



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**Estudio de contaminación por materia orgánica,
Coliformes fecales y nutrientes en 6 descargas de Aguas
en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo**

TESIS

Para obtener el grado de
Ingeniera Ambiental

PRESENTA

Addy Argelia Gómez Castillo

DIRECTOR DE TESIS

Dr. José Manuel Carrión Jiménez

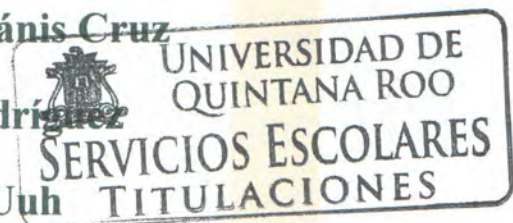
ASESORES

Q.F.B. José Luis González Bucio

Dr. Víctor Hugo de Jesús Soberánis Cruz

M.C. José Martín Rivero Rodríguez

Dr. José Alfonzo Canche Uuh



Chetumal Quintana Roo, México, Julio 2014



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Trabajo de Tesis elaborado bajo supervisión del Comité de asesoría y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

Ingeniera Ambiental

Comité de Trabajo de Tesis

Director:

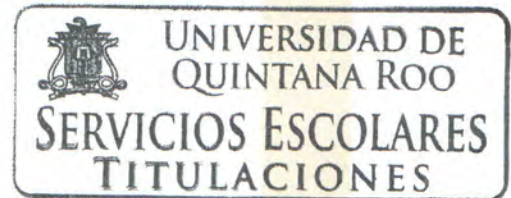
Dr. José Manuel Carrión Jiménez

Asesor :

Q.F.B. José Luis González Bucio

Asesor :

Dr. Víctor Hugo Soberanis Cruz



Chetumal, Quintana Roo, México, Julio de 2014.

Frase

**El éxito en la vida es equivalente al tamaño
de la confianza que depositas en Dios.**

Agradecimientos

Deseo agradecer a cada uno de los Miembros del comité de tesis. En especial al Dr. José Manuel Carrión Jiménez, director de tesis quien ha hecho todo esto posible, por ser paciente en el desarrollo de esta tesis y utilizar su tiempo en la corrección de la misma. De igual manera por apoyarme en las materias impartidas a lo largo de mi formación profesional.

A mi tutor de toda la carrera el M.C. José Martín Rivero Rodríguez por apoyarme en todo momento para la realización de esta tesis y en los tramites de titulación, de igual manera no solo en las orientaciones académicas como tutor , sino también sus consejos para poder continuar cada día y no quedarme atrás. Más alcanzar la meta que ahora tengo.

Al Dr. Víctor Hugo Soberánis Cruz por asesorarme de igual modo al QFB. José Luis Gonzales Bucio y al Dr. José Alfonso Canche Uuh. De igual manera en la impartición de materias y el apoyo incondicional en congresos universitarios.

Este trabajo de tesis fue financiado en la Convocatoria 2014 “Apoyo a la Titulación de la División de Ciencias e Ingeniería”, con recursos PIFI de 2013.

Dedicatoria

A Dios por llenarme de bendiciones y fortaleza a lo largo de mi carrera. Quien cada día me ilumina y nunca me deja sola; Por haberme permitido completar esta tesis. Por las habilidades académicas necesarias para llevar a cabo este trabajo. Por darme las fuerzas para seguir adelante y la seguridad de que el futuro de él depende todo lo que yo realice.

A mi madre mi gran amiga , mi compañera, mi guía , la mejor mama por haberme brindado su apoyo incondicional, quien siempre estuvo en todo momento de mi formación profesional y su respaldo durante toda su vida, pues sin su Colaboración y apoyo no hubiera podido realizar esta meta.

A mi padre que con todo su trabajo me apoyo económicamente, mi hermana mi alma gemela por decirlo así, quien dedico todo su esfuerzo por mí y estuvo en todo momento a mi lado; y a mis hermanos por su total apoyo. Por ser guardianes fieles en el desarrollo de mis obligaciones académicas.

A Ismael Montalvo Manzanilla mi gran amor quien me apoya con todo lo que haga en mi formación profesional, más que nada en mi titulación quien siempre me ha dado toda su confianza.

A mis compañeros de universidad, que por cinco años me permitieron compartir sus conocimientos en trabajo por equipo e individual para realizar actividades académicas.

A aquellos amigos y amigas que siempre fueron el motor de mi vida. Fueron tantos los que me ayudaron a desarrollarme como persona integral.

Contenido

1. Introducción	1
2. Objetivos	5
2.1 General	5
2.2 Específicos	5
3. Materiales y métodos.....	7
3.1 Área de Estudio	7
3.2 Determinaciones Analíticas	11
4. Resultados y discusión.....	13
4.1 Estudio de contaminación por coliformes fecales	13
4.2 Estudio de contaminación por Materia Orgánica	16
4.3 Estudio de contaminación por Fósforo.....	19
4.4 Análisis de las descargas ubicadas en el muelle fiscal y glorieta de Sams	20
5. Conclusiones y recomendaciones	26

Capítulo 1

1. Introducción

Actualmente existe en nuestro país el grave problema de contaminación de ríos, lagos, acuíferos y costas, debido a que en ocasiones son utilizados como depósito de los desechos generados por las actividades humanas. Entre los desechos se encuentran las aguas residuales generadas por descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier uso. La descarga de estas aguas residuales en cuerpos de agua representa un peligro para la salud pública y para el ecosistema mismo, ya que estas aguas contienen microorganismos patógenos como por ejemplo coliformes fecales, materia orgánica soluble y nutrientes como compuestos de nitrógeno y fósforo.

En el caso de los coliformes fecales la presencia y extensión de contaminación fecal es un factor importante en la determinación de la calidad de un cuerpo de agua. Las heces contienen una variedad de microorganismos y formas de resistencia de los mismos, involucrando organismos patógenos, los cuales son un riesgo para la salud pública al estar en contacto con el ser humano. El examen de muestras de agua para determinar la presencia de microorganismos del grupo coliforme que habitan normalmente en el intestino humano y de otros animales de sangre caliente, da una indicación de algunos miembros del grupo de organismos coliformes para sobrevivir en agua; además el número de estos también puede emplearse para estimar el grado de contaminación fecal.

Son organismos coliformes aquellos capaces de crecimiento aeróbico ya sea a 35 o 37 °C en un medio de cultivo líquido lactosado con producción de ácido y gas dentro de un periodo de 48 h, la mayor especie en el grupo de coliforme fecal es *Escherichia coli*. Las consecuencias de contaminación por coliformes fecales pueden ir desde leves intoxicaciones en las personas que estén en contacto con la descarga de agua o con el cuerpo de agua donde esta se realiza, hasta la muerte por infección. El método del número más probable (NMP) es un método robusto por lo que puede aplicarse en cualquier tipo de agua para determinar el número de coliformes. Estos microorganismos pueden sobrevivir al tratamiento, por lo que su reuso p.ej., en riego agrícola, actividades recreativas: Aguas de piscinas, baños de hidromasaje, aguas potables naturales, actividades piscícolas y aguas marinas superficiales (playas), representan un riesgo

potencial a la salud pública. En cuanto a la presencia de materia orgánica en las aguas descargadas a cuerpos de agua, esta genera problemas ya que su oxidación completa requiere oxígeno bajado los niveles del mismo en el cuerpo de agua, mientras que los nutrientes generan problemas de eutrofización.

Actualmente en la Bahía de Chetumal se ha observado la presencia de varias descargas en el Boulevard Bahía. Está situada entre las coordenadas 18° 33' N y 88° 08' O y políticamente se encuentra dividida entre México y Belice, cuya frontera se delimita por la mitad de sus aguas, tiene una profundidad muy baja por lo que no tiene puertos de alto calado y en ella se encuentra una única isla, Tamalcab.

En el punto de la desembocadura del río en la Bahía se encuentra la ciudad de Chetumal que da nombre a la Bahía y es la ciudad más importante de la región y capital del estado mexicano de Quintana Roo. La Bahía de Chetumal está considerada un santuario para el manatí, un mamífero acuático en peligro de extinción que es considerado un símbolo de esta región. Además habitan en ella una variedad de especies acuáticas (Miller, 1992, Miller, 2005). Existen estudios previos de análisis de contaminación en la Bahía de Chetumal, Herrera et al., (2002) realizaron un estudio de la calidad del agua en la Bahía por medio de indicadores tróficos. Rojas y Morales (2002) analizaron la contaminación por metales en sangre y hueso de manatís de la Bahía. Díaz et al., (2006) estudiaron la contaminación por metales pesados en la Bahía de Chetumal. Ortiz y Sáenz (2007, 2009) analizaron la contaminación por coliformes y nutrientes en descargas de aguas en la Bahía.

Además evaluaron la dispersión de estos contaminantes una vez vertidos al sistema, mediante el monitoreo mensual en siete puntos de descarga a 1, 50 y 100 m alejados de la línea de costa. Dos sitios sin descargas fueron usados como testigo. La densidad de bacterias coliformes fecales fue superior a la considerada en la legislación mexicana para aguas de uso recreativo y contacto primario, con valores altos que se mantenían aún a 100 metros de distancia de la línea de costa, indicando una lenta capacidad de depuración del sistema. Y con relación a la contaminación orgánica en la bahía de Chetumal,

encontraron que las aguas de los drenajes pluviales que desembocan en la Bahía presentaron concentraciones de detergentes, fosfatos, nitratos y nitritos que sobrepasaban el máximo permisible establecido en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua de SEDUE (1989).

En años recientes se han ubicado varias descargas de aguas a lo largo de la zona conocida como Boulevard de la Bahía que provienen de casas-habitación, comercios, escuelas públicas y privadas e instituciones diversas, esto aunado al crecimiento poblacional en la ciudad ha originado un aumento en la cantidad de agua residual descargada a la Bahía de Chetumal y están ocasionando graves problemas de contaminación.

Todas las recomendaciones y conclusiones descritas en este trabajo son aplicados de acuerdo a los datos obtenidos en este estudio, únicamente nos dan y nos sugieren un posible compartimento de diferentes variables con un análisis estadístico descriptivo, tomando en cuenta el promedio diario de cada estudio, para la protección de vida acuática como lo marca la norma oficial mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales.

Capítulo 2

2. Objetivos

2.1 General

Determinar la contaminación por materia orgánica, nutrientes y coliformes fecales, en 6 descargas de aguas residuales en la Bahía de Chetumal Quintana Roo.

2.2 Específicos

- Determinar la concentración de materia orgánica como DBO5 y DQO en las 6 descargas.
- Determinar la concentración de fósforo total en las 6 descargas.
- Determinar el NMP de coliformes fecales en las 6 descargas.
- Comparar los resultados obtenidos con los valores establecidos en la NOM-001-ECOL-1996.

Capítulo 3

3. Materiales y métodos

3.1 Área de Estudio

Tres muestreos fueron realizados durante los meses de enero, febrero y marzo de 2014 (época de secas) estudio 5; adicionalmente se realizó un estudio en los meses de septiembre a diciembre del 2013 (época de lluvias) estudio 4, en seis descargas ubicadas en la zona de la Bahía de Chetumal. Las muestras fueron colectadas entre las 6:00 a.m. y las 8:00 a.m. Las muestras de agua fueron colectadas directamente en la descarga de agua a la Bahía de Chetumal. Los puntos de descargas fueron referenciados con respecto a lugares ampliamente conocidos en la zona de la manera siguiente:

- A) Hotel Hacienda Bahía
- B) Mega escultura
- C) Punta Estrella
- D) Restaurant Drinks
- E) Muelle Fiscal
- F) Glorieta de Sams

La Figura 3.1 muestra los puntos de descarga de aguas analizados.

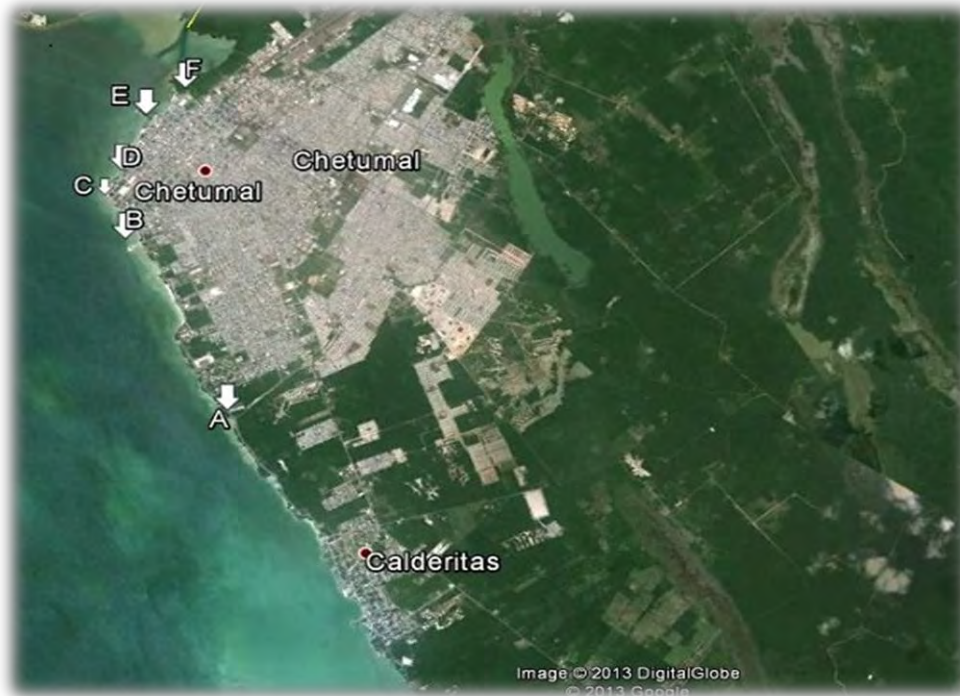


Figura 3.1.- Ubicación de las descargas de agua analizadas en éste trabajo.

Las Figuras 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7 presentan en detalle las descargas de aguas analizadas a lo largo de la Bahía de Chetumal en los puntos marcados en la Figura 3.1.



Figura 3.2.- Descarga ubicada a un costado del Hotel Hacienda Bahía (punto A).



Figura 3.3.- Descarga ubicada a un costado de la Mega escultura (punto B).



Figura 3.4.- Descarga ubicada en punta estrella (punto C)



Figura 3.5.- Descarga ubicada enfrente de restaurant Drinks (punto D).



Figura 3.6.- Descarga ubicada en el muelle Fiscal (punto E).



Figura 3.7.- Descarga ubicada en la glorieta Sams (punto F).

3.2 Determinaciones Analíticas

Las concentraciones de materia orgánica en las muestras de las descargas de agua residual fueron medidas como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) por los métodos de incubación por diluciones (Norma Mexicana NMX-AA-028 Aguas). Y por el método de reflujó cerrado descrito en APHA (1995) respectivamente. La DQO se determinó con kits comerciales Hach y un espectrofotómetro UV visible Hach.

La concentración de fosforo total se midió por el método espectrofotométrico de Molibdato NMX-AA-029 Aguas.

Los coliformes fecales se determinaron como el número más probable mediante el método de tubos múltiples de fermentación del NMP (Norma Mexicana NMX-AA-042 Aguas). Para las muestras de agua se utilizaron botellas ámbar de 150 ml de capacidad y tapón de rosca, posteriormente se incubaron durante un día en una incubadora a 44 °C.

Capítulo 4

4. Resultados y discusión

En este Capítulo se presentan los resultados obtenidos en los estudios E4 y E5. Los resultados de estos estudios son analizados y comparados con los resultados obtenidos en los estudios E1, E2 y E3. Los resultados del estudio E5 corresponden a la época de secas en Chetumal y es importante mencionar que en los meses correspondientes a este estudio no se presentaron descargas de agua en los puntos correspondientes al Hotel Hacienda Bahía y el restaurant Drinks por lo que no se determinó ninguno de los parámetros estudiados en este trabajo y en estos puntos.

Los resultados que se muestran en este apartado muestran un análisis estadístico de tipo descriptivo.

4.1 Estudio de contaminación por coliformes fecales

Para realizar el análisis de los datos obtenidos se consideraron los límites máximos permisibles para protección de vida acuática establecidos en la NOM-001-ECOL-1996 para la descarga de aguas residuales en aguas y bienes de la nación. Estos límites se consideraron dado que en la Bahía de Chetumal habitan el manatí así como una variedad de especies ícticas.

La Tabla 4.1 presenta el periodo de tiempo en el que se realizaron los estudios.

Estudio	Periodo
E1	Septiembre-Diciembre 2010
E2	Septiembre-Diciembre 2011
E3	Septiembre-Diciembre 2012
E4	Septiembre-Diciembre 2013
E5	Enero-Marzo 2014

Tabla 4.1.- Fechas de los estudios realizados en las descargas de la Bahía de Chetumal.

La Tabla 4.2 presenta los resultados de la medición de coliformes fecales, estos resultados corresponden a la media geométrica del valor promedio diario tal como es descrito en la NOM-001-ECOL-1996l. De acuerdo a los datos obtenidos en esta tabla observamos que los valores mínimos promedio de coliformes se obtuvo en el punto de descarga Hotel Hacienda Bahía(A), mientras que los valores máximos promedio de coliformes correspondió al punto de descarga ubicado en el muelle fiscal (E). Los valores promedio del NMP/100 mL en la tabla 4.2 marcados en rojo corresponden a valores que están por arriba del límite máximo permisible establecido en la NOM (2000 NMP/100 mL para el promedio diario). Se puede observar también que los valores promedio de NMP más bajos se obtuvieron en el punto (A) correspondiente al Hotel Hacienda Bahía, con un valor total promedio de 100.8 NMP/100mLs, cabe resaltar que en el estudio E5 no se determinó el valor promedio del NMP para esta descarga ya que durante este periodo no se presentó descarga de agua, esta misma situación se observó para el punto (D), correspondiendo este periodo con la época de secas. Sin embargo en época de lluvias en éstos puntos se presentó descarga de aguas conteniendo coliformes fecales que aun cuando no sobrepasan el límite establecido en la NOM indican la incorporación de aguas residuales conteniendo heces humanas, las cuales son originadas debido al hecho de que de acuerdo a datos de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) en el municipio de Othón P. Blanco más del 40% de la población no está conectada a la red de alcantarillado, por lo cual el uso de letrinas y fosas sépticas genera este tipo de aguas residuales que al mezclarse con las aguas de tipo pluvial generan la descarga que es vertida a la Bahía.

Para el estudio E5 de acuerdo a los datos obtenidos en la tabla, los N.M.P. de coliformes fecales promedio más bajos se obtuvieron en el punto de descarga de punta estrella (C) y los valores máximos promedio se obtuvieron en el punto de descarga del muelle fiscal (E). Considerando los datos según lo marca la Norma en ningún punto de descarga se excedió el límite máximo permisible, debido a que el periodo de secas es un factor por el cual no se registre mayor presencia de coliformes

Fecales. Para el estudio E4 que se realizó en el periodo de época de lluvias se observa que hay un incremento del promedio de coliformes fecales. La Figura 4.2 presenta los

valores promedio diario de coliformes fecales como NMP por cada 100 mL de los cinco estudios realizados, se puede observar que el valor promedio más alto corresponde a la descarga ubicada en la glorieta de Sams (punto F) donde en el estudio E4 el valor promedio de coliformes excedió el límite máximo permisible. Se puede observar en esta Figura que en los seis puntos de descarga analizados se cuantificó la presencia de coliformes fecales debido a que como se mencionó anteriormente una gran parte de la población del municipio de Othón P. Blanco no está conectada a la red de alcantarillado.

Por otra parte es importante mencionar que de acuerdo a los datos mostrados en la Tabla 4.2 sólo en dos estudios se excedió el límite máximo permisible, sin embargo estos datos corresponden al promedio diario y de acuerdo a la NOM el límite máximo permisible para el promedio mensual es más estricto (1000 NMP/100 mL). Debido a la limitación de reactivo, en éste trabajo de tesis solo se pudo obtener el promedio diario de las muestras analizadas en las seis descargas de aguas.

Punto de muestreo					
	E1	E2	E3	E4	E5
A	116	142	220	26	N.D.
B	920	1290	1300	567	630
C	480	840	450	240	469
D	1300	980	1400		N.D.
E	1850	1400	2240	810	704
F	1600	960	1220	3500	669

Tabla 4.2.- NMP de Coliformes fecales determinados en las descargas de agua de la Bahía de Chetumal (N.D. – No Determinado).

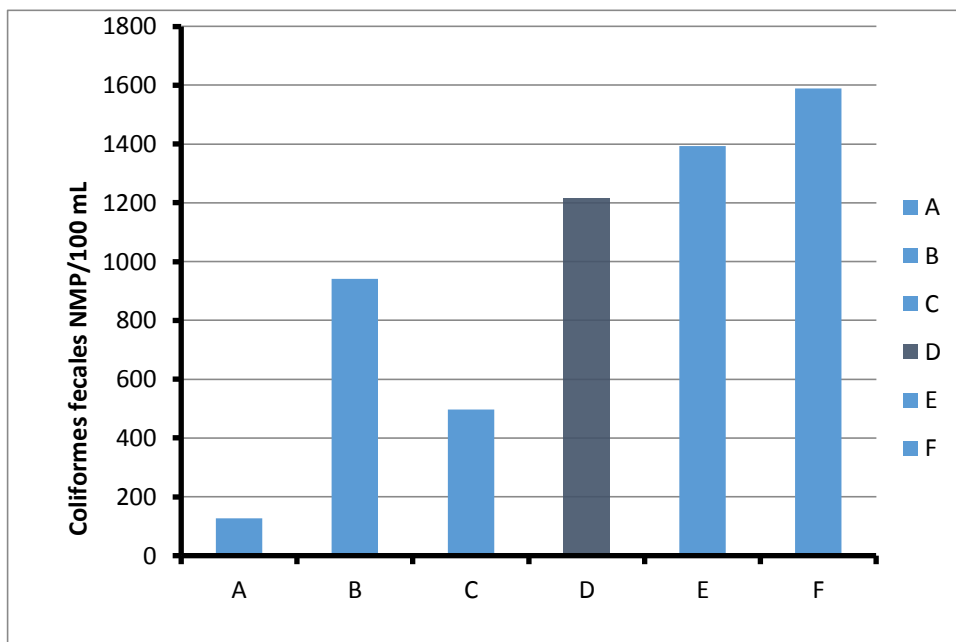


Figura 4.2.- Valores promedio del NMP en las descargas de agua analizadas.

4.2 Estudio de contaminación por Materia Orgánica

La Tabla 4.2 presenta los resultados de la DBO₅ medidos en las seis descargas analizadas de la Bahía. Los datos mostrados en rojo corresponden a valores que excedieron la Norma Oficial (60 mg L⁻¹ DBO₅ para protección de vida acuática). De acuerdo a los datos mostrados en la tabla se puede observar que los valores mínimos promedio de concentración de la DBO₅ se obtuvieron en la descarga ubicada en el Hotel Hacienda Bahía. Para este punto no se presentó descarga de agua en el análisis E5 por lo cual no se reporta valor para la DBO₅. Se puede observar también que la descarga ubicada en el muelle fiscal excedió el límite máximo en los estudios E1, E2, E3 y E5 siendo de esta manera la descarga que más problemas de contaminación presenta con respecto a éste parámetro según los resultados vistos. De acuerdo a los datos presentados en esta tabla la descarga ubicada en la glorieta de Sams también presenta posibles problemas de contaminación donde en tres estudios realizados la

concentración de la DBO5 excedió el límite máximo permitido en la Norma, además esta descarga es la que presenta el valor máximo medido de la DBO₅ (estudio E5). La descarga ubicada en el restaurant Drinks excedió el límite máximo en los estudios E2 y E3, sin embargo al igual que la descarga ubicada en el Hotel Hacienda Bahía en el estudio E5 correspondiente a la época de secas no presenta descarga de aguas a la Bahía por lo cual no fue posible la medición de la DBO₅.

punto de muestreo	E1	E2	E3	E4	E5
A	14.5	14.3	18.32	14.1	N.D.
B	52.1	45.3	64.0	58.4	75.3
C	35.6	40.7	38.1	42.2	73.3
D	48.6	63.4	66.2	46.6	N.D.
E	71.3	66.3	67.8	54.3	78.6
F	66.2	75.4	58.4	62.1	80.0

Tabla 4.2- Resultados de la DBO₅ (mg/L) en las descargas de agua de la Bahía de Chetumal.

La Figura 4.2 presenta los resultados de la DQO total medida en las seis descargas, los datos presentados en esta Figura corresponden a los medidos en el estudio E3 únicamente debido a que en los otros estudios no se obtuvieron resultados, al no marcar

en la NOM un límite máximo permisible. Pero se observa una relación para estimarlo en un estudio E3.

La NOM-001-ECOL-1996 no establece un límite máximo permisible para este prueba de medición de materia orgánica, sin embargo puede observarse una correspondencia con los datos medidos de la DBO₅, con estos datos se obtuvo para el estudio 3 E3 una relación DBO₅/DQO promedio de 0.29 ± 0.08 . En un estudio realizado en la Bahía de Chetumal Ortiz y Sáenz (1999) cuantificaron la DBO₅ en nueve descargas de agua residual y encontraron valores para la DBO₅ en el intervalo de 22.61 a 38.96 mg L⁻¹, sin embargo en este estudio se puede observar que se presentaron valores que excedieron la Norma Oficial Mexicana, esto puede ser atribuido al crecimiento poblacional que se ha presentado en la Ciudad de Chetumal.

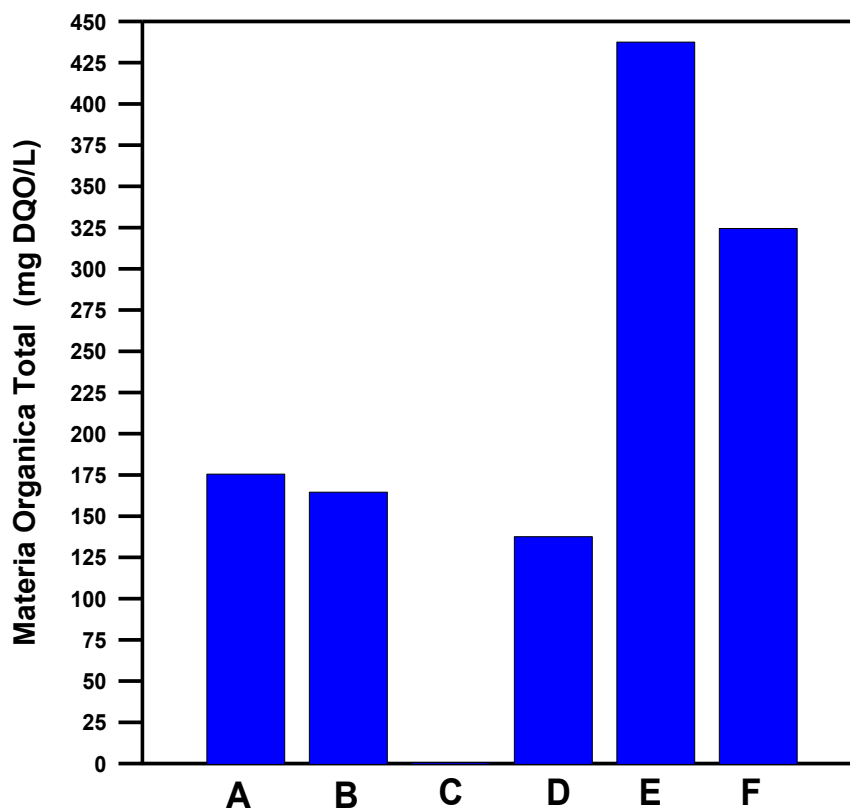


Figura 4.2- Concentraciones de Materia Orgánica Total medidas como DQO en los puntos de descarga de agua en la Bahía de Chetumal correspondientes al estudio E3.

4.3 Estudio de contaminación por Fósforo

La Tabla 4.3 presenta los resultados obtenidos con promedio diario para la medición de fósforo total en las seis descargas de agua. De acuerdo a estos datos, para el Estudio 5 los valores mínimos promedio a excepción de algunos se encontraron en la descarga ubicada en el muelle fiscal y los valores máximos promedio fueron encontrados en la descarga ubicada en la Mega escultura.

Para el estudio E4 los valores mínimos promedio se encontraron en la descarga ubicada en punta estrella y los valores máximos promedio fueron encontrados en la descarga ubicada en la Glorieta Sams Tomando en cuenta el promedio diario, en ninguna descarga se encontraron concentraciones que sobrepasen los máximos permisibles de la Norma (10 mg P L^{-1} considerando el promedio diario para la protección de vida acuática para los estudios E4 y E5).

Para los estudios E1, E2, y E3 .Los datos marcados en rojo indican los valores que excedieron el límite máximo permisible de la Norma (5 mg P L^{-1} , considerando el promedio mensual para protección de vida acuática), se puede observar que a excepción del punto de descarga ubicado en el Hotel Hacienda Bahía, en la mayoría de las descargas se presentaron valores que excedieron el límite máximo permisible.

En un estudio realizado por Ortiz y Sáenz (1997) encontraron concentraciones de NO_2^- , NO_3^- y fosfatos en ocho descargas de la Bahía de Chetumal que sobrepasaban los máximos permisibles establecidos en los criterios ecológicos de calidad del agua de SEDUE. Ellos consideraron en su estudio a los detergentes como la fuente principal de fosfatos en las descargas de agua residual. Los resultados determinados de fósforo total en este estudio están de acuerdo con lo observado por Ortiz y Sáenz (1997).

punto de muestreo	E1	E2	E3	E4	E5
A	1.2	N.D	N.D	N.D	N.D.
B	4.8	7.7	5.8	2.9	2.5
C	5.1	3.8	6.7	0.03	2.2
D	5.6	7.3	6.8	3.1	N.D.
E	8.5	10.4	6.3	1.3	2.0
F	7.6	6.3	7.2	3.4	2.3

Tabla 4.3.- Valores de la concentración de fósforo total (mg P L^{-1}) en las descargas de agua analizadas.

4.4 Análisis de las descargas ubicadas en el muelle fiscal y glorieta de Sams

Las figuras 4.4, 4.5 y 4.6 presentan las concentraciones de coliformes fecales, DBO5 y fósforo medidas en las descargas ubicadas en el muelle fiscal y la glorieta de Sams. Estas descargas de acuerdo con los datos obtenidos fueron las que mayor problema de contaminación presentaron. Estas descargas se ubican a una distancia de 800 metros entre si y como se puede observar en las Figuras antes mencionadas con excepción de algunos datos, las variaciones en las concentraciones de los contaminantes analizados siguen un comportamiento similar.

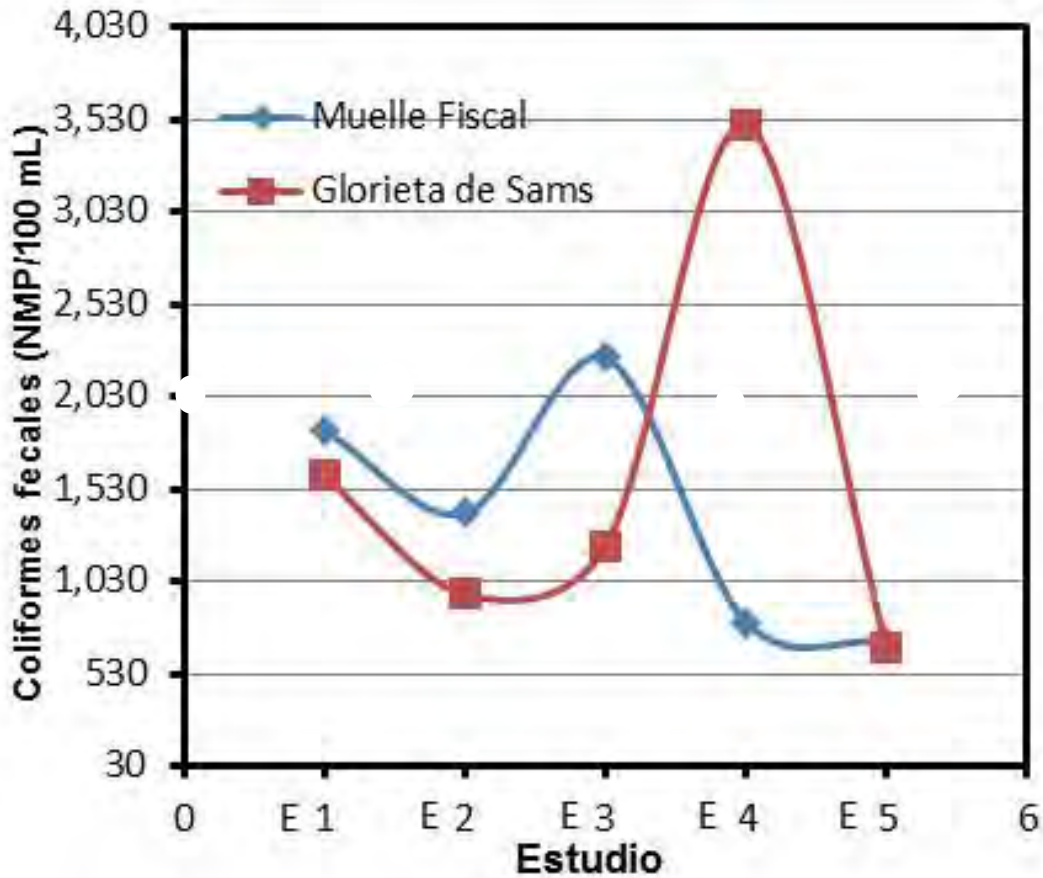


Figura 4.4.- Variaciones en el NMP de coliformes fecales en los estudios realizados para los puntos de muestreo muelle fiscal y Glorieta de Sams.

De acuerdo a esta figura 4.4 partir del estudio 3 se observa que hay un incremento en el gráfico de acuerdo a la concentración en promedio del NMP de coliformes fecales para el muelle fiscal y una disminución a partir del estudio 4 hasta el estudio 5.

En la glorieta Sams se observa el incremento a partir del estudio 4 y una disminución hasta el estudio 5 de acuerdo al NMP promedio.

Ambas graficas de acuerdo a la figura muestran una similitud en su comportamiento y con base a los promedios diarios mostrados existen presencia de coliformes fecales para todos los estudios.

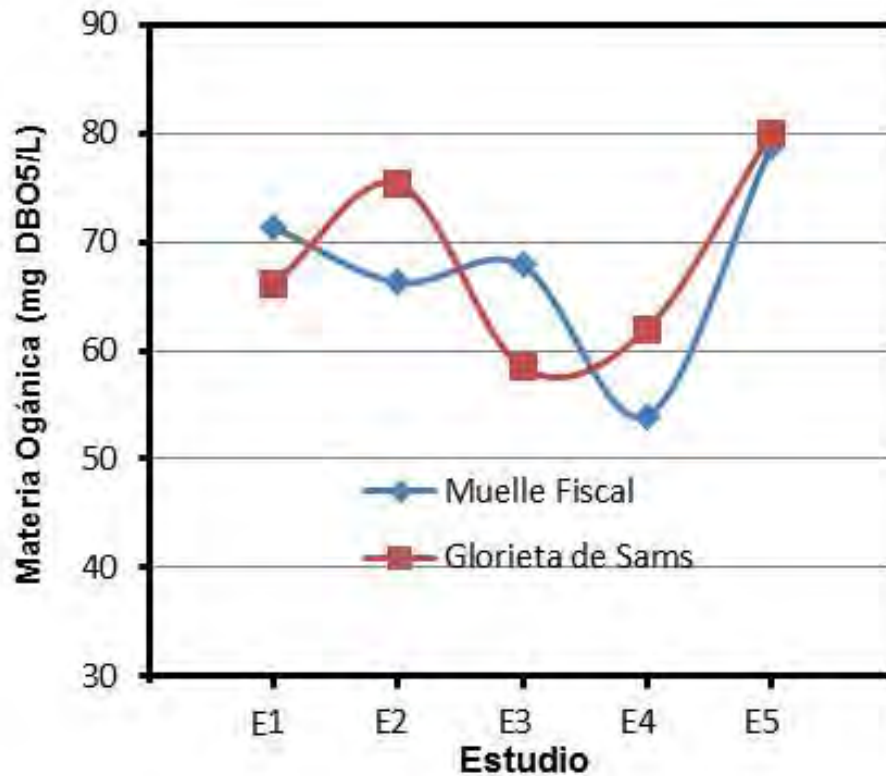


Figura 4.5.- Variaciones en la DBO₅ (mg /l) en los estudios realizados para los puntos de muestreo muelle fiscal y Glorieta de Sams.

De acuerdo a los datos mostrados en la figura 4.5 se observó que el mayor promedio de DBO5 corresponde al estudio 5 en donde se observa un incremento para ambas gráficas tanto del muelle fiscal como de la glorieta Sams. En donde existe cierto incremento en el estudio 2 y a partir del estudio 4 para la glorieta Sams. Para el muelle fiscal el comportamiento es similar cuyo aumento se observó en el estudio 3 y en el estudio 5. En el estudio 4 tiende a disminuir notablemente.

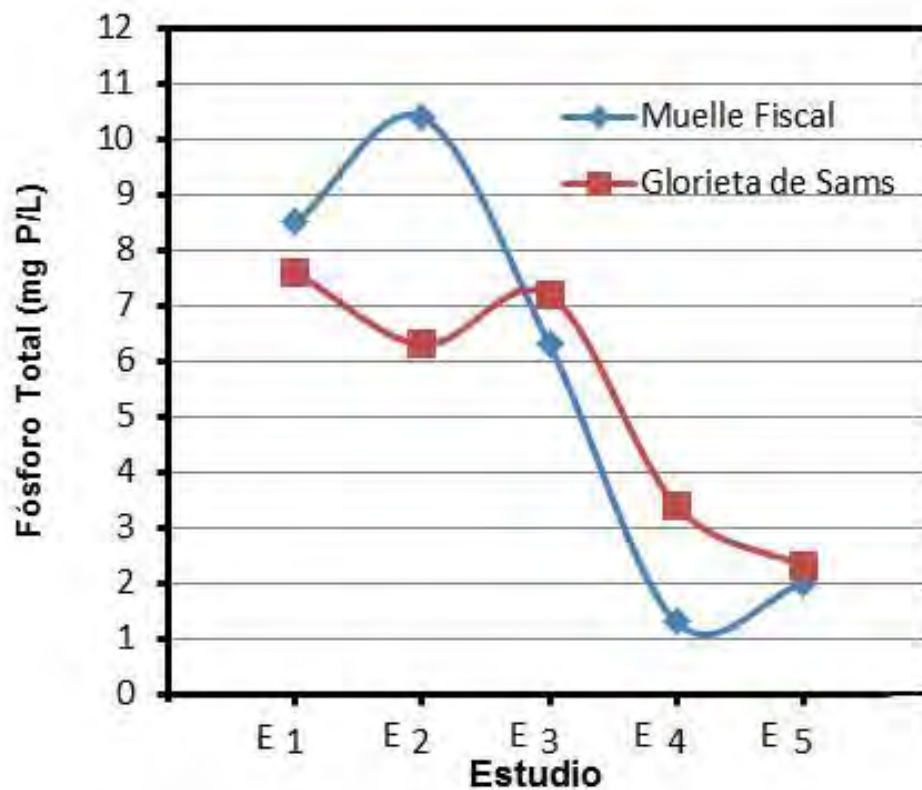


Figura 4.6.- Variaciones en la concentración de fósforo en los estudios realizados para los puntos de muestreo muelle fiscal y Glorieta de Sams.

De acuerdo a los datos mostrados en la figura 4.6 hay un incremento del promedio de fosforo total a partir del estudio 1 hasta el estudio 2, para el punto de descarga del muelle fiscal y una disminución notable a partir del estudio 3 hasta el estudio 4, observando que a partir del estudio 4 empieza a incrementar de nuevo el nivel de fosforo total promedio de acuerdo al gráfico.

En el grafico del punto de descarga de la glorieta Sams ocurre algo similar a diferencia de que en el estudio 2 hay una disminución y un aumento en el estudio 3. Disminuyendo nuevamente a partir del estudio 3 al estudio 4.

Ambos tienen el mismo comportamiento dado que en el estudio 5 los dos presentan un incremento.

Capítulo 5

5. Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo a los datos de la Comisión de Agua potable y alcantarillado (CAPA) en el municipio de Othón P. Blanco más del 40% de la población no está conectada a la red de alcantarillado, por lo cual el uso de letrinas y fosas sépticas generan este tipo de aguas residuales que al mezclarse con las aguas de tipo pluvial generan la descarga que es vertida a la Bahía.

En este trabajo se concluye que es un estudio de análisis estadístico de nivel descriptivo, que con base a la información obtenida se tomaron datos promedio de cada uno de los estudios. De acuerdo a estos datos obtenidos en los resultados, y tomando en cuenta el promedio diario de cada parámetro medido, se hizo una comparación entre los resultados con los valores establecidos en la NOM- 001-ECOL-1996. Por lo cual se obtuvieron resultados de materia orgánica, coliformes fecales y fosforo total que fueron estudiados en seis descargas de aguas residuales ubicadas en el boulevard Bahía de Chetumal.

Por lo que entonces se observó que la descarga de agua ubicada en los puntos del muelle fiscal y en la glorieta de Sams fueron las que presentaron mayores datos promedio, los cuales nos sugieren posibles problemas de contaminación. Para la primera se encontró mayor presencia de coliformes y materia orgánica, mientras que en la descarga ubicada en la glorieta Sams en casi todo los casos hubo presencia por: coliformes, materia orgánica y fosforo total. En su mayoría sobrepasan los valores máximos permisibles para la protección de vida acuática establecidas en la Norma Oficial Mexicana. Además en el caso de los coliformes se observó que el NMP es más alto en época de lluvias es decir en los estudios E1, E2, E3, y E4 que en el estudio que fue realizado en época de secas E5 en donde el NMP fue mínimo. Lo mismo sucede con el fosforo total.

Para la materia orgánica se observó que existe mayor presencia para época de secas. Lo cual no influye tanto la época de lluvias si no que el nivel de contaminación existente en la bahía con el paso del tiempo incrementa.

Como recomendación considerando que en la Bahía de Chetumal habitan diferentes especies de peces y el manatí, además de que en esta la población se recrea en algún balneario de la misma, es necesario establecer un sistema de recolección de estas aguas para su adecuado tratamiento en una planta.

Bibliografía

Ávalos, J. E. (2009). El sistema Ecológico de la Bahía de Chetumal /Corozal: Costa Occidental del Mar Caribe. (H. A. Arana, Ed.) Chetumal Qroo: colegio de la frontera sur.

Morales, B. et al. (2002): Distribución Especial y estimación poblacional de los manatíes en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. Rev. Inv. Cient. UABCS, 2

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association Inc., 14th ed. Washington, D.C. 1975.

Díaz-López, C., Carrión-Jiménez, J.M., González-Bucio, J.L., (2006) Estudio de la contaminación por Hg, Pb, Cd y Zn en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México: Revista Sociedad Química del Perú, **72**, 19–31.

Herrera-Silveira, J.A., Jiménez-Zaldívar, A., Aguayo-González, M., Trejo-Peña, J., Medina-Chan, I., Tapia-González, F., Medina-Gómez & Vázquez-Montiel, O. (2002). Calidad del Agua de la Bahía de Chetumal a través de indicadores de su estado trófico. En: Rosado-May, Romero-Mayo, R. & De Jesús-Navarrete, A. (Eds.) Contribuciones de la Ciencia al Manejo Costero Integrado de la Bahía de Chetumal y su Área de influencia. Universidad de Quintana Roo. P. 185-196. C

Miller R. R. (1992) Aquatic biota of México, Central América and the West Indies. In S.H. Hulbert and Villalobos-Figueroa (eds), EUA. 468-501.

Miller R. R., Minckley W., y Norris S. (1995) Freshwater fishes of México. *Aquaculture* **153**: 301-313.

Ortiz Hernández, M.C., Sáenz Morales, R., (1997), Detergents and orthophosphates inputs from urban discharges to Chetumal Bay, Quintana Roo, México: *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **59**, 486–491.

Ortiz-Hernández, M.C. & R. Sáenz-Morales. (1999). Effects of organic material and distribution of faecal coliforms in Chetumal Bay, Quintana Roo, Mexico. *Environ. Monit. Assessm.* 55: 423-434.

Rojas Mingüer A., Morales Vela B. (2002) Metales en hueso y sangre de manatíes (*Trichechus manatus manatus*) de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. En: Rosado-May F.J., Romero Mayo R., De Jesús Navarrete A. (Eds.). *Contribuciones de la ciencia al manejo costero integrado de la Bahía de Chetumal y su área de influencia. Serie Bahía de Chetumal No. 2.* Universidad de Quintana Roo. P. 133-138