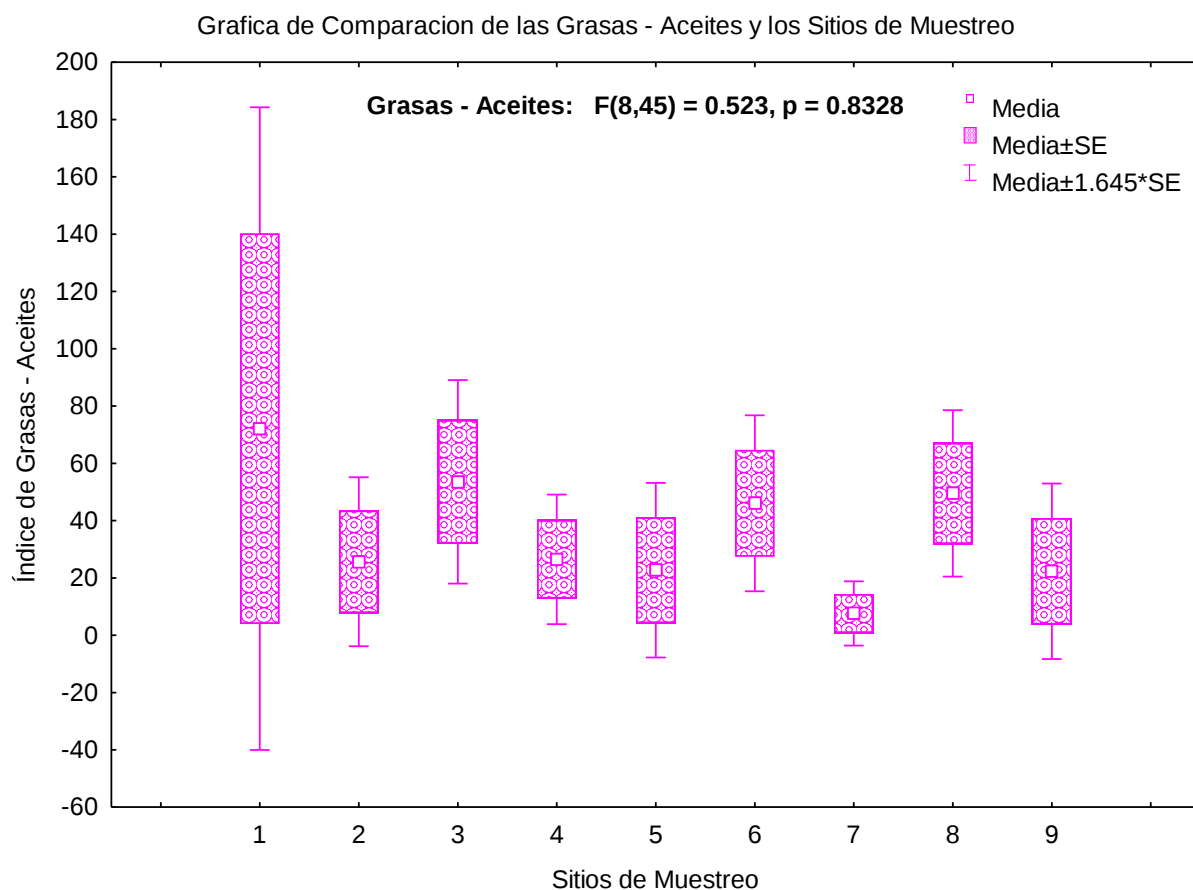


Figura 27. Grafica de Grasas - Aceites por Sitio de muestreo

Sin embargo, podemos resaltar una mayor concentración en el sitio 1 el cual corresponde al canal valencia con una media de 72.117.

Tabla 11

Sitio	Media ± Desviación Estándar
1	72.117 ± 0.015861
3	53.550 ± 0.002706
8	49.517 ± 0.006739

9.2.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS GRASAS – ACEITES POR TEMPORADA DE MUESTREO.

El valor de p es de 0.1391 para este análisis lo que nos indicó que no existe una diferencia significativa entre las temporadas de muestreo y las grasas - aceites analizadas. Así mismo podemos notar una tendencia mayor para la temporada de sequias a diferencia de la temporada de lluvias.

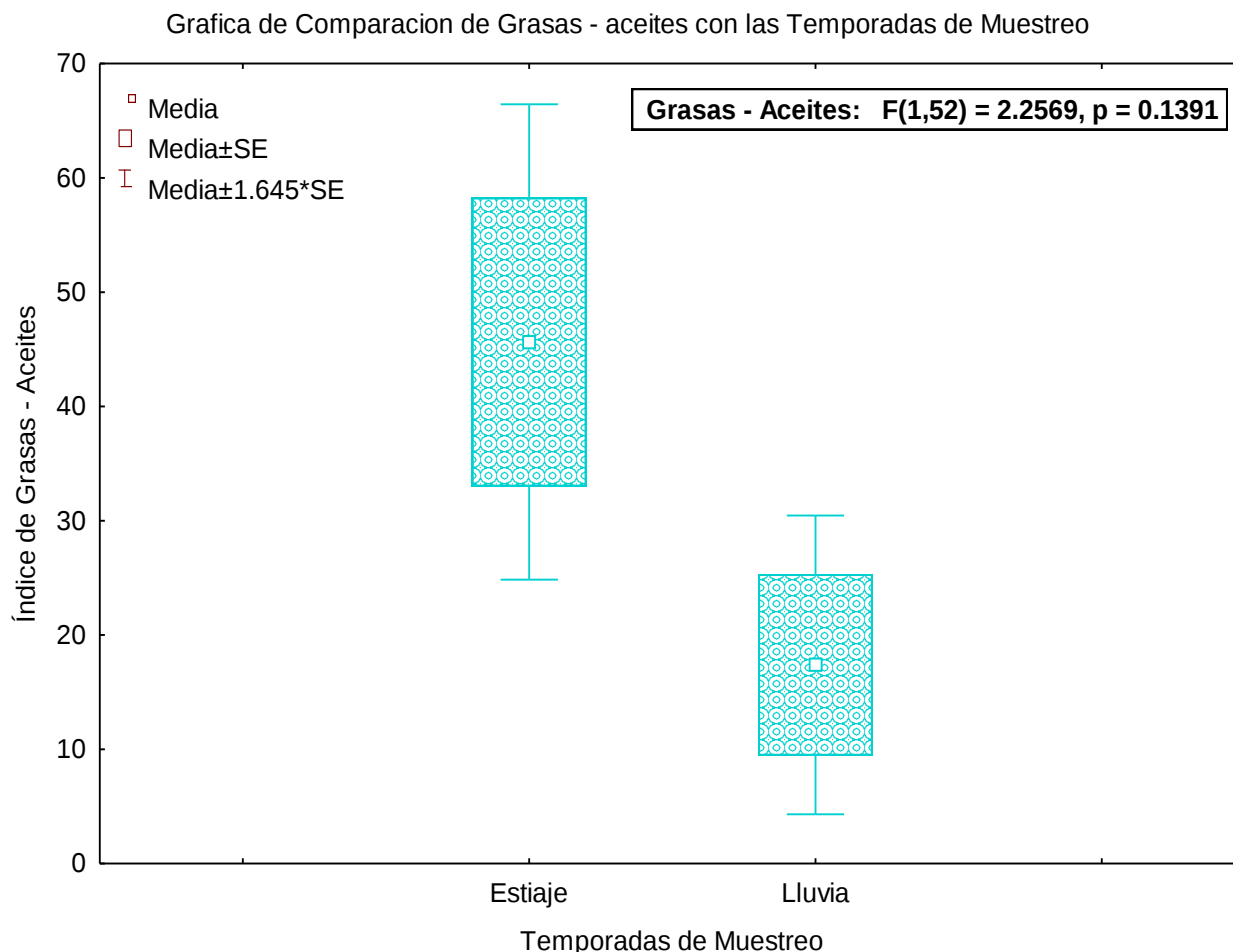


Figura 28. Grafica de Grasas - Aceites por temporada de muestreo.

Tabla 12

Temporada	Media $\pm$ Desviación Estándar
Estiaje	45.639 $\pm$ 0.010857
Lluvia	17.388 $\pm$ 0.015354

9.2.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE GRASAS – ACEITES POR SITIO Y TEMPORADA DE MUESTREO.

El estudio de las grasas – aceites en la interpretación temporada – sitio de muestreo mediante el análisis de comparación de medias nos dio como resultado la existencia de una mayor concentración en el mes de abril en los sitios 5 (Arrollo “El Llano” (boca)) y 9 (naranjos), mientras que en el mes de diciembre se notó una mayor concentración en el sitio 8 (Pozo Quemador).

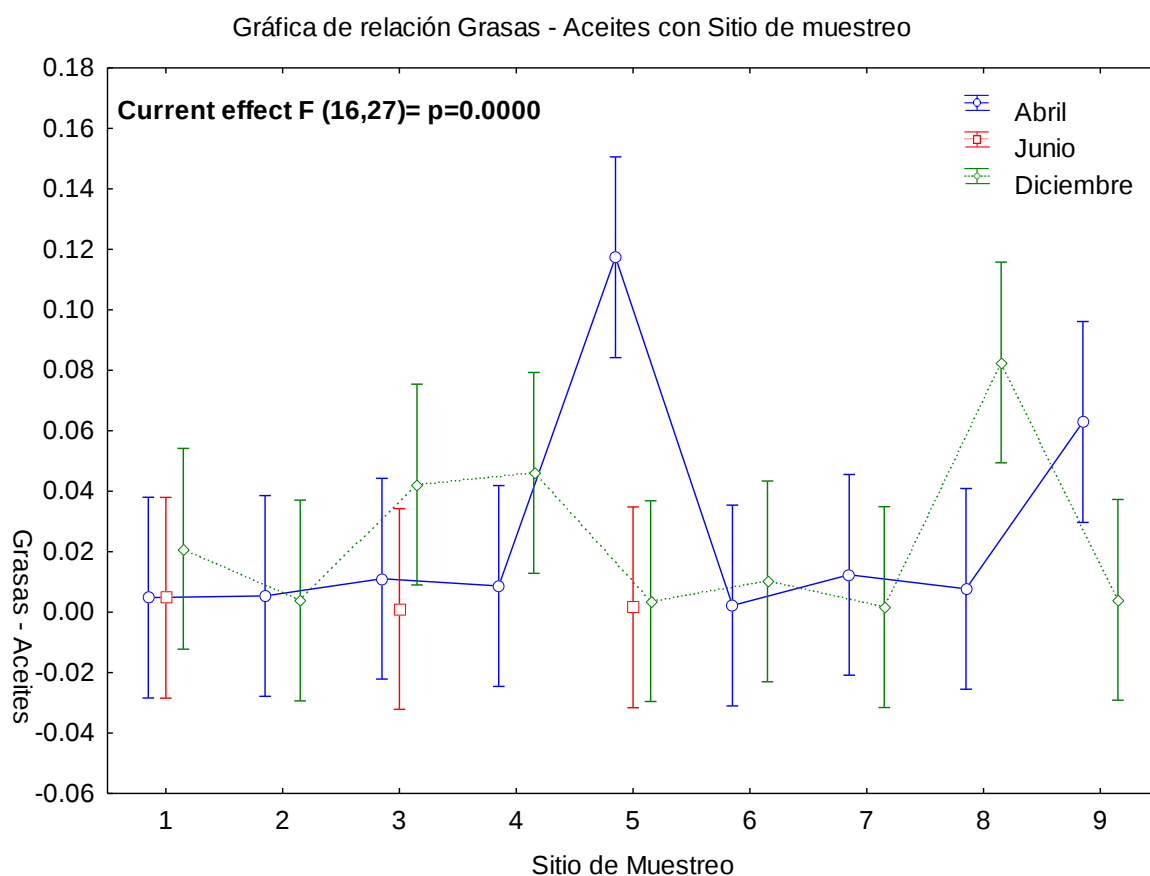
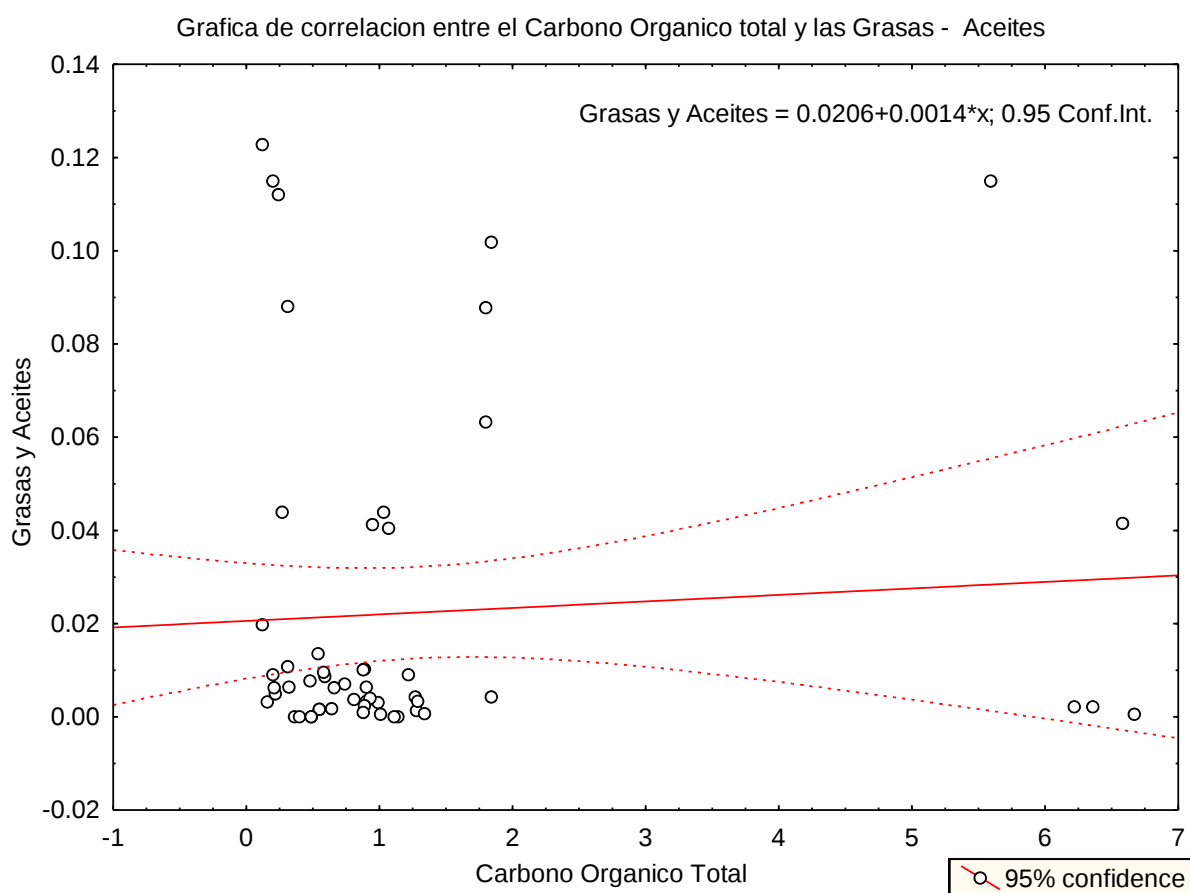


Figura 29. Grafica de Relación de Grasas – Aceites con los sitios de muestreo por temporada

9.3. RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE GRASAS – ACEITES Y CARBONO ORGÁNICO TOTAL.

Gracias al análisis de regresión lineal entre las Grasas – aceites y el carbono orgánico total, se puede observar que los puntos de la gráfica no se acomodan conforme a la recta por lo cual podemos abordar estadísticamente que el sitio de estudio se encuentra contaminado por acción antropogénica.

$$Y=a+bx$$



El criterio máximo permisible para Grasas - aceites en ambientes acuáticos marinos de acuerdo a normativa internacional de la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN) es de menos de 0.14mg/L, mientras que los valores encontrados en la zona de Macuspana, Tabasco supera estos lineamientos.

Tabla 13. Valores de ASEAN

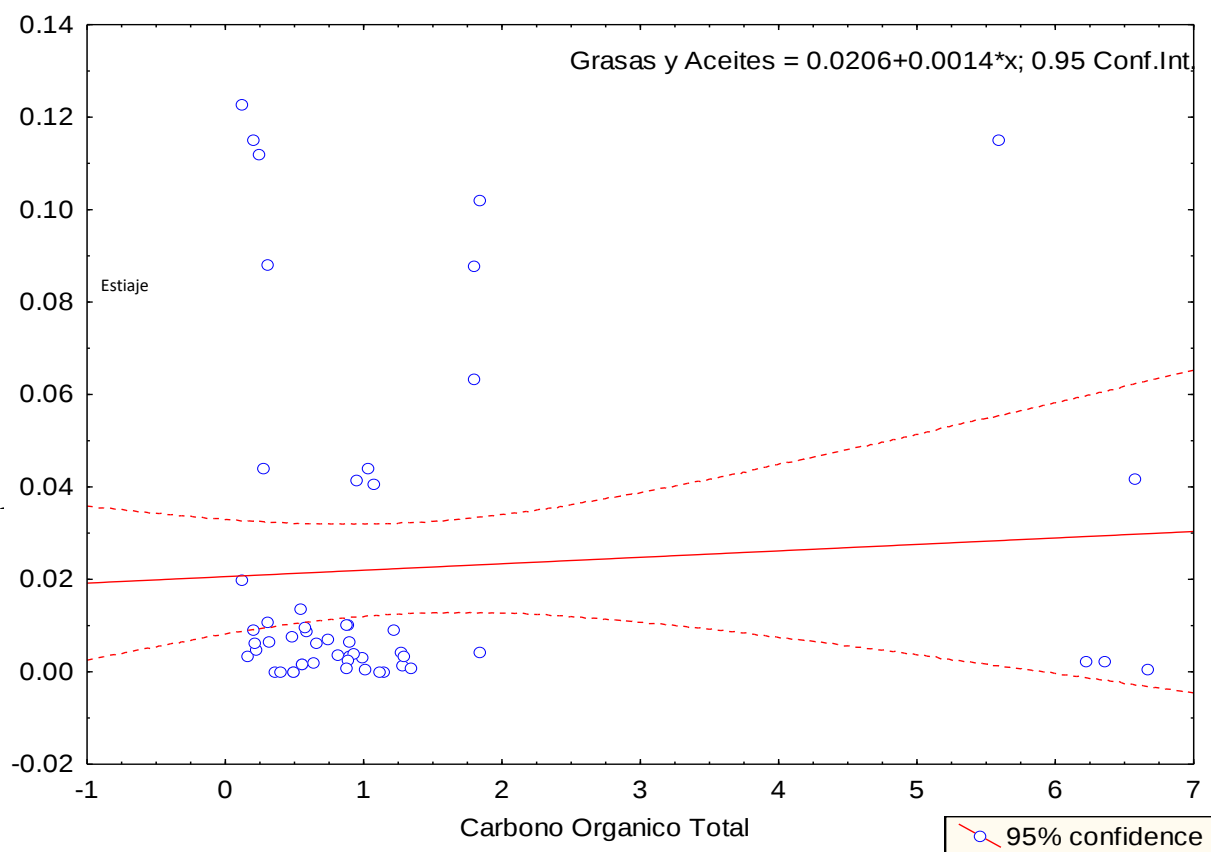
Parámetro	Unidad	Valor
pH	UpH	Entre 6.5–8.5

DO	mg/L	Mayor de 4
NH4	mg/L	Menor de 0.07
NO3	mg/L	Menor de 0.06
PO4	mg/L	Menor de 0.015
Grasas – Aceites	mg/L	Menor de 0.14
Fenoles	mg/L	Menor de 0.12

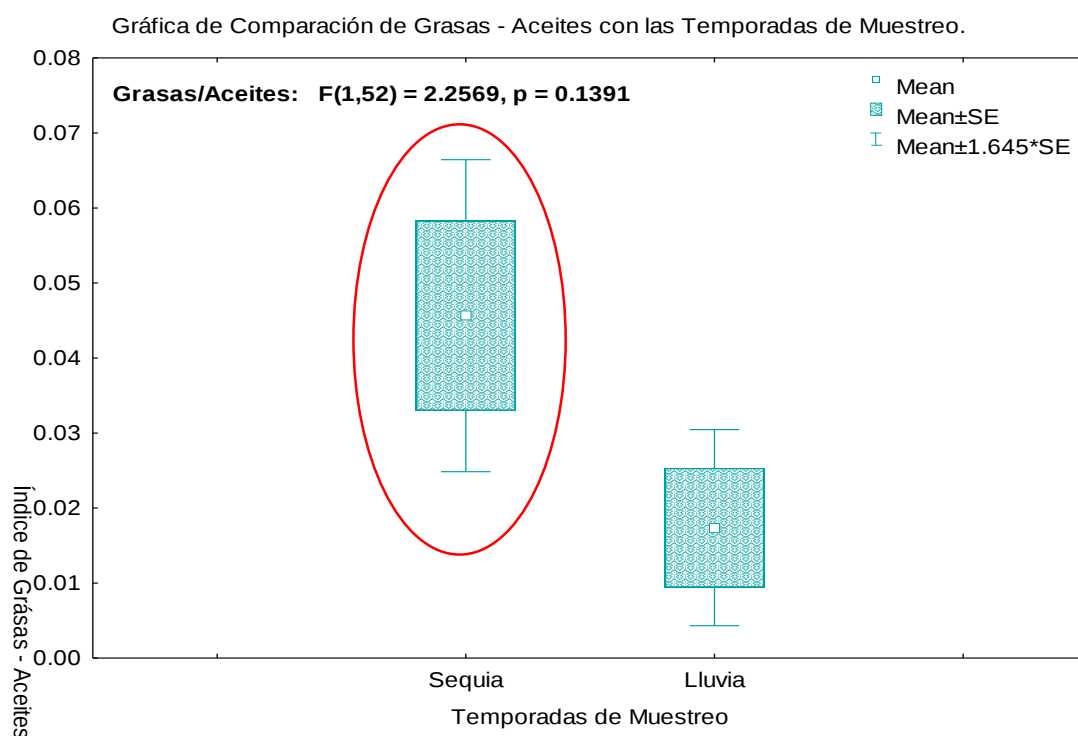
10. CONCLUSIONES.

Este trabajo presenta una línea base para el estudio de los sedimentos superficiales la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, ya que hasta la fecha no ha habido estudios que involucren los sedimentos superficiales para esta zona.

Con base en la gráfica de correlación lineal se puede intuir que las Grasas – Aceites presentes en los sedimentos de la zona de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla no son de origen natural, y que su presencia puede ser de origen antropogénico.

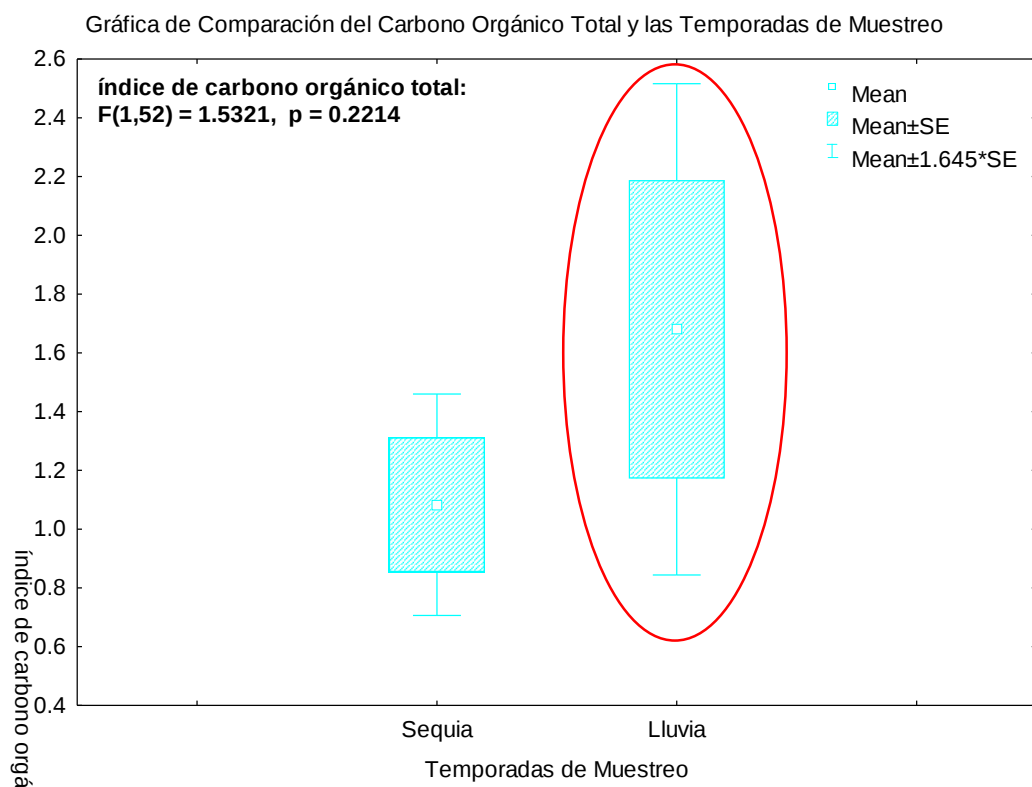


La concentración más elevada para Grasas – aceites en sedimento superficial fue registrada durante la temporada de Estiaje ($0.045.639 \pm 0.010857$).



Temporada	Media ± Desviación Estándar
Estiaje	45.639 ± 0.010857
Lluvia	17.388 ± 0.015354

Mientras que podemos apreciar que para la Concentración más elevada para Carbono Orgánico Total en sedimento superficial fue registrada durante la temporada de Lluvias (1.680000 ± 0.393769).



Temporada	Media
Lluvias	1.680000 ± 0.393769

Gracias a esto podemos observar en ambas gráficas, estadísticamente no existe una correlación entre los factores analizados, sin embargo, podemos apreciar que en la temporada de lluvia los niveles de COT se elevan a diferencia de en la temporada de estiajes, coincidiendo con algunos autores que indican que el flujo del agua en temporada de lluvias ayuda a que el COT este mas biodisponible.

11. LITERATURA CITADA.

- * Agraz-Hernández, C. M., & Flores-Verdugo, F. J. (2005). Diagnóstico del impacto y lineamientos básicos para los programas de mitigación y manejo de humedales. *Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias*, 597-606.
- * Albert, D. A., & Minc, L. D. (2004). Plants as regional indicators of Great Lakes coastal wetland health. *Aquatic Ecosystem Health and Management*. <https://doi.org/10.1080/14634980490461588>.
- * Alinnor, I. J., & Nwachukwu, M. A. (2013). Determination of total petroleum hydrocarbon in soil and groundwater samples in some communities in Rivers State, Nigeria. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 5(11), 292-297.
- * Barba H., L. E. 2002. Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Compuestos orgánicos. 44-47. En: Contaminación del agua. Univ. Del Valle, Colombia. 48 pp. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/conceptos.pdf>. (Revisada julio 2007).
- * Botello A.V. (2005) Características composición y propiedades fisicoquímicas del petróleo. En: Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. (A.V. Botello, J. Rendón von Osten, G. Gold-Bouchot, C. Agraz-Hernández, Eds.) 2ª ed. 71.
- * Celis, J. P., Roos, J. R., & Buelens, C. (1987). A mathematical model for the electrolytic codeposition of particles with a metallic matrix. *Journal of the Electrochemical Society*, 134(6), 1402.
- * Chin, Y.-P. (2003). The speciation of hydrophobic organic compounds by dissolved organic matter. In S. E. G. Findlay and R. L. Sinsabaugh (Eds.), *Aquatic ecosystems: Interactivity of dissolved organic matter* (pp. 343–362). Academic Press, San Diego, CA.
- * Cisternas, M., L. Torres, R. Urrutia, A. Araneda & O. Parra. 2000. Comparación ambiental, mediante registros sedimentarios, entre las condiciones prehispánicas y actuales de un sistema lacustre. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 73(1): 151-162.
- * CONAGUA (2016): Situación del subsector agua potable, drenaje y saneamiento. Conagua. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/184667/DSAPAS_2016_web_Parte_1.pdf.
- * Combs, S. M., & Nathan, M. V. (1998). Soil organic matter. *Recommended chemical soil test procedures for the north central region*. *North Central Regional Res. Publ*, 221, 53-58.
- * De la Lanza Espino, G., & Montes, H. L. (1999). Comparación fisicoquímica de las lagunas de Alvarado y Términos. *Hidrobiológica*, 9(1), 15-30.
- * De Vos, B., Lettens, S., Muys, B., & Deckers, J. A. (2007). Walkley-Black analysis of forest soil organic carbon: recovery, limitations and uncertainty. *Soil Use and Management*, 23(3), 221-229.

- * Dean, W. E. (1974). Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition; comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Research*, 44(1), 242-248.
- * ECOYUC (2002), "Humedales en la península de Yucatán", [<http://www.ecoyuc.com/humedales.html>].
- * Fernández, M.B., M. A. Sicre, A. Boireau, y J. Tronczynski, 1997. Polyaromatic hydrocarbon (PAH) distributions in the Seine River and its estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 34(11): 857-867.
- * Findlay, S. E. G. (2003). Bacterial response to variation in dissolved organic matter. In S. E. G. Findlay and R. L. Sinsabaugh (Eds.), *Aquatic ecosystems: Interactivity of dissolved organic matter* (pp. 363–379). Academic Press, San Diego, CA.
- * Foote, R.Q., R.G. Martin, y R.B. Powers, 1983. Oil and gas potencial of the maritime boundary region in the Central Gulf of Mexico. *The American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 67(7): 1047-1065.
- * Galindo, A., Gama, L., Salcedo, M., Ruiz, S., Morales, A., Zequeira, C. *Programa de ordenamiento ecológico del estado de Tabasco*. Secretaría de Desarrollo Social y Protección al Ambiente. Gobierno del Estado de Tabasco, 115 pp., 2006.
- * García Cruz, N. U., & Aguirre Macedo, M. L. (2014). Biodegradación de petróleo por bacterias: algunos casos de estudio en el Golfo de México. *Golfo de México: Contaminación e Impacto Ambiental, Diagnóstico y Tendencias*.
- * Hernández-Antonio A. y Hansen A. (2011). Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de Mexico y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 27, 115-127.
- * INE-SEMARNAP (2000), *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla*, México.
- * Jaffé, R., 1991. Fate of hydrophobic organic pollutants in the aquatic environment: a review. *Environmental Pollution*, 69: 237-257.
- * Janitzky, P. (1986). Organic Carbon (Walkley-Black. *Field and laboratory procedures used in a soil chronosequence study*, (1648), 34.
- * Jarquin-Raymundo, E., Lango-Reynoso, F., Castañeda-Chavez, M. del R., Wakida-Kusunoki, A. T., Landeros-Sánchez. C. (2015). Metales pesados en especies invasoras del sistema fluvio-lagunar-deltaico del río Palizada. *El Agro Veracruzano* 2015, 84.
- * Johnston, Carol A. "Sediment and nutrient retention by freshwater wetlands: effects on surface water quality." *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 21.5-6 (1991): 491-565.
- * Landeros-Sánchez, C., Lango-Reynoso, F., Galaviz-Villa, I., & Palomarez-García, J. M. (2012). Assessment of Water Pollution in Different Aquatic Systems: Aquifers, Aquatic Farms on the Jamapa River, and Coastal... *Journal of Agricultural Science*, 4(7).

- * Lango-Reynoso, F., Landeros-Sánchez, C., & del Refugio Castaneda-Chavez, M. (2010). Bioaccumulation of cadmium (Cd), lead (Pb) and arsenic (As) in *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791), from Tamiahua lagoon system, Veracruz, Mexico. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 26(3), 201-210.
- * Luque - González, A. (2019). Implicaciones ambientales derivadas del petróleo: Caso del agua embotellada. *CIENCIAMATRIA*, 5(9), 265-285. <https://doi.org/10.35381/cm.v5i9.144>.
- * Megchún-García J. V., Castañeda-Chávez M. del R., Rodríguez-Lagunes D.A., Murguía-González J., Lango-Reynoso F. and Leyva-Ovalle O. R. (2019). Impact of Thiamethoxam in Papaya Cultivation (*Carica papaya* Linnaeus) in Rotation with Watermelon (*Citrullus lanatus*) Crops. *Agriculture*, 9(6), 1-11.
- * McGenity, T. J., Folwell, B. D., McKew, B. A., & Sanni, G. O. (2012). Marine crude-oil biodegradation: a central role for interspecies interactions. *Aquatic Biosystems*, 8(1), 1-19.
- * Ocaña – Servín, H., Rico – Méndez, F., Perez – Avilés, J., Colin – Cruz, A. & Camacho – Beizar, R. (2003). Antecedentes históricos de la contaminación ambiental. En : Solís-Segura, L. & López – Arriaga, J. (Eds). *Principios básicos de contaminación ambiental*. Universidad Autónoma del Estado de México. Pp. 1 -15.
- * Páez-Osuna, Federico, H. Fernández Pérez, and Fong Lee. "Comparación de tres técnicas para analizar materia orgánica en sedimentos." *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México*. Vol. 11. No. 1. 1982.
- * Perdue, E. M. (1998). Chemical composition, structure and metal binding properties. In D. O. Hessen and L. J. Tranvik (Ed.), *Aquatic humic substances: Ecology and biogeochemistry*. Ecological studies (pp. 41–62). Springer-Verlag, Berlin.
- * Pruell, R.J., B.K. Taplin, D.G. McGovern, R. McKinney, y S.B. Norton, 2000. Organic contaminant distributions in sediments, polychaetes (*Nereis virens*) and American lobster (*Homarus americanus*) from a laboratory food chain experiment. *Marine Environmental Research*, 49: 19-36.
- * Qualls, R. G., and Richardson, C. J. (2003). Factors controlling concentration, export and decomposition of dissolved organic nutrients in the Everglades, Florida. *Biogeochemistry*, 62, 197–229.
- * Reyes Y., Vergara I, Torres O., Díaz M. & González E. (2016) Contaminación por metales pesados: implicaciones en Salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*.16(2):66-77.
- * Rojas, K. (2018, 02 12). El financiero. Retrieved from La contaminación por plástico: <https://www.elfinanciero.com/tecnologia/la-contaminacion-por-plastico/YTJWOX5OENA6ZAIQ3GOK6UTKJM/story/>.
- * Rosell, J., Linares, R., & Llompарт, C. (2001). El “garumniense” prepirenaico. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 14(1-2), 47-56.

- * Rueda, L., Botello, A. V., & Gilberto, D. Í. A. Z. (1997). Presencia de plaguicidas organoclorados en dos sistemas lagunares del estado de Chiapas, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 13(2), 55-61.
- * Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, "SEMARNAT", (2019). Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco. Recuperado 24 abril, 2019, de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/reserva-de-la-biosfera-pantanos-de-centla-tabasco?idiom=es>.
- * Singer, P. C. (1994). Control of disinfection by-products in drinking water. *J of Environ Engineering ASCE*, 120, 727–744.
- * Schulte, E. E., & Hopkins, B. G. (1996). Estimation of soil organic matter by weight loss-on-ignition. *Soil organic matter: Analysis and interpretation*, 46, 21-31.
- * Stubbins, A., Hubbard, V., Uher, G., Law, C. S., Upstill-Goddard, R. C., Aiken, G. R., and Mopper, K. (2008). Relating carbon monoxide photoproduction to dissolved organic matter functionality. *Environmental Science and Technology*, 42, 3271–3276.
- * Tejada-Tovar, C., Villabona-Ortiz, Á., & Garcés-Jaraba, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico.
- * Valencia, R., Sánchez, J., Ortiz, E. y Gómez, J. 2007. La Contaminación de los ríos, otro punto de vista. *Ciencia en la Frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ Volumen V, No. 1*. Pp. 35-49.
- * Vázquez-Botello, A., Ponce-Vélez, G., & Díaz-González, G. (1994). Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's) en áreas costeras del Golfo de México. *Hidrobiológica*, 3(1, 2), 1-15.
- * Vélez, G.P, y A. V. Botello, 2005. Niveles de hidrocarburos en el Golfo de México, p. 269-298. In: A. V. Botello, J. Rendón-von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (Eds.). *Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*, 2da Edición. Univ. Autón. de Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696.
- * Wakida-Kusunoki, A. T. (2009). The bay scallop, *Argopecten irradians amplicostatus*, in northeastern Mexico. *Marine Fisheries Review*, 71(3), 17-19.
- * Waples, J. S., Nagy, K. L., Aiken, G. R., and Ryan, J. N. (2005). Dissolution of cinnabar (HgS) in the presence of natural organic matter. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69, 1575–1588.
- * McClain, M. E., & Elsenbeer, H. (2001). Terrestrial inputs to Amazon streams and internal biogeochemical processing. *The biogeochemistry of the Amazon Basin*, 185-208.
- * Margalef, R. (1983). *Limnología* (Vol. 1009). Barcelona: Omega.
- * Lewis, R. S., Amari, S., & Anders, E. (1990). Meteoritic silicon carbide: pristine material from carbon stars. *Nature*, 348(6299), 293-298.
- * Pérez Jiménez, D., Diago Garrido, Y., Corona Miranda, B., Espinosa Díaz, R., & González Pérez, J. E. (2011). Enfoque actual de la salud ambiental. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 49(1), 84-092.

