



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERIA

**“DETERMINACION DE NITROGENO INORGANICO Y COLIFORMES FECALES
EN LOS EFLUENTES PLUVIALES Y DEL MANTO FREATICO QUE DESEMBOCAN
EN LA BAHIA DE CHETUMAL”**

**TESIS RECEPCIONAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTA

Aníbal Adán Bravo Medrano

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Víctor Hugo Delgado Blas

Chetumal Quintana Roo, México. Enero, 2008

DEDICATORIAS

Les dedico este trabajo a todas las personas que me apoyaron y creyeron en mi capacidad para lograr cumplir este objetivo.

Principalmente a mis padres, quienes juntos, lograron ser la guía que necesitaba cuando no sabía lo que debía hacer y también supieron hacerme sentir que vale la pena luchar por ser mejor.

A mi madre ya que fue quien nunca cesó de ayudarme, apoyarme, reprenderme, orientarme y alentarme cuando lo requerí.

A mi padre por haberme dado todo lo que necesitaba y quien ha sido mi motivación para superarme.

También quiero dedicárselo a mi hermano Euclides con quien comparto el hecho de que estamos cerca de terminar una carrera y con quien me he identificado toda mi vida y a mi hermano Joso quien aun está en la etapa de elegir un camino.

Quiero dedicar especialmente este trabajo a Ámbar, la persona que me hizo desear ser mejor persona y de quien aprendí muchas cosas.

A mis tíos de Chetumal y toda mi familia en general.

También se la dedico a África!

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a las personas que me apoyaron durante la realización de este trabajo. En particular a mi director Víctor Hugo Delgado Blas, a mis asesores Laura Patricia Flores Castillo y José Martín Rivero Rodríguez y también al asesor suplente José Luis Guevara Franco ya que ellos formaron parte de este trabajo. A mi tutor y asesor suplente Juan Carlos Ávila Reveles.

También quiero agradecer a los profesores y personas que me apoyaron sin condiciones cuando se los solicite, especialmente al Dr. José Manuel Carrión Jiménez y al TLC. Xochitl Gimena Martín Burgos.

Un sincero agradecimiento a mis compañeros de clase y amigos, quienes estuvieron involucrados en este logro: Joan, Ulises, Manuel, Marisol, Quetzal, Josias, Sergio, Antonio, Josué y a todos los que me acompañaron durante la carrera.

INDICE

Capítulo I

Resumen	1
Introducción	2
Justificación	5
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
Antecedentes	7
Área de estudio	8

Capítulo II

Materiales y métodos	12
----------------------	----

Capítulo III

Resultados y discusión	14
Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.	50
Conclusiones	90
Referencias	94
Anexos	99
Glosario	110

Índice de imágenes

Imagen del área de estudio especificando los puntos muestreados	11
Graficas de comparación de las concentraciones de amonio con las precipitaciones	15
Graficas de comparación de las concentraciones de nitratos con las precipitaciones	24
Graficas de comparación de las concentraciones nitritos con las precipitaciones	33
Graficas de comparación de las concentraciones de coliformes fecales con las precipitaciones	42
Imagen del punto de muestreo de la dina	55

Imagen del punto de muestreo de los tanques de almacenamiento	60
Imagen del punto de muestreo del muelle	64
Imagen del punto de muestreo de la fuente del pescador	67
Imagen del punto de muestreo del congreso	70
Imagen del punto de muestreo de la calle Lázaro Cárdenas	73
Imagen del punto de muestreo del jardín boulevard	76
Imagen del punto de muestreo del efluente de Richards	79
Imagen del punto de muestreo del club campestre	82
Grafica del comportamiento de coniformes fecales en cada uno de los puntos de los meses muestreados	99
Grafica del comportamiento de Amonio en cada uno de los puntos de los meses muestreados	100
Grafica del comportamiento de los nitratos en cada uno de los puntos de los meses muestreados	101
Grafica del comportamiento de los nitritos en cada uno de los puntos de los meses muestreados	102
Mapa de la trayectoria de los efluentes pluviales	53
Mapa de zonas de Chetumal que cuentan con servicio de alcantarillado	54
<u>Índice de tablas</u>	
Tabla de las concentraciones de amonio en los meses muestreados de cada uno de los puntos	14
Tabla de las concentraciones de nitratos en los meses muestreados de cada uno de los puntos	24
Tabla de las concentraciones de nitritos en los meses muestreados de cada uno de los puntos	33
Tabla de las concentraciones de coliformes fecales en los meses muestreados de cada uno de los puntos	41
Coeficientes de correlación entre los meses muestreados.	85
Coeficientes de correlación entre los parámetros.	86
Coeficientes de correlación con las precipitaciones.	88

Coeficientes de correlación entre los tipos de efluente.	89
Tabla de temperaturas y precipitaciones promedio del mes de julio	101
Tabla de temperaturas y precipitaciones promedio del mes de agosto	103
Tabla de temperaturas y precipitaciones promedio del mes de septiembre	105
Tabla de temperaturas y precipitaciones promedio del mes de octubre	107
Tabla de temperaturas y precipitaciones promedio del mes de noviembre	109
Glosario	110

“ANÁLISIS DE COLIFORMES FECALES Y NITROGENO INORGANICO EN EFLUENTES PLUVIALES Y SUBTERRANEOS QUE DESEMBOCAN EN LA BAHIA DE CHETUMAL”

RESUMEN

Se determinaron amonio, nitratos, nitritos y coliformes fecales en los efluentes pluviales y del manto freático localizados en la línea costera de la zona conurbada la Bahía de Chetumal. Las determinaciones de los parámetros se hicieron mediante la metodología de estándar methods y la de coliformes fecales mediante la técnica del NMP descrita en la NMX-AA-42-1987. Mediante recorridos preliminares antes y después del inicio de la temporada de lluvias, se detectaron siete efluentes pluviales y dos del manto freático. Las mayores concentraciones de los parámetros medidos, fueron detectadas en los efluentes pluviales y en algunos puntos se rebasó lo dispuesto por la norma respecto a los coliformes fecales. Se encontró que la mayor contaminación se presentó en el drenaje de la calle Lázaro Cárdenas que desemboca en donde finaliza la misma calle. El punto menos influenciado por actividades antropogénicas, fue el efluente del manto freático que se encuentra frente al club campestre. En general, no se encontraron valores mayores a lo establecido por las normas, salvo en algunos casos.

Nitratos y amonio tuvieron una relación con las precipitaciones, ya sea directa o inversa en la mayoría de los casos. En cuanto a los nitritos, no se mostró ninguna relación de sus concentraciones con la precipitación.

Los coliformes fecales mostraron durante el estudio, un comportamiento inversamente proporcional a las precipitaciones.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los sistemas costeros como los estuarios, están sujetos a cambios climáticos y a las actividades humanas; los problemas más importantes se concentran en los estuarios, debido a la presión que reciben por parte del desarrollo urbano e industrial, las descargas agrícolas y la explotación de recursos vivos o minerales.

Los contaminantes orgánicos o materia orgánica son compuestos disueltos o dispersos en el agua que provienen de desechos domésticos, agrícolas, industriales y de la erosión del suelo, así como también, son los desechos de humanos y animales, de rastros o mataderos, de procesamiento de alimentos para humanos y animales, diversos productos químicos industriales de origen natural como aceites, grasas, breas, tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas y otros productos similares (Moreau et al., 1998).

La mayoría de la materia orgánica que contamina el agua procede de desechos de alimentos, de aguas negras domésticas y de fábricas. Por lo tanto, la materia orgánica es el principal elemento de la contaminación fecal, por lo que su presencia-ausencia es uno de los mejores indicadores de la existencia de dicha contaminación. Es posible considerarla como indicador, pues siempre está presente en este tipo de contaminación, es fácilmente detectable y cuantificable en un laboratorio (AGN, 1998).

La descomposición de la materia orgánica es realizada por bacterias, protozoarios y diversos organismos mayores y éste proceso de descomposición ocurre tanto en el agua como en la tierra y se lleva a cabo mediante reacciones químicas que requieren oxígeno para transformar sustancias ricas en energía en sustancias pobres en energía (Díaz, 1985).

El oxígeno disuelto en el agua es consumido por la fauna acuática a una velocidad mayor a la que es reemplazado desde la atmósfera, lo que ocasiona que los

organismos acuáticos compitan por el oxígeno y en consecuencia se vea afectada la distribución de la vida acuática y así alterado el ecosistema, además de generar un paisaje desagradable debido al oscurecimiento del agua y el mal olor, o incluso el riesgo potencial de contraer enfermedades como cólera y tifoidea. (Díaz, 1985)

Los nutrientes son formas orgánicas de elementos como el carbono, oxígeno, nitrógeno, azufre y fósforo entre otros, que son esenciales para la vida en los medios acuáticos y su presencia-ausencia, y abundancia van directamente relacionados con la presencia-ausencia y abundancia de los seres vivos en un ecosistema.

Para determinar la contaminación por materia orgánica, con frecuencia se recurre a la determinación de los nutrientes, ya que éstos están estrechamente relacionados con la materia orgánica, pues ésta, es directamente proporcional a la disponibilidad de los nutrientes. Comúnmente se le da más importancia a las formas inorgánicas del nitrógeno ya que éste es el factor limitante para la vida en los estuarios y durante su ciclo intervienen distintas especies de organismos que captan el amonio formado por los rayos, pasando por medio de microorganismos de nitritos a nitratos y mediante otros organismos siendo devueltos en su forma ambiental (N_2). En resumen, un aporte excesivo de nutrientes a un cuerpo de agua, provoca la proliferación de los microorganismos que los consumen generando así la contaminación orgánica (Sáenz Calvo et al., 1999).

La contaminación de agua por nitratos (NO_3), puede provocar toxicidad aguda en seres humanos, sobretodo en infantes, y esta enfermedad es conocida como metahemoglobinemia o “enfermedad del niño azul” (Sasson et al., 1993). Debido a su amplia utilización como abono agrícola, también se pueden encontrar, sobre todo en las aguas subterráneas, en concentraciones excesivas, por lo que han perdido gran parte de su valor como indicadores. Aún así, se consideran como indicadores de contaminación fecal a largo plazo, pues es el estado más oxidado del nitrógeno, lo que hace pensar que un agua con nitratos es un agua que fue contaminada hace tiempo y que no se ha repetido el vertido (Sáenz 1999).

En la naturaleza los nitritos (NO_2) se forman por oxidación biológica de las aminos y del amoníaco o por reducción del nitrato en condiciones anaeróbicas. Los nitritos, constituyen un paso intermedio en el proceso de oxidación, por lo que el contenido es variable y no muestra buena correlación con el grado o la antigüedad de la contaminación fecal. Son indicadores de contaminación fecal a medio-corto plazo, ya que desde que se produce la contaminación hasta que aparecen los nitritos debe pasar un tiempo no excesivamente largo (Dickson, 1980).

El amonio (NH_4) tiene una baja toxicidad, semejante a la del nitrato. El amonio, al producirse en el primer paso de la mineralización, constituye probablemente el mejor indicador químico indirecto de contaminación fecal en las aguas. Es el principal indicador químico de contaminación fecal, pues el cuerpo los expulsa en esta forma, lo que supone que indica una contaminación reciente (Movellan 2006).

Nitratos, nitritos y amonio se producen en los procesos de desaminación y nitrificación que sufre la materia orgánica tras la contaminación fecal, a expensas de la propia flora microbiana de las heces (Díaz, 1985).

A la hora de elegir un microorganismo como indicador de contaminación fecal también hay que tener en cuenta la facilidad de su cultivo. Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44.5°C . Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Ya que los coliformes fecales se encuentran en las heces de los animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal. Los coliformes fecales se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas y esa es la característica que diferencia a coliformes totales y fecales (<http://html.rincondelvago.com/contaminacion-fecal-en-aguas.html>).

JUSTIFICACION

La bahía de Chetumal ha sido objeto de diversos estudios relacionados con la calidad del agua y con frecuencia se da por hecho que los principales aportes de contaminación orgánica provienen de los drenajes pluviales de la ciudad de Chetumal, sin embargo, hasta la fecha no existen estudios previos que aseveren dichas afirmaciones. Ya que dicho problema puede provenir del manto freático, del agua entrante del mar o del río Hondo que desemboca en la bahía o incluso del intercambio de nutrientes que se da entre la atmósfera y la columna de agua.

Es importante tener una idea de la ubicación de las zonas contaminadas por materia orgánica, teniendo en cuenta que ésta trae consigo el riesgo de enfermedades causadas por organismos patógenos y que en la bahía de Chetumal hay actividades de pesca, recreativas y turísticas; es necesario tener el conocimiento de las zonas que podrían ser potencialmente riesgosas para las personas.

La bahía de Chetumal es un área natural protegida desde 1996(Chávez 2007) debido a que se le considera santuario del manatí, esto le da un potencial turístico que se atenúa por la idea de que es un área contaminada, pues es fácil detectar los fétidos efluentes de los drenajes pluviales. Lo anterior le da importancia al conocimiento del origen de la contaminación orgánica, ya que sabiendo esto, se pueden implementar medidas correctivas acrecentando el potencial turístico de la zona en cuestión.

Se hace énfasis en los drenajes pluviales y en las emanaciones del manto freático, porque son los aportes orgánicos que recibe la bahía con los que estamos más involucrados y con los cuales podemos tomar medidas a nivel personal y colectiva como ciudadanos para reducirlos, pues se sabe que en el caso de los aportes del manto se deben en gran medida a las condiciones del suelo de nuestra región,(especificado en el área de estudio) el cual favorece la lixiviación de contaminantes, entre ellos, los orgánicos y el hecho de que estamos a nivel del

mar, provoca que estos lleguen con rapidez al manto freático y posteriormente a la bahía.

OBJETIVO GENERAL

Determinar cuál de las dos fuentes (efluentes pluviales o subterráneos) aporta mayor concentración de nutrientes a la Bahía de Chetumal.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1.- Determinar nitritos, nitratos, amonio y coliformes fecales en el área de estudio.
- 2.- Localizar y mapear los aportes freáticos en la zona conurbada de la bahía de Chetumal.
- 3.- Evaluar las dos fuentes (freáticas y pluviales) y determinar cuál aporta la mayor concentración de contaminación orgánica y coliformes fecales.
- 4.-Determinar si existe relación entre la precipitación y las concentraciones de los parámetros (nitritos, nitratos, amonio y coliformes fecales).
- 5.-Describir la trayectoria de los efluentes pluviales muestreados.

HIPOTESIS

El manto freático aporta la mayor concentración de nutrientes y coliformes fecales a la bahía de Chetumal con respecto a los aportes pluviales.

ANTECEDENTES

Ortiz Hernández y Sáenz Morales (1997) calcularon que las descargas promedio de desechos orgánicos fue de 200 m³ por día en la bahía, también se han hecho análisis que aseguran que la mayoría del agua residual es descargada sin tratamiento en la bahía, dejando importantes aportes de materia orgánica. Aunque se menciona que la bahía también recibe altos volúmenes de materia orgánica vegetal por la influencia del río hondo (Ortiz Hernández y Sáenz Morales,1999).

Otros estudios realizados por la secretaria de salud (SESA 2000) mencionaron los puntos donde se encontraron las mayores concentraciones de coliformes patógenos durante muestreos mensuales.

En estudios reportados por Flores Rodríguez y García Domínguez (2001) mencionan que las descargas de aguas residuales presentan una influencia directa sobre el agua de la parte costera de la Bahía en el área limítrofe de la ciudad de Chetumal, ésta influencia aporta concentraciones altas de bacterias coliformes fecales y de nutrientes que afectan a este cuerpo de agua, la presencia de bacterias coliformes indican una contaminación reciente y continúa ya que estos organismos son de vida corta y no se pueden desarrollar en ambientes acuáticos salinos, las concentraciones de éstas bacterias fluctúan entre valores no detectables y valores positivos que en muchas ocasiones sobrepasan los límites establecidos por las Normas establecidas en los Criterios de Calidad del agua.

Se realizaron estudios en los que se mencionaba entre otras cosas, que las características del suelo (explicadas en el area de estudio) permiten la lixiviación de sustancias orgánicas e inorgánicas hacia el manto freático y hacia la Bahía (Navarro 1995).

AREA DE ESTUDIO

El estado de Quintana Roo, ubicado en el sureste de la República Mexicana, en la porción oriente de la Península de Yucatán, colinda al norte con el golfo de México en un litoral de 40 km. Al este con el Mar Caribe en un litoral de 860 km. Al suroeste con Belice y Guatemala en una línea de 166.8 km. Gran parte de este límite es el Río Hondo y al suroeste con Campeche y Yucatán, en un límite de 200 y 303 kilómetros lineales, respectivamente. Cabe mencionar que el principal recurso natural del estado son sus playas, mar, arrecifes coralinos, la selva y en general la gran biodiversidad de flora y fauna.

La ciudad de Chetumal que es la cabecera de este municipio y capital política del estado de Quintana Roo, se localiza entre 18° 29' latitud norte y 88° 16' longitud oeste. Se sitúa a una altitud de 5 msnm y cuenta con una población de 136,825 habitantes de los cuales 67,039 son hombres y 69,786 son mujeres siendo la segunda localidad más poblada del estado. Sólo le supera Cancún con 526,701 habitantes (SEPLADER, 2007).

Debido a su conformación geológica y topográfica, a que la circulación de las corrientes de agua son subterráneas y a que su suelo está formado por la misma roca caliza del resto de la península que impide las corrientes de agua superficiales, Othón P. Blanco presenta las únicas aguas superficiales de todo el territorio, lo que le da una muy importante característica al territorio, pues ahí podemos encontrar el Río Hondo, con una longitud aproximada de 180 Km, una profundidad media de 10 metros y una anchura media de 50 metros y que es la frontera con Belice y el Río Escondido, únicos ríos de toda la península de Yucatán.

Según el II Censo de Población y Vivienda 2005 (INEGI, 2005), el municipio de Othón P. Blanco tiene una Población Económicamente Activa de 146,612 habitantes de un total de 219 763, lo que representa, el 66.71 % de los cuales 72,889 son hombres y 73,723 son mujeres.

Desarrollo Económico

a) Pesca

Los principales productos pesqueros son: langosta, tiburón, caracol y escama, existen 5 cooperativas pesqueras que operan básicamente en la Costa Maya.

b) Industria

Existe una zona industrial cercana a la capital, que cuenta con algunos establecimientos en operación, sin embargo no se trata de una actividad significativa en el contexto económico municipal.

c) Turismo

Debido a las características y la biodiversidad del municipio se estableció un programa de turismo alternativo, que combina las visitas a las zonas arqueológicas, la práctica de deportes acuáticos y el hospedaje en cabañas construidas con materiales de la región, a éste se le ha denominado programa Ecoturístico de la Zona Sur y contempla también la creación de la infraestructura de baja densidad en la llamada Costa Maya, que comprende desde Xcalak hasta Punta Herrero.

d) Comercio

Hasta antes de la apertura comercial de nuestro país, Chetumal se consideró como un importante centro comercial de artículos de importación, debido al establecimiento de zona libre, sin embargo actualmente sólo cuenta con el régimen de región fronteriza que ofrece ciertos beneficios al comercio. De tal manera, que se registra una actividad comercial importante pero ésta se vincula al comercio de productos nacionales. Se tiene en la capital todo tipo de comercios y las localidades con mayor número de habitantes del municipio, también cuentan con tiendas de diferentes giros que permiten el abasto de los consumidores. (Portal oficial del municipio Othon P. Blanco 2008)

El clima que prevalece en la Bahía de Chetumal es tropical húmedo tipo AW, con precipitaciones promedio de 1,300 mm, con línea costera en formación, lo que explica los suelos orgánicos y lodosos de la orilla, suelos arcillosos con alta alcalinidad y presencia de piedras y rocas superficiales, porosos con procesos de erosión y formación de desfondamientos tipo cenotes, topografía casi plana y formando parte de la misma cuenca hidrológica (Flores Rodríguez y García Domínguez, 2001).

La bahía de Chetumal se encuentra situada al sur de Quintana Roo, México. La temperatura promedio anual es de 24-28 °C. La precipitación total anual es de 1300-2000 mm. Se le considera un ecosistema estuarino debido a la influencia del agua dulce del río Hondo y el agua salada del mar Caribe (Fig. 1).

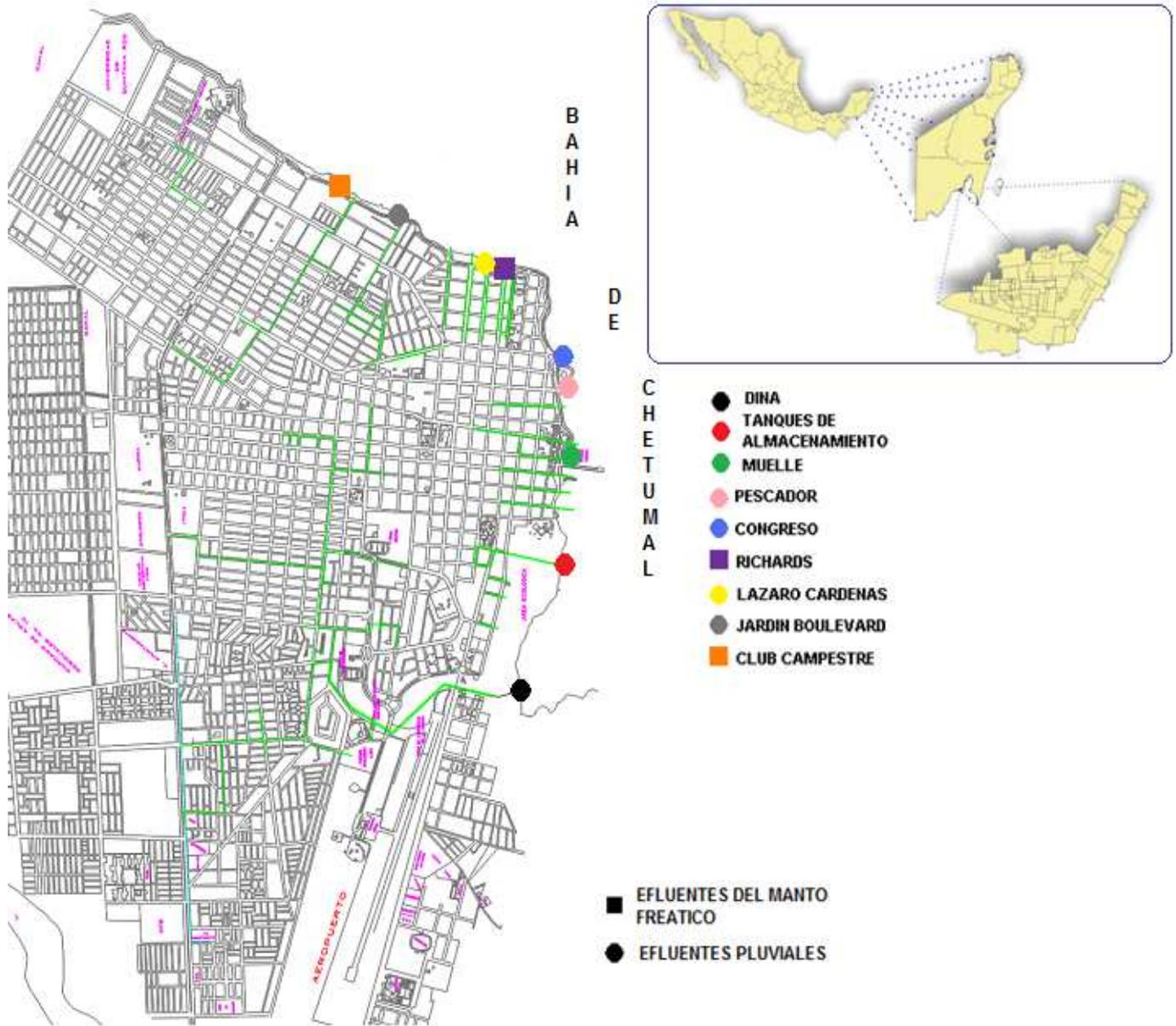


Figura 1. Ubicación de los puntos muestreados en la bahía de Chetumal

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos recorridos preliminares de reconocimiento e identificación. Esto sirvió para localizar los efluentes del área de estudio y determinar cuales tienen un flujo constante y cuales son temporales (Fig. 1). Los recorridos se hicieron antes y después de haber llovido con el fin de saber cuáles presentan flujo únicamente en la presencia de lluvias. Se identificaron siete efluentes pluviales y dos del manto freático que presentaban un caudal suficiente para poder tomar las muestras, además de ser constantes dentro y fuera de periodos de lluvia.

Se realizó un recorrido extra con el objetivo de obtener las coordenadas geográficas de los puntos de muestreo mediante sistemas de posicionamiento global (GPS).

Se realizaron 5 muestreos a mediados de cada mes, desde Julio hasta Noviembre de 2007. El primer día de muestreo mensual, fue para tomar las muestras para la determinación de coliformes fecales. El día posterior se hizo otro muestreo para determinar nitratos, nitritos y amonio y las muestras fueron conservadas en una nevera para evitar reacciones que pudieran alterar los resultados. Estas se fueron tomadas directamente de los efluentes en botellas de polietileno, y fueron tapadas de inmediato. La determinación de los parámetros químicos se realizó el mismo día del muestreo alrededor de tres horas después de ser tomada la primera muestra. El tercer día se utilizó para sembrar los tubos positivos de la prueba de coliformes fecales. De este modo se realizaron los muestreos, de modo que los resultados obtenidos corresponden a un lapso de 5 días por mes.

Se determinó el número más probable (NMP) de coliformes fecales mediante la metodología citada en la NMX-AA-42-1987 (calidad del agua determinación del

número más probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales (termotolerantes) y *Escherichia coli* presuntiva).

La toma y preservación de las muestras, se hizo de acuerdo a la misma norma antes citada. La prueba se inició el mismo día del muestreo y las muestras fueron tomadas con botellas de polietileno estériles. Éstas fueron destapadas sólo al momento de tomar la muestra directamente del efluente para evitar su contaminación. Todo el material utilizado para la prueba fue previa y posteriormente esterilizado en autoclave.

Las concentraciones de amonio y nitrato se determinaron mediante los métodos de ácido sulfanílico y de reducción de cadmio respectivamente, de acuerdo con lo descrito en Standard Methods (APHA, 1995).

La determinación de nitritos se realizó mediante la metodología de diazotización citada en la norma NMX-AA-099-SCFI-2006 (Análisis de agua – determinación de nitrógeno de nitritos en aguas naturales y residuales – métodos de prueba).

Se obtuvo información sobre las precipitaciones mensuales de cada uno de los meses muestreados de páginas web (FORECA 12/12/07 17:30hrs.).

Las graficas se realizaron con la ayuda del software “grapher”.

Se comparo el comportamiento de los parámetros con respecto a las precipitaciones, los meses y los otros parámetros mediante el coeficiente de correlación. El valor resultante será de -1 a 1, donde la relación se hace nula mientras más cerca este del 0, directa cuando más cerca este del 1 e inversa cuando más cerca este del -1.

CAPITULO III**RESULTADOS Y DISCUSION**

El mes que presentó la mayor concentración de organismos coliformes fecales de todos los puntos muestreados durante el estudio, fue agosto. Dicho mes presentó la mayor precipitación con respecto a los otros meses muestreados. En contraste, en septiembre, se presentaron las menores concentraciones de coliformes fecales y la mayor cantidad de precipitación.

El punto con mayor concentración por coliformes fecales, fue el efluente pluvial de la calle Lázaro Cárdenas. Al contrario, el efluente del manto freático que se encuentra frente al club campestre, presentó concentraciones nulas o no detectables de organismos coliformes fecales, siendo así el punto de muestreo menos afectado.

Tabla 1. Concentración de amonio (mg/L) en los efluentes muestreados.

	DINA	TANQUES	MUELLE	PESCADOR	CONGRESO	LAZARO CARDENAS	RICHARDS	JARDIN	CAMPESTRE
JUL.	1.84	2.17	2.09	3.8	5.43	5.76	6.63	1.72	2.4
AGO.	0.5	0.37	5.36	6.36	3.52	2.79	6.62	1.1	2.76
SEP.	1.6	2.1	5.97	6.92	5.52	3.71	4.25	1.2	1.89
OCT.	3.28	3.02	0.45	1.94	2.62	6.55	3.7	1.5	3.15
NOV.	0.37	3.75	3.75	5	4.25	4.25	4.32	1.5	1.75

En el efluente pluvial de la Dina se presentó la mayor concentración de amonio en octubre con 3.28 mg/l. La menor con 0.37 mg/l se presentó en noviembre y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 0.5 a 1.84 mg/l (Tabla 1, Fig. 2).

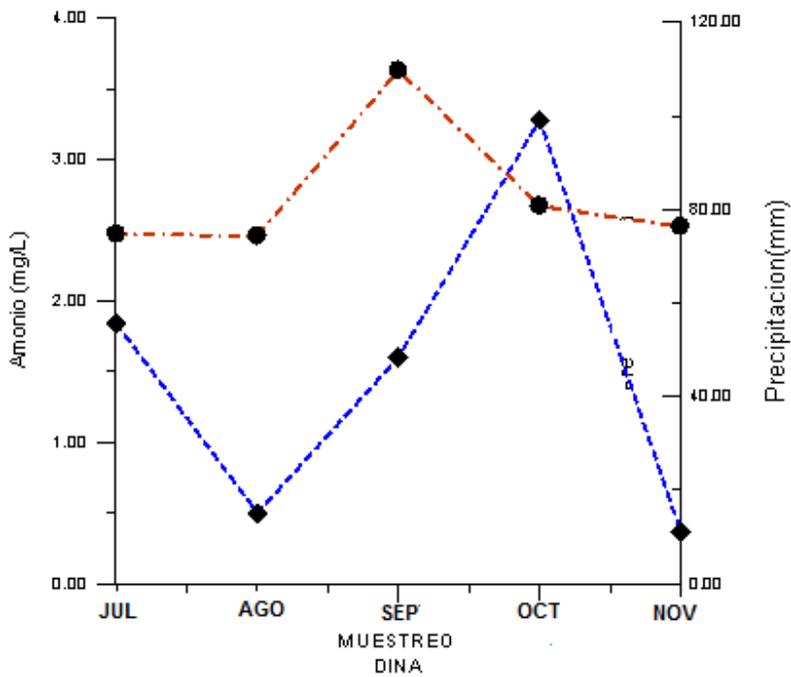


Figura 2. Comportamiento de las concentraciones de amonio con respecto a las precipitaciones mensuales en la dina. La línea punteada azul (-.-.-) corresponde al parámetro y la roja (-.-.-) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente pluvial que se encuentra frente a los tanques de almacenamiento de gasolina (calle Othon P. Blanco), se presentó la mayor concentración de amonio en noviembre con 3.75 mg/l. La menor con 0.37 mg/l presentándose en julio, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 2.1 a 3.02 mg/l (Tabla 1 o Fig. 3)

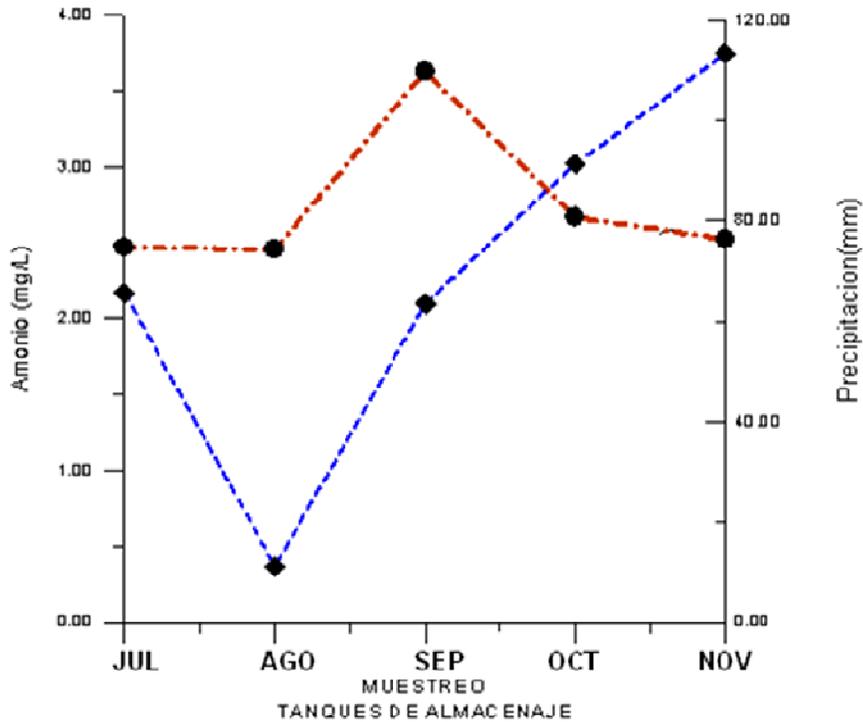


Figura 3. Comportamiento de las concentraciones de amonio con respecto a las precipitaciones mensuales de los tanques de almacenamiento. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el Muelle Fiscal se presentó la mayor concentración de amonio en septiembre con 5.97 y la menor con 0.12 mg/l en octubre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 2.09 a 3.75 mg/l (Fig. 4).

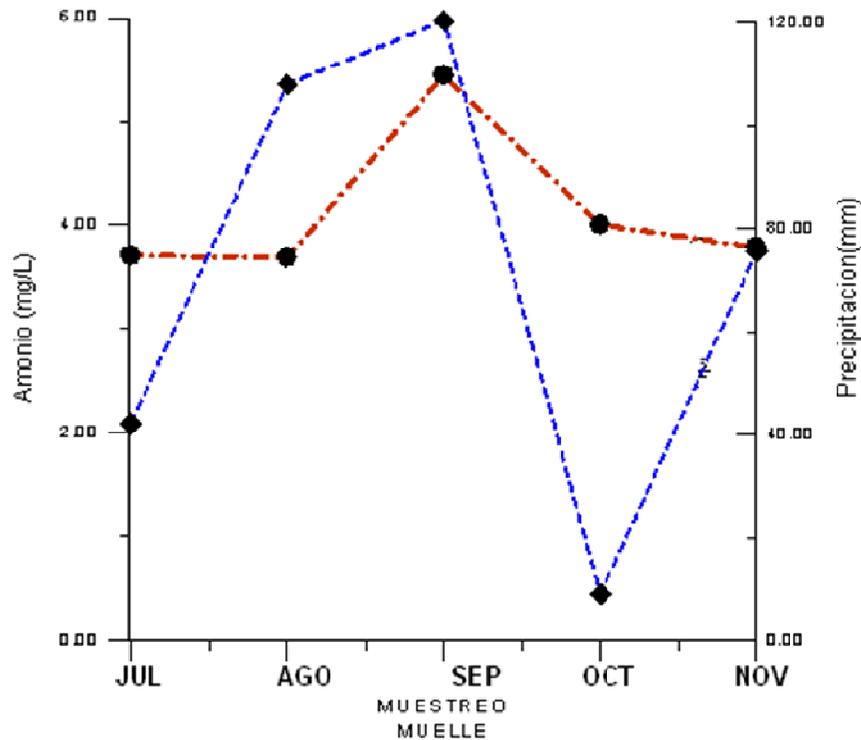


Figura 4. Comportamiento de las concentraciones de amonio con respecto a las precipitaciones mensuales del muelle. La línea punteada azul (-.-.-) corresponde al parámetro y la roja (-.-.-) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente pluvial localizado en la Fuente del Pescador se presentó la mayor concentración de amonio, en septiembre con 6.92mg/L. La menor fue de 1.94 mg/l, en octubre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 3.8 a 6.36mg/l (Fig. 5).

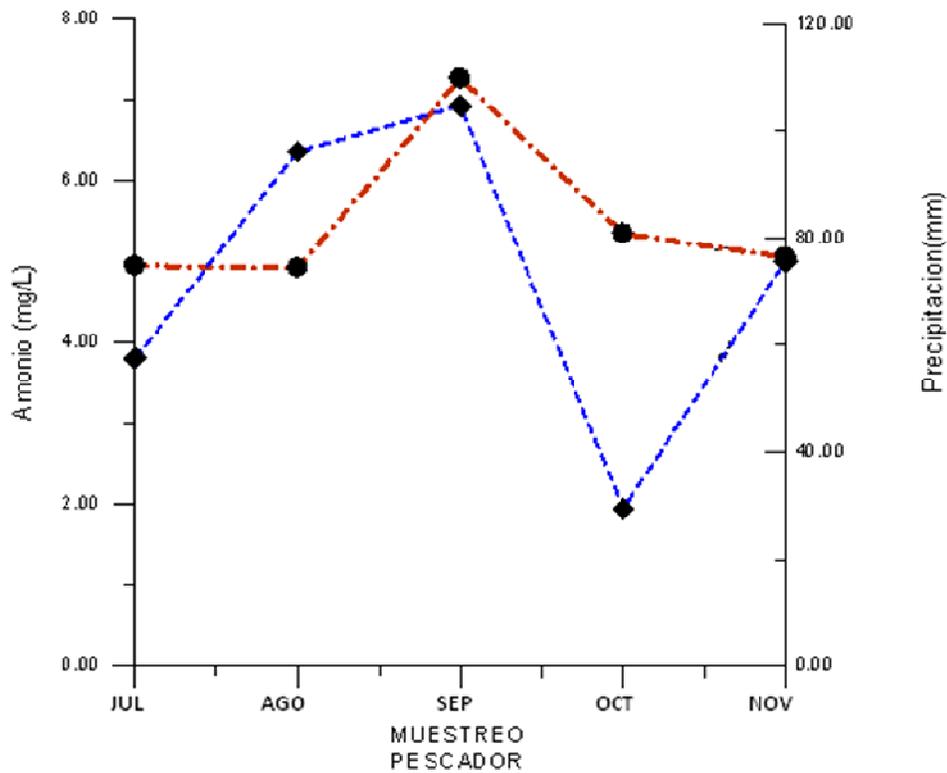


Figura 5. Comportamiento de las concentraciones de amonio con respecto a las precipitaciones mensuales de la fuente del pescador. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente pluvial localizado en el Congreso se presentó la mayor concentración de amonio, en septiembre con 5.52 mg/l y la menor con 2.62 mg/l, en septiembre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 3.52 a 5.43 mg/l.(Fig. 6)

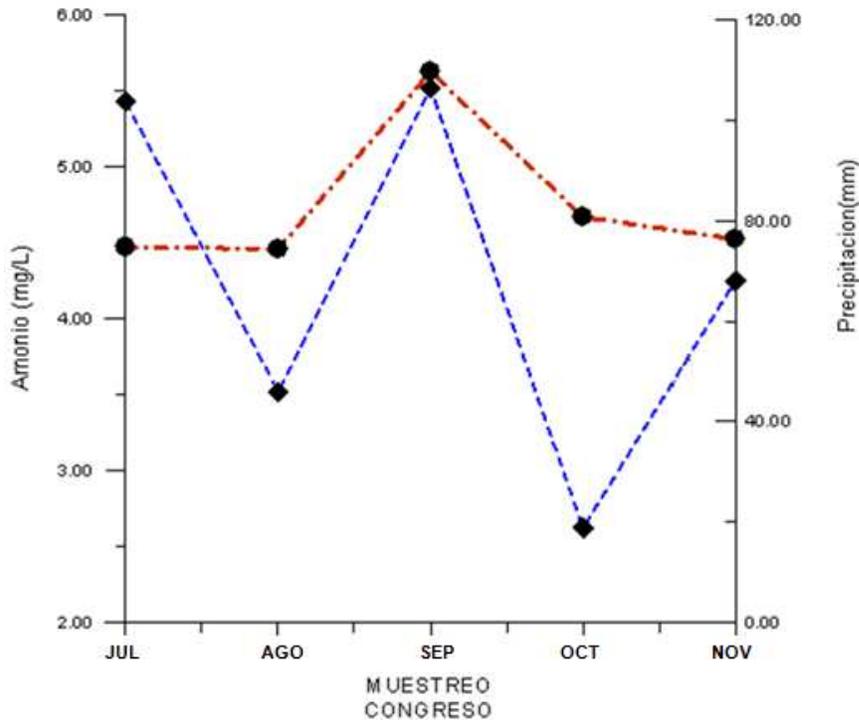


Figura 6. Comportamiento de las concentraciones de amonio con respecto a las precipitaciones mensuales del congreso. La línea punteada azul (-.-.-) corresponde al parámetro y la roja (-.-.-) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes

En el efluente de la calle Lázaro Cárdenas se presentó la menor concentración de amonio, en agosto con 6.55 mg/l y la mayor con 2.79 mg/l en octubre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 3.71 a 5.76 mg/l (Fig. 7).

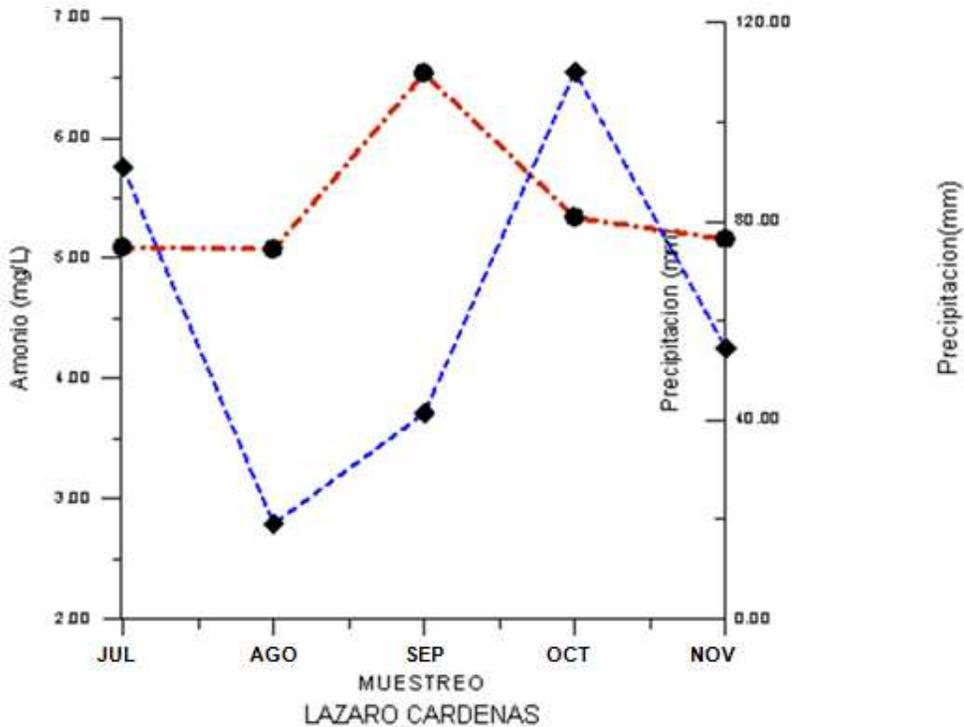


Figura 7. Comportamiento de las concentraciones de amonio con respecto a las precipitaciones mensuales de la calle Lázaro Cárdenas. La línea punteada azul (-.-.-) corresponde al parámetro y la roja (-.-.-) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En la efluente del manto freático frente al restaurant Richards, se presentó la mayor concentración de amonio, en Julio y Agosto con 6.63 mg/L y la menor con 3.7 mg/L, la cual se presentó en octubre, y en el resto de los meses muestreados

la variación fue de 3.7 a 4.32 mg/l (Fig.8).

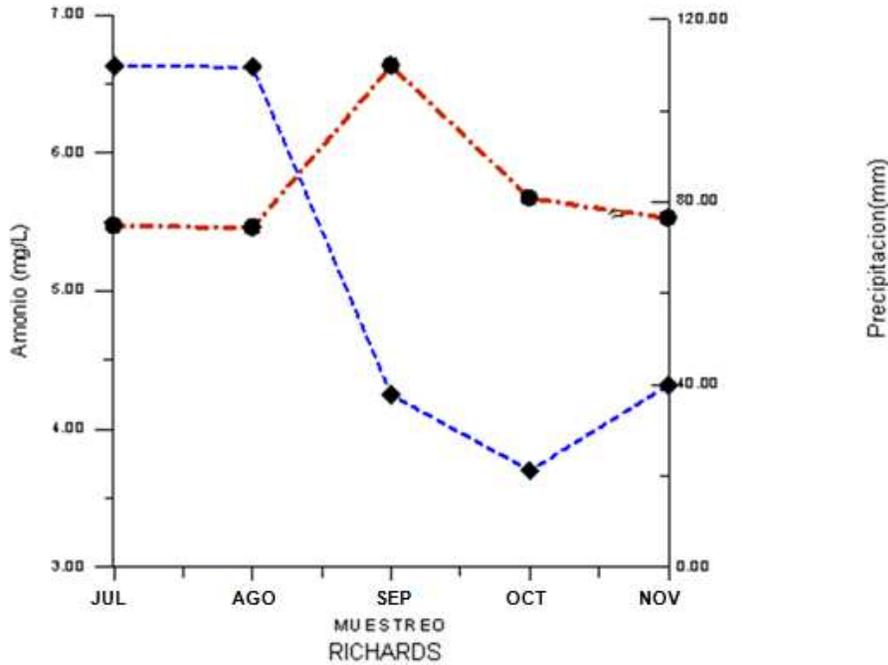


Figura 8. Comportamiento de las concentraciones de amonio con respecto a las precipitaciones mensuales en el restaurant Richards. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el muestreo del efluente pluvial localizado en el Jardín Boulevard se presentó la mayor concentración de amonio, en julio con 1.72 mg/l y la menor con 1.1 mg/l en agosto, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 1.2 a 1.5 mg/l. (Fig. 9)

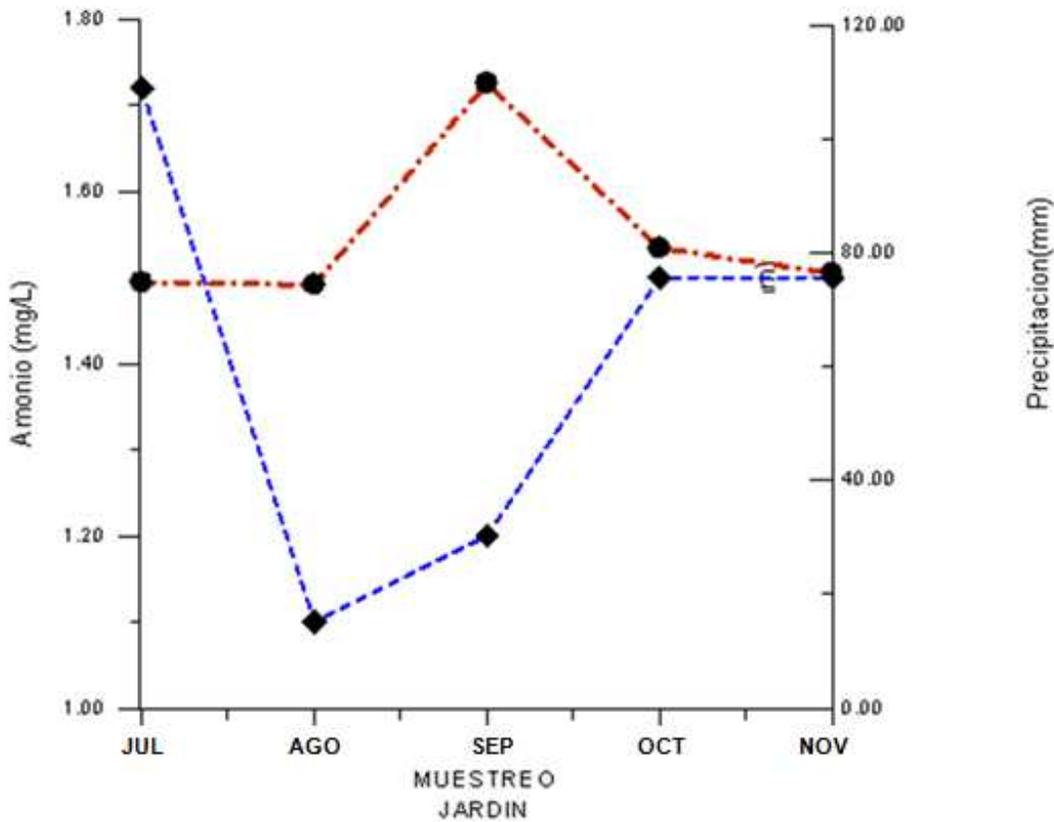


Figura 9. Comportamiento de las concentraciones de amonio con respecto a las precipitaciones mensuales en el jardín boulevard. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el muestreo del manto freático localizado en el Club Campestre se presentó la mayor concentración de amonio, en octubre con 3.15 mg/l y la menor con 1.89 mg/l en Noviembre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 1.75 a 2.76 mg/l (Fig. 10).

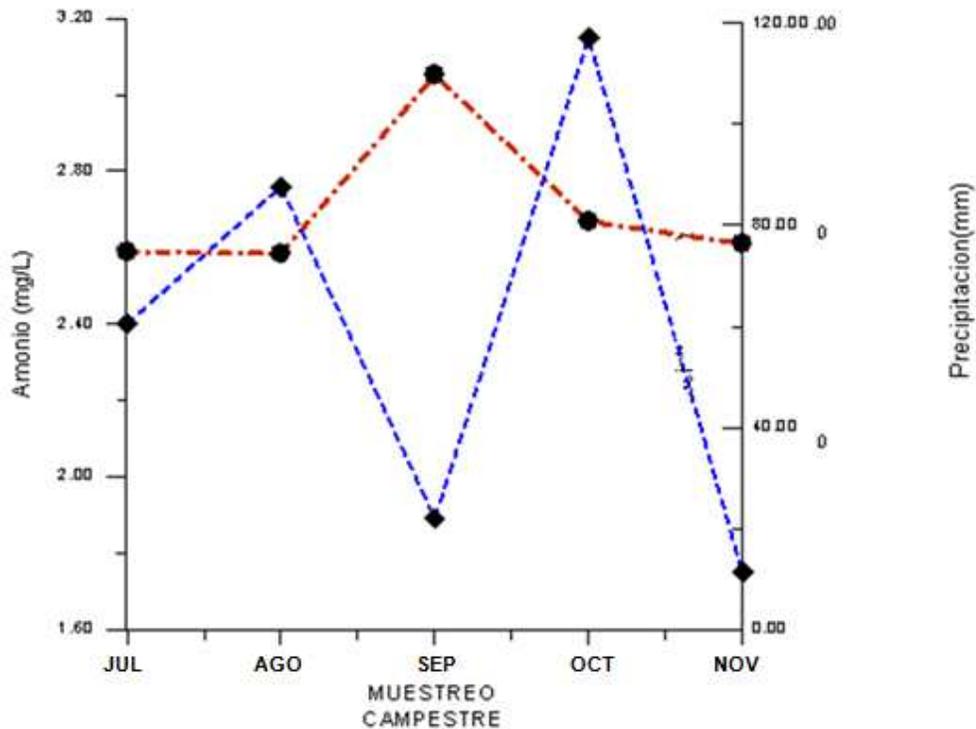


Figura 10. Comportamiento de las concentraciones de amonio con respecto a las precipitaciones mensuales del club campestre. . La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

Tabla 2. Concentración de nitratos (mg/l) en los puntos muestreados

	DINA	TANQUES	MUELLE	PESCADOR	CONGRESO	LAZARO CARDENAS	RICHARDS	JARDIN	CAMPESTRE
JUL.	3.59	6.01	6.69	2.9	4.77	6.37	2.46	1.91	3.43
AGO.	2.2	0.03	0.17	5.7	0.51	0.6	0.11	1.24	0.42
SEP.	0.64	0.84	2.38	2.76	2.16	1.56	1.08	0.32	0.75
OCT.	1.31	1.2	0.12	1.94	0.77	2.62	1.48	0.6	1.26
NOV.	0.149	3.625	3.725	0.9	0.85	2.15	0.475	9.025	0.125

En el efluente pluvial de la Dina se presentó la mayor concentración de Nitratos, en Julio con 3.59 mg/L y la menor con 0.149 mg/L, la cual se presentó en Noviembre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 0.64 a 2.2 mg/L (Tabla 2, Fig. 11).

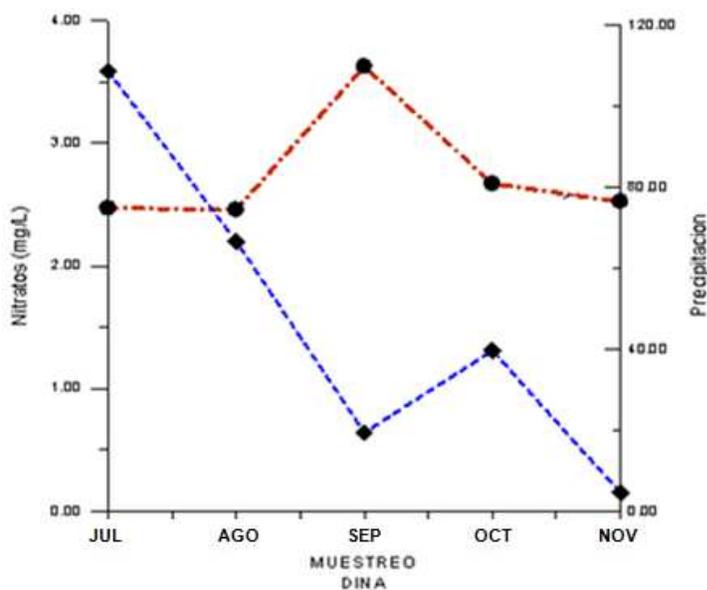


Figura 11. Comportamiento de las concentraciones de nitratos con respecto a las precipitaciones mensuales en la dina. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente pluvial de los tanques de almacenamiento se presentó la mayor concentración de Nitratos, en Julio con 6.01 mg/l. La menor con 0.03 mg/l, presentándose en Agosto, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 0.84 y 3.625 mg/l (Tabla 2, Fig. 12).

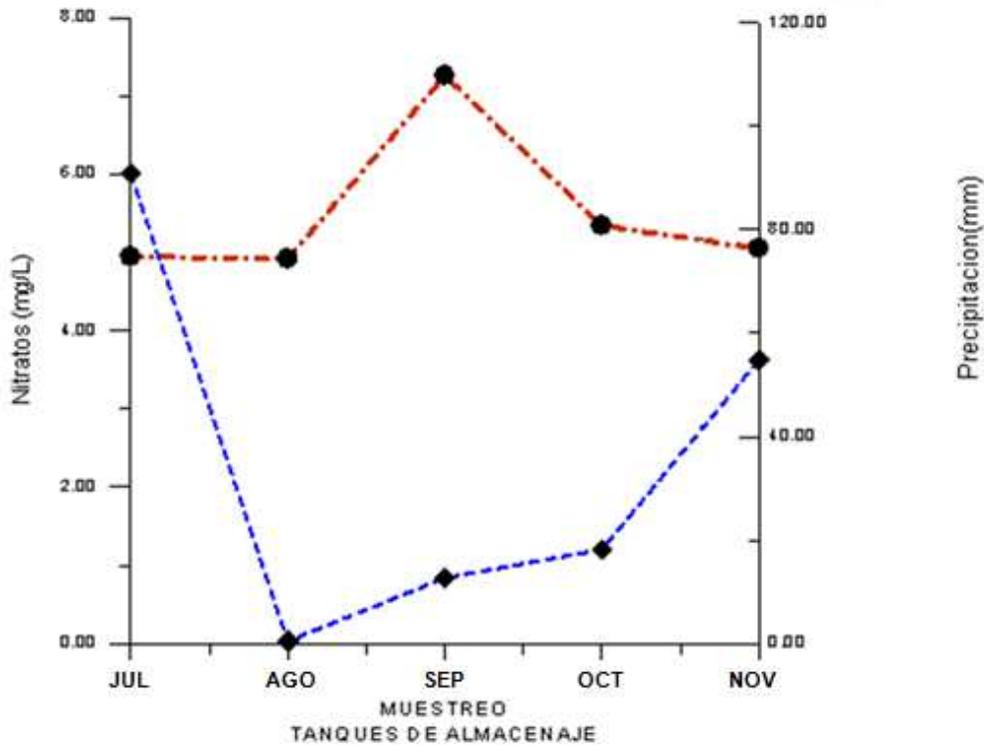


Figura 12. Comportamiento de las concentraciones de nitratos con respecto a las precipitaciones mensuales de los tanques de almacenamiento. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el Muelle Fiscal se presentó la mayor concentración de Nitratos, en Julio fue de 6.69 mg/l. La menor con 0.12 mg/l, presentándose en Octubre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 0.17 y 3.725 mg/l (Tabla 2, Fig. 13).

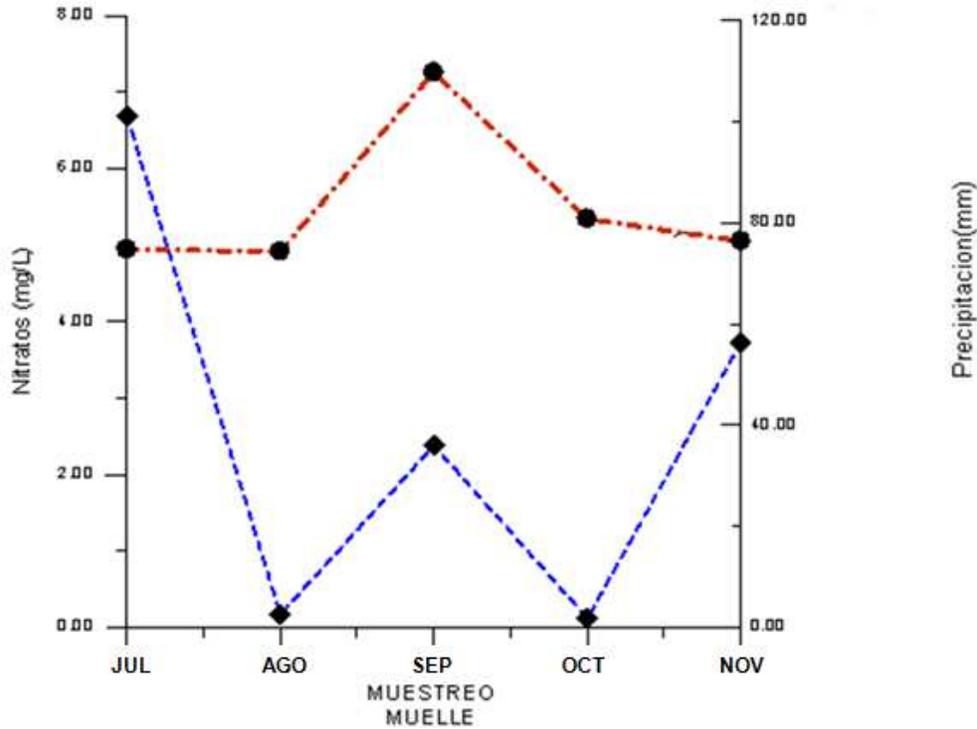


Figura 13. Comportamiento de las concentraciones de nitratos con respecto a las precipitaciones mensuales del muelle. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente pluvial localizado en la Fuente del Pescador se presentó la mayor concentración de Nitratos, en Agosto con 5.7 mg/l. La menor con 0.9 mg/l, presentándose en Noviembre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de entre 2.9 y 1.94 mg/l (Tabla 2, Fig. 14).

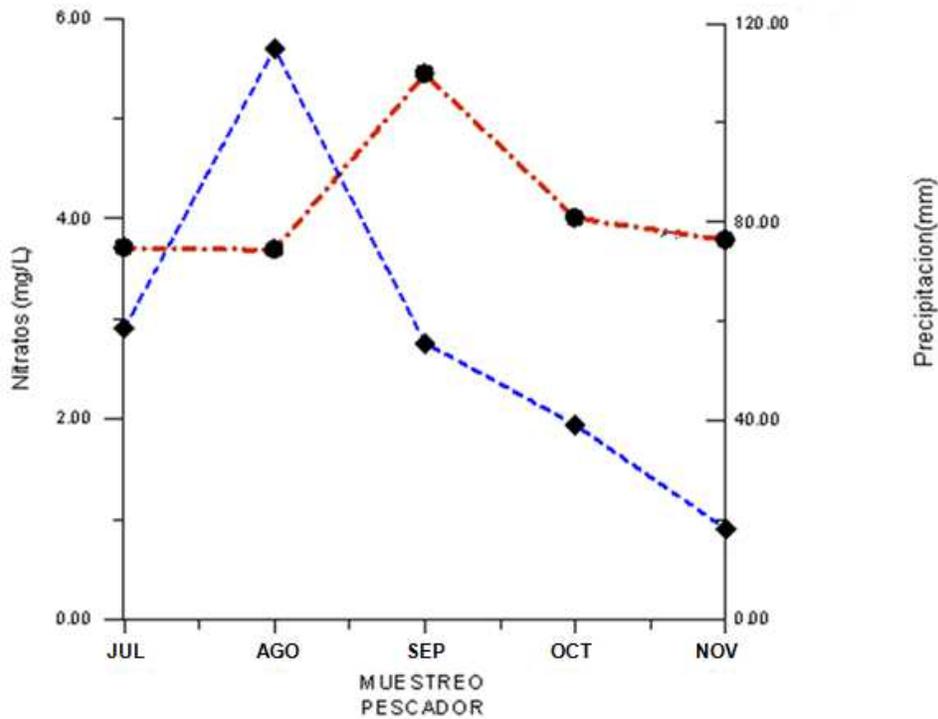


Figura 14. Comportamiento de las concentraciones de nitratos con respecto a las precipitaciones mensuales de la fuente del pescador. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente pluvial localizado en el Congreso se presentó la mayor concentración de Nitratos, en Julio con 4.77 mg/l. La menor con 0.51 mg/l, presentándose en Agosto, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de entre 2.16 y 0.77 mg/l (Fig. 15).

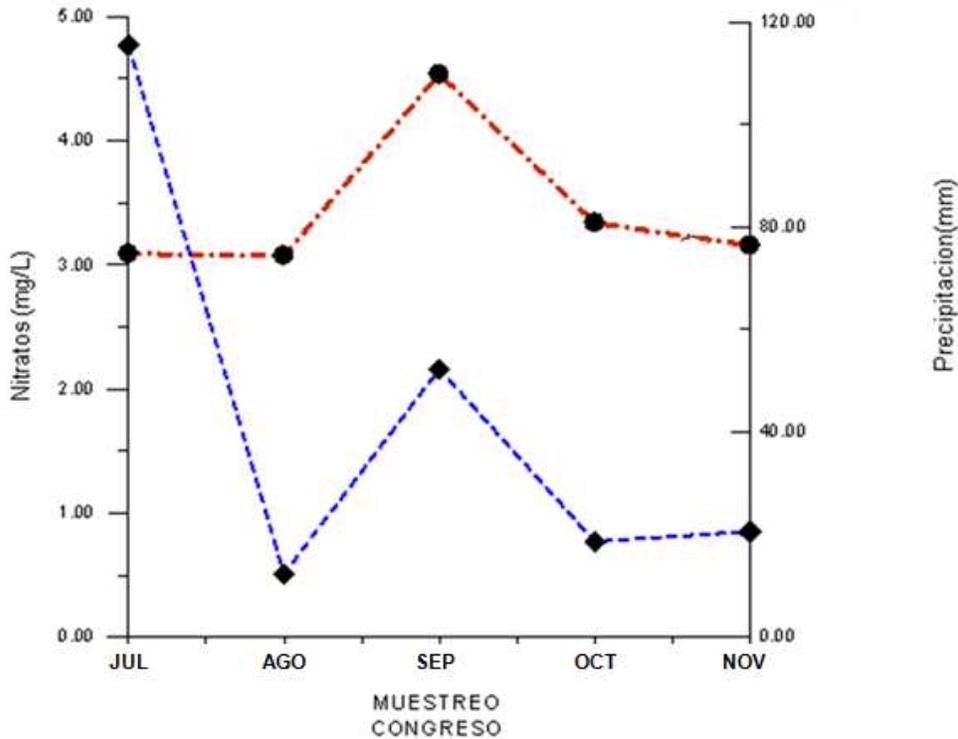


Figura 15. Comportamiento de las concentraciones de nitratos con respecto a las precipitaciones mensuales del congreso. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En efluente pluvial que se encuentra al final de la calle Lázaro Cárdenas, se presentó la mayor concentración de Nitratos, en Julio con 6.37 mg/l. La menor con 0.6 mg/l, presentándose en Agosto, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 2.62 y 1.56 mg/l (Tabla 2, Fig. 16).

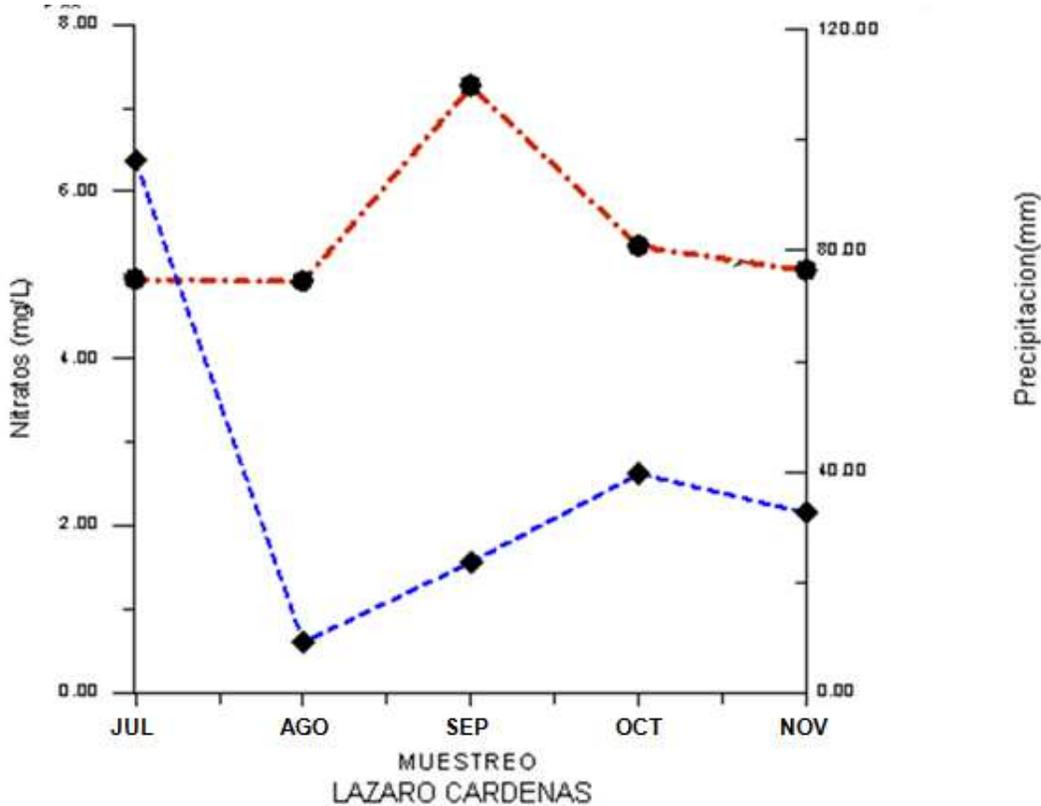


Figura 16. Comportamiento de las concentraciones de nitratos con respecto a las precipitaciones mensuales del punto de muestreo de la calle Lázaro Cárdenas. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente del manto freático que se encuentra frente del restaurant Richards se presentó la mayor concentración de Nitratos, en Julio con 2.46 mg/l. La menor con 0.11 mg/l, presentándose en Agosto, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 1.48 y 0.475 mg/l (Tabla 2, Fig. 17).

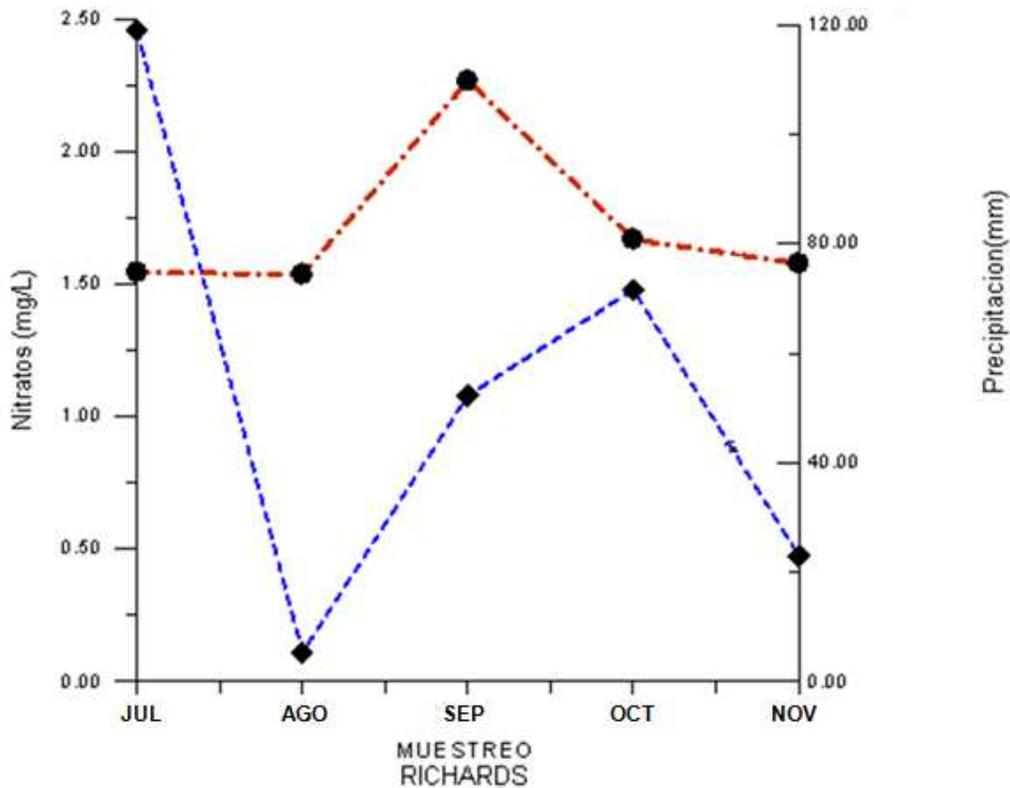


Figura 17. Comportamiento de las concentraciones de nitratos con respecto a las precipitaciones mensuales del restaurant Richards. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente pluvial localizado en el Jardín Boulevard se presentó la mayor concentración de Nitratos, en Noviembre con 9.025 mg/l. La menor con 0.6 mg/l, presentándose en Octubre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 1.91 y 0.32 mg/l (Tabla 2, Fig. 18).

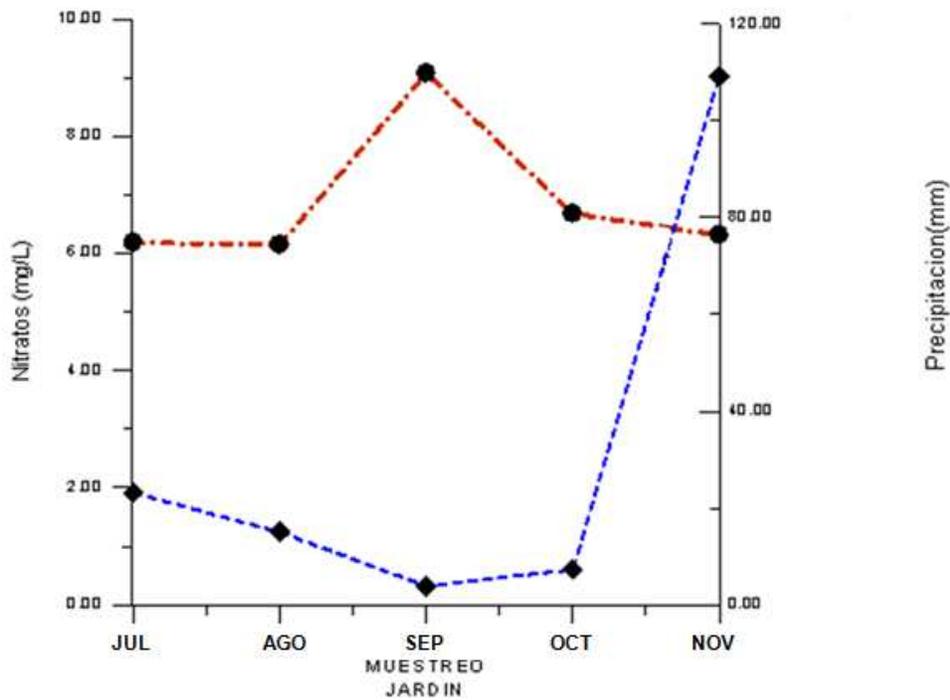


Figura 18. Comportamiento de las concentraciones de nitratos con respecto a las precipitaciones mensuales del jardín boulevard. La línea punteada azul (-.-.-) corresponde al parámetro y la roja (-.-.-) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente del manto freático localizado frente al Club Campestre se presentó la mayor concentración de Nitratos, en Julio con 3.43 mg/L. La menor con 0.125 mg/l, presentándose en Noviembre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 1.26 y 0.42 mg/l (Tabla 2, Fig. 19).

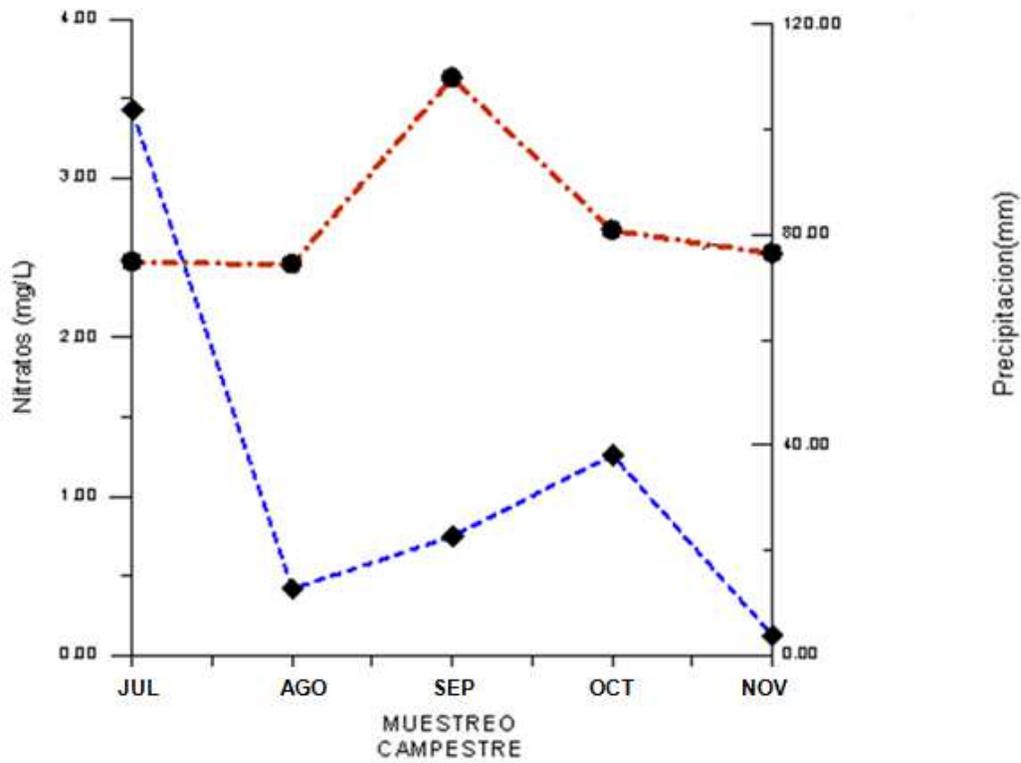


Figura 19 . Comportamiento de las concentraciones de nitratos con respecto a las precipitaciones mensuales del club campestre. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

Tabla 3. Concentración de nitritos (mg/l) en el área de estudio.

	DINA	TANQUES	MUELLE	PESCADOR	CONGRESO	LAZARO CARDENAS	RICHARDS	JARDIN	CAMPESTRE
JUL.	0.02	0.047	0.094	0.03	0.72	0.7	0.02	0.09	0
AGO.	0.045	0.058	0.102	0.05	0.93	0.089	0.028	0.13	0.023
SEP.	0.08	1.106	0.098	0.038	0.015	0.091	0.115	0.165	0.009
OCT.	0.222	0.505	0.082	0.01	0	0.061	0.075	0.477	0
NOV.	0.045	0.26	0.09	0.055	0.03	0.095	0.02	0.013	0.03

En la Dina se presentó la mayor concentración de Nitritos, en Octubre con 0.222 mg/l. La menor con 0.2 mg/l, presentándose en Julio, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 0.08 y 0.045 mg/l (Tabla 3, Fig. 20).

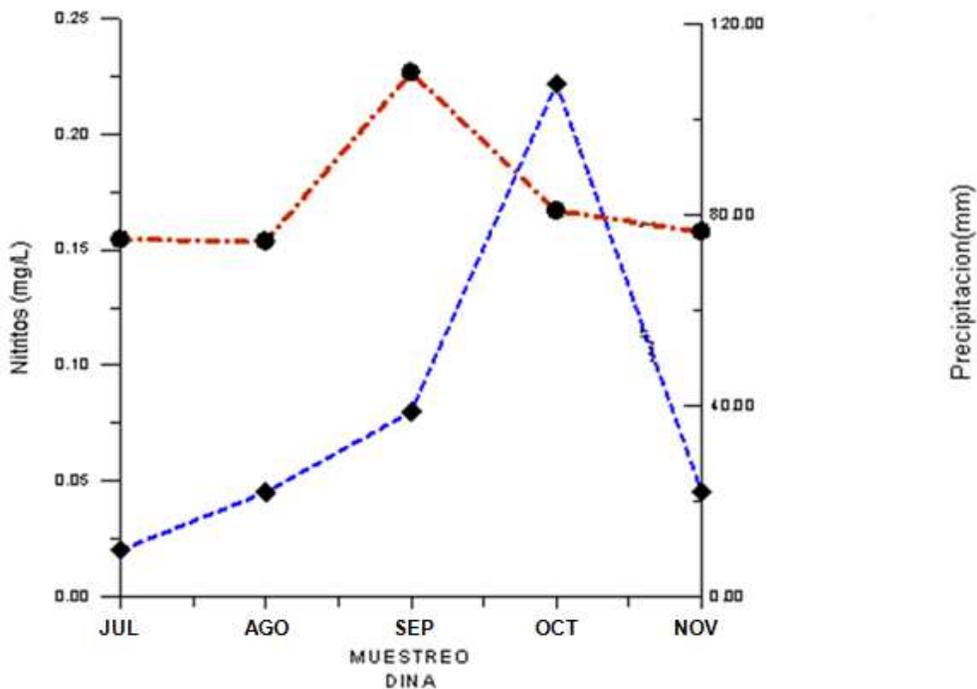


Figura 20. Comportamiento de las concentraciones de nitritos con respecto a las precipitaciones mensuales en la dina. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente pluvial de los tanques de almacenamiento se presentó la mayor concentración de Nitritos, en Septiembre con 1.106 mg/l. La menor con 0.047 mg/l, presentándose en Julio, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 0.058 y 0.505 mg/l (Tabla 3, Fig. 21).

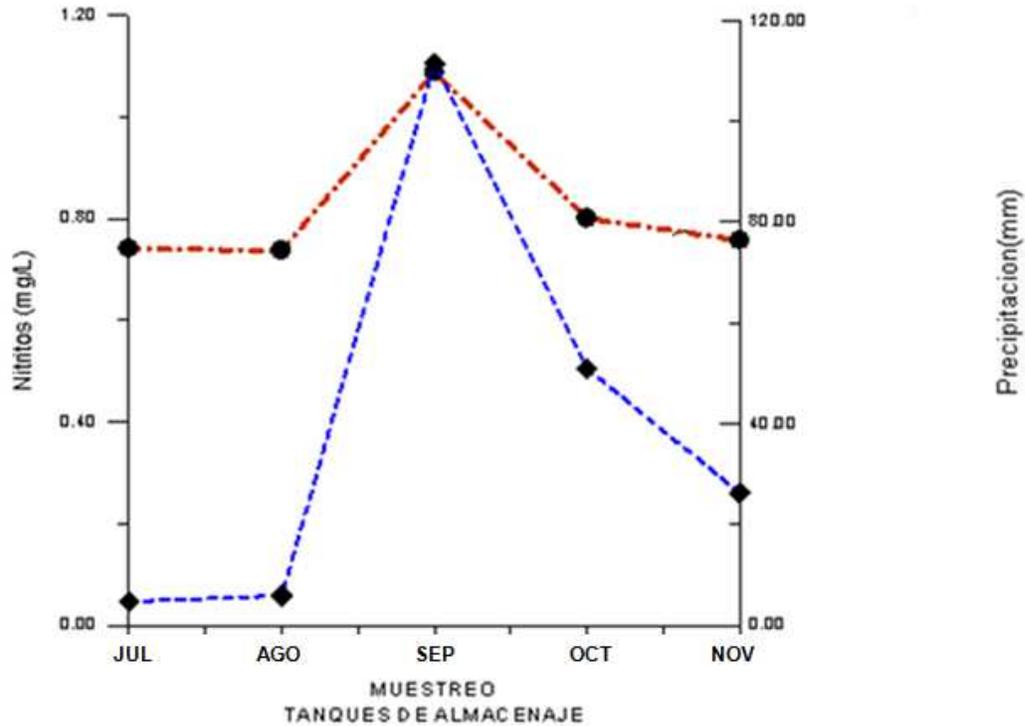


Figura 21. Comportamiento de las concentraciones de nitritos con respecto a las precipitaciones mensuales de los tanques de almacenamiento. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el punto de muestreo del Muelle Fiscal se presentó la mayor concentración de Nitritos, en Agosto con 0.102 mg/l. La menor con 0.082 mg/l, presentándose en Octubre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 0.09 y 0.098 mg/l (Tabla 3, Fig. 22).

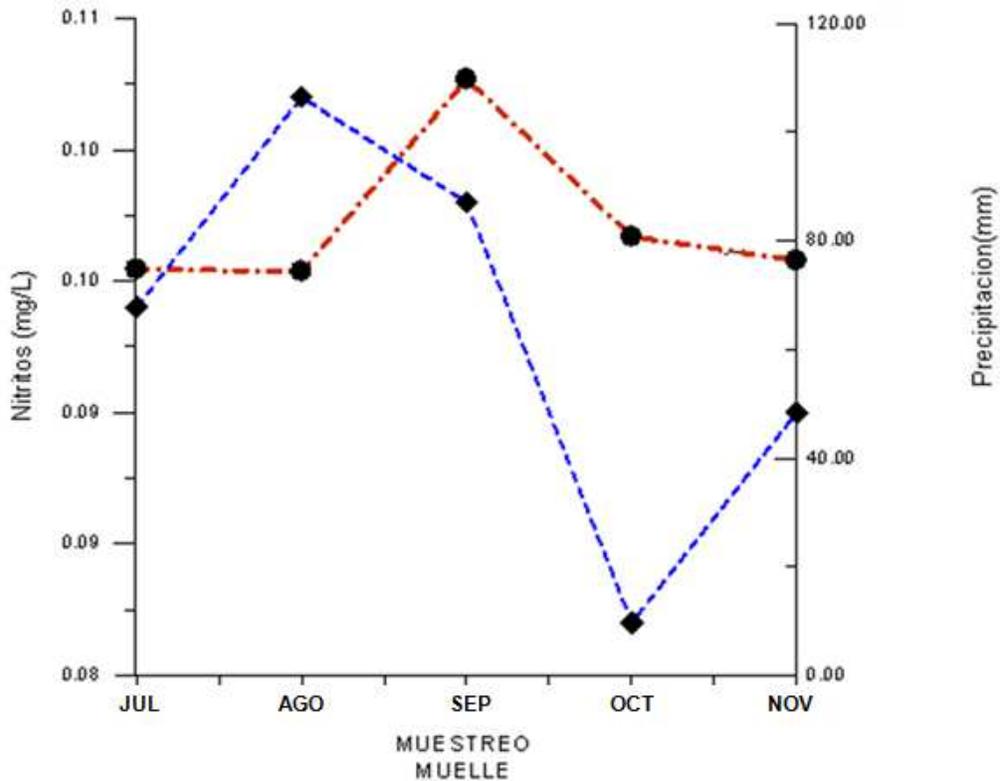


Figura 22. Comportamiento de las concentraciones de nitritos con respecto a las precipitaciones mensuales del muelle. La línea punteada azul (-.-.-) corresponde al parámetro y la roja (-.-.-) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente pluvial localizado en la Fuente del Pescador se presentó la mayor concentración de Nitritos, en Noviembre con 0.055 mg/l. La menor con 0.01 mg/l, presentándose en Octubre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 0.03 y 0.05 mg/l (Tabla 3, Fig. 23).

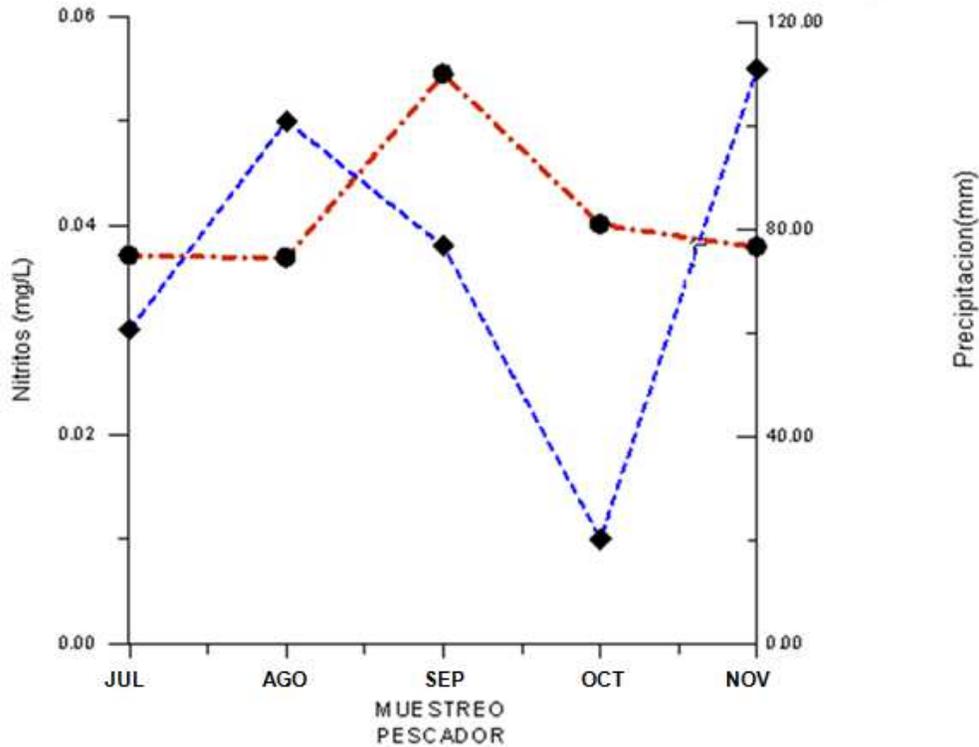


Figura 23. Comportamiento de las concentraciones de nitritos con respecto a las precipitaciones mensuales de la fuente del pescador. La línea punteada azul (-.-.-) corresponde al parámetro y la roja (-.-.-) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente pluvial localizado en el Congreso se presentó la mayor concentración de Nitritos, en Agosto con 0.93 mg/l. La menor con 0 mg/l, presentándose en Octubre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 0.015 y 0.72 mg/l (Tabla 3, Fig. 24).

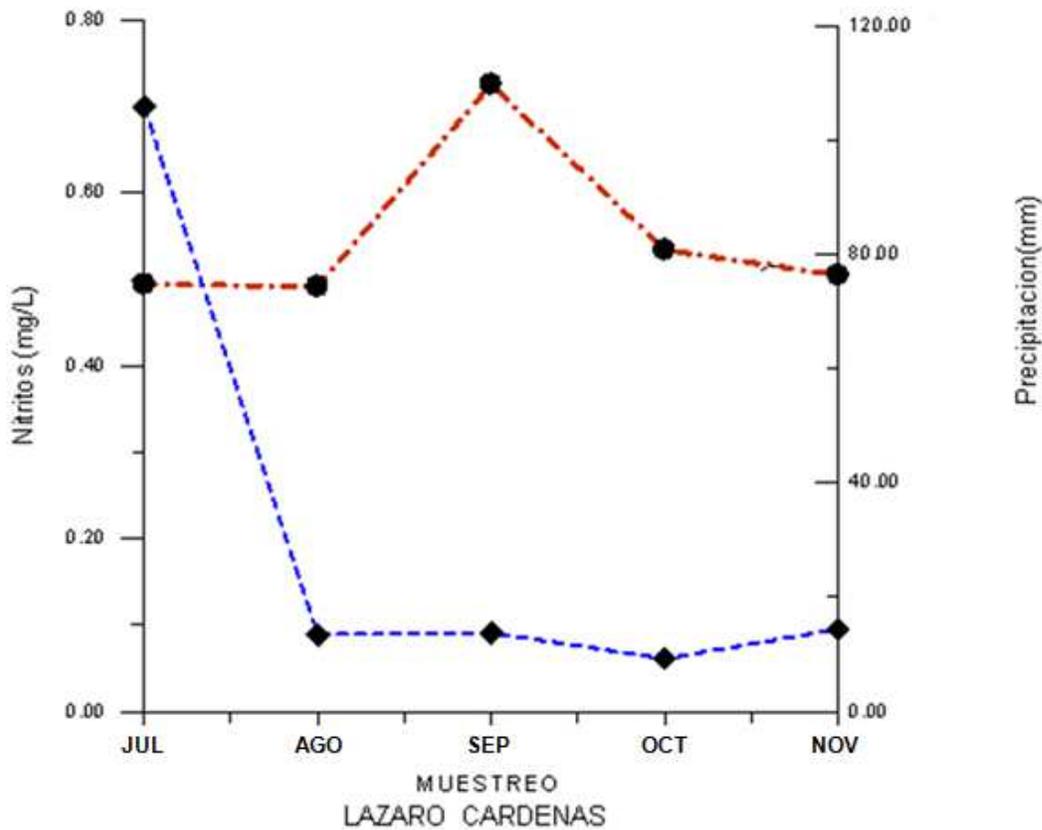


Figura 24. Comportamiento de las concentraciones de nitritos con respecto a las precipitaciones mensuales del congreso. La línea punteada azul (-.-.-) corresponde al parámetro y la roja (-.-.-) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente pluvial de la calle Lázaro Cárdenas se presentó la mayor concentración de Nitritos, en Julio con 0.07 mg/l. La menor con 0.061 mg/l, presentándose en Octubre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 0.89 y 0.95 mg/l (Tabla 3, Fig. 25).

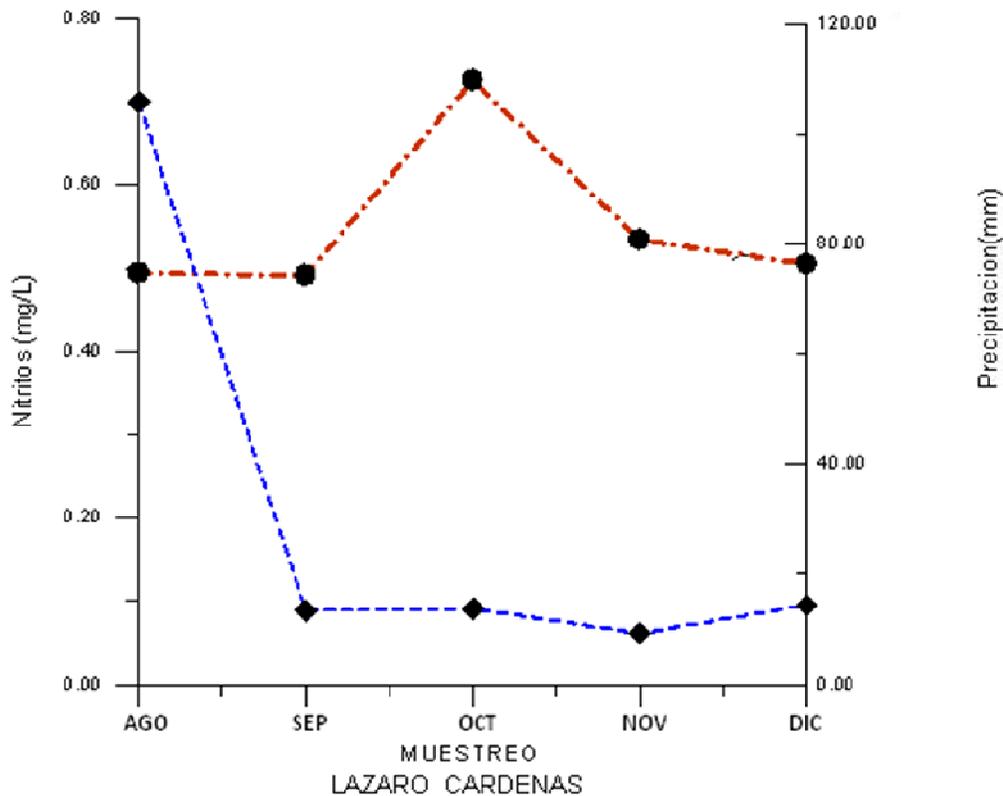


Figura 25. Comportamiento de las concentraciones de nitritos con respecto a las precipitaciones mensuales del punto de muestreo de la calle Lázaro Cárdenas. La línea punteada azul (-.-.-) corresponde al parámetro y la roja (-.-.-) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente del manto freático frente al restaurant Richards se presentó la mayor concentración de Nitritos, en Septiembre con 0.115 mg/l. La menor con 0.02 mg/l, presentándose en Julio y Noviembre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 0.028 y 0.075 mg/l (Tabla 3, Fig. 26).

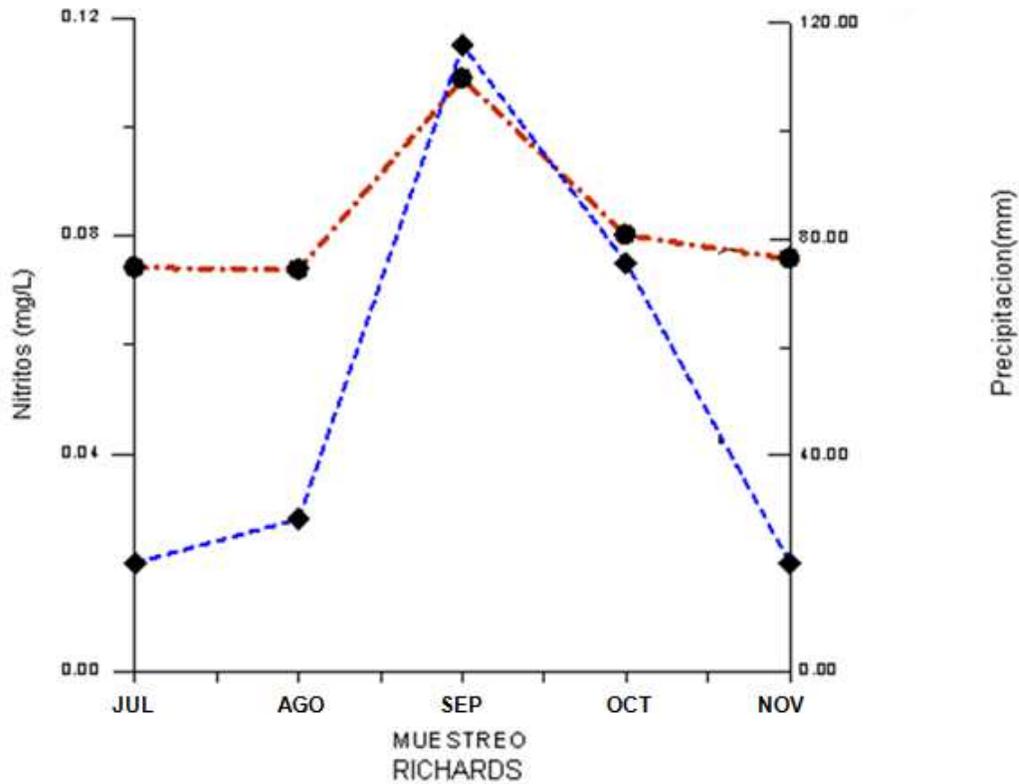


Figura 26. Comportamiento de las concentraciones de nitritos con respecto a las precipitaciones mensuales del restaurant Richards. . La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes

En el muestreo del efluente pluvial localizado en el Jardín Boulevard se presentó la mayor concentración de Nitritos, en Octubre con 0.477 mg/l. La menor con 0.013 mg/l, presentándose en noviembre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 0.013 y 0.165 mg/l (Tabla 3, Fig. 27).

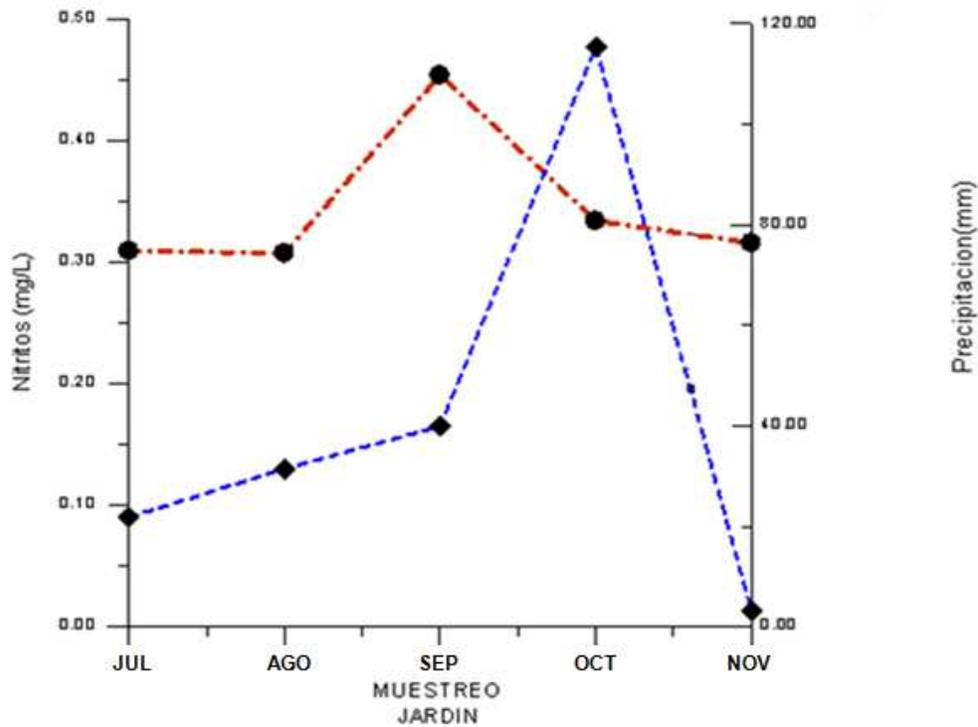


Figura 27. Comportamiento de las concentraciones de nitritos con respecto a las precipitaciones mensuales del jardín boulevard. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes

En el muestreo del manto freático localizado en el Club Campestre se presentó la mayor concentración de Nitritos, en Noviembre con 0.03 mg/l. La menor con 0 mg/l, presentándose en Julio y Octubre, y en el resto de los meses muestreados la variación fue de 0.009 y 0.023 mg/l (Tabla 3, Fig. 28).

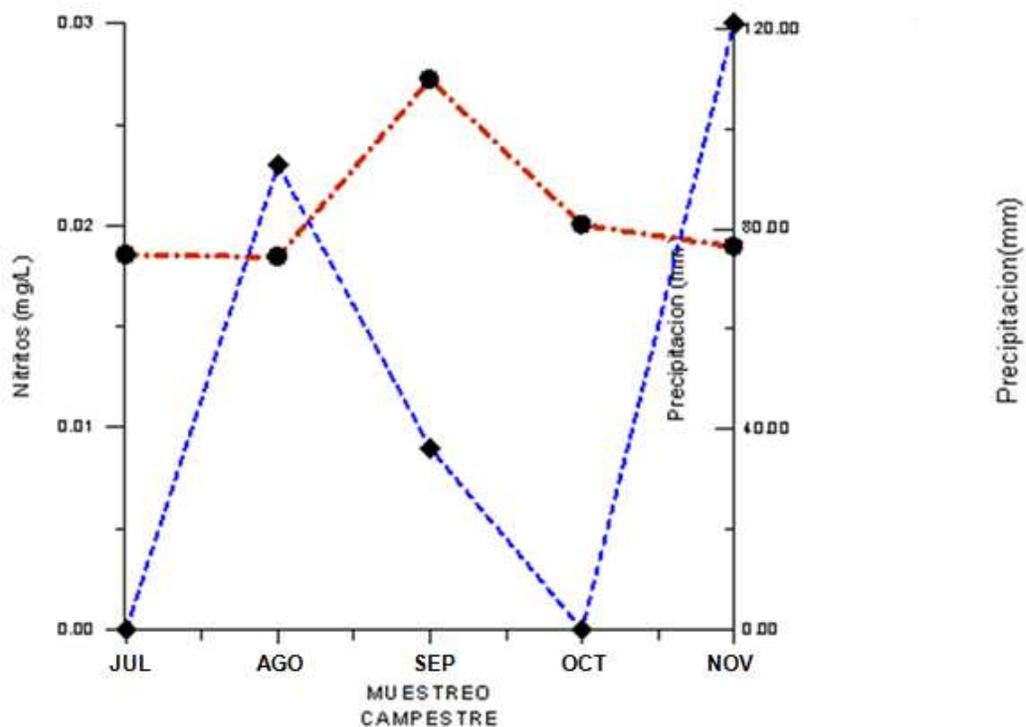


Figura 28. Comportamiento de las concentraciones de nitritos con respecto a las precipitaciones mensuales del club campestre. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

Tabla 4. Concentración de coliformes fecales (NMP) en los puntos muestreados.

	DINA	TANQUES	MUELLE	PESCADOR	CONGRESO	LAZARO CARDENAS	RICHARDS	JARDIN	CAMPESTRE
JUL.	93	210	150	43	150	469	43	150	0
AGO.	150	150	150	210	210	460	75	150	0
SEP.	43	150	43	39	150	210	150	150	0
OCT.	75	75	150	93	75	460	75	23	0
NOV.	93	93	210	150	93	469	93	43	0

La concentración de coliformes fecales en la estación Dina tuvo una concentración máxima de 150 NMP/cm³ en agosto y la concentración mínima fue de 43 NMP/100 cm³ en junio. En los otros meses mantuvo una concentración variable de 93 a 75 NMP/100/cm³ (Tabla 4, Fig. 29).

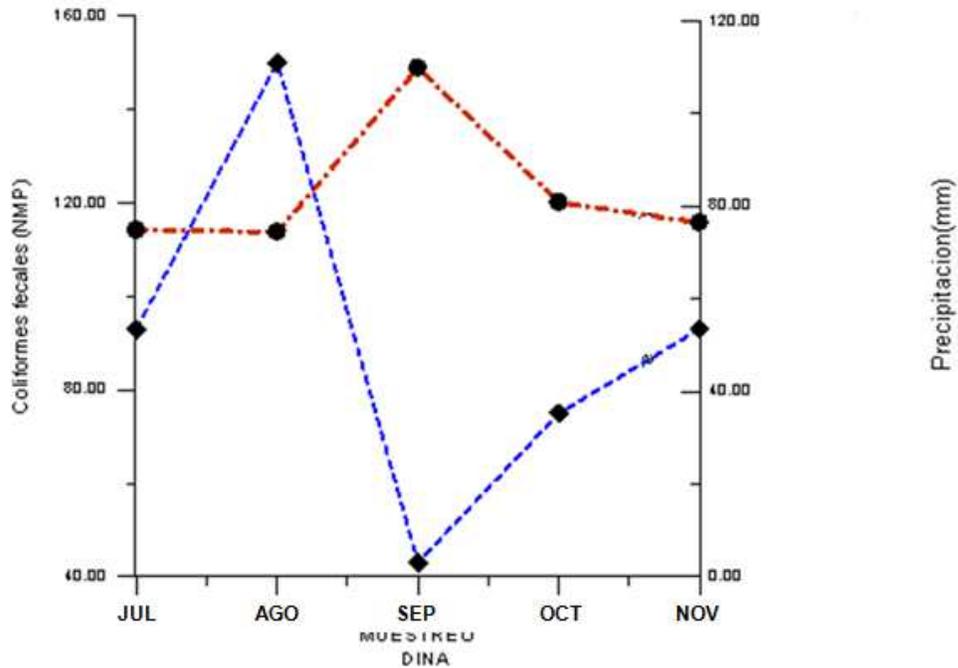


Figura 29. Comportamiento de las concentraciones de coliformes fecales con respecto a las precipitaciones mensuales en la dina. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

La concentración máxima de coliformes fecales en la estación tanques de almacenaje fue de 210 NMP/100 cm³ en julio y la mínima fue de 75 NMP/100 cm³ en octubre. La variación en los otros meses fue de 93 a 150 NMP/100 cm³ (Tabla 4, Fig. 30).

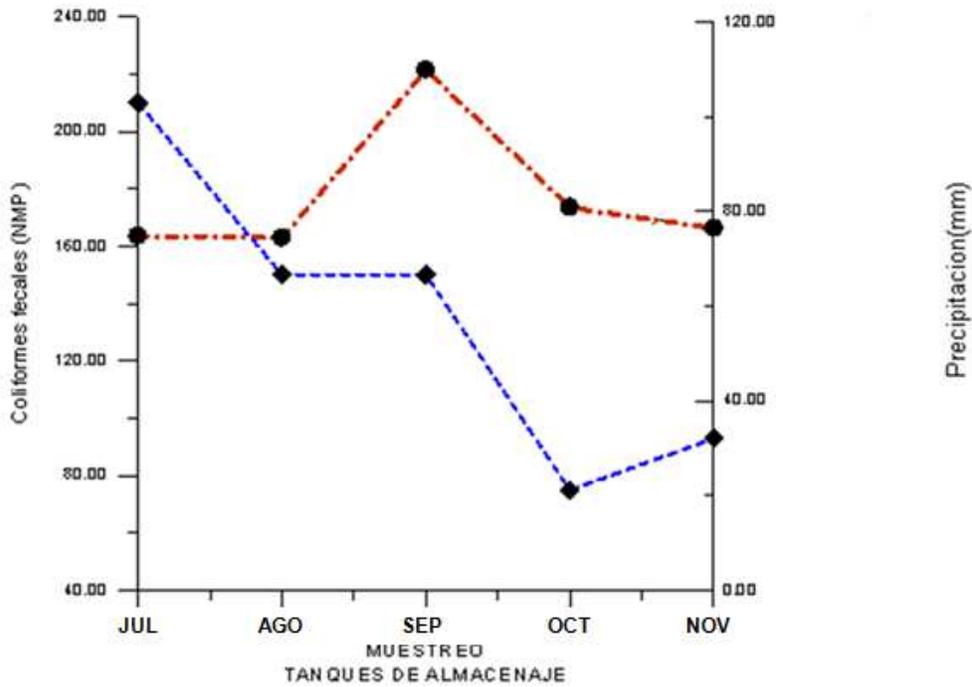


Figura 30. Comportamiento de las concentraciones de coliformes fecales con respecto a las precipitaciones mensuales en los tanques de almacenamiento. La línea punteada azul (-.-.-) corresponde al parámetro y la roja (-.-.-) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente pluvial del muelle fiscal tuvo una concentración máxima de coliformes fecales en noviembre con 210 NMP/100 cm³. La mínima se dio en septiembre con 43 NMP/100 cm³. En los otros meses, la concentración fue constante de 150 NMP/100 cm³ (Tabla 4, Fig. 31).

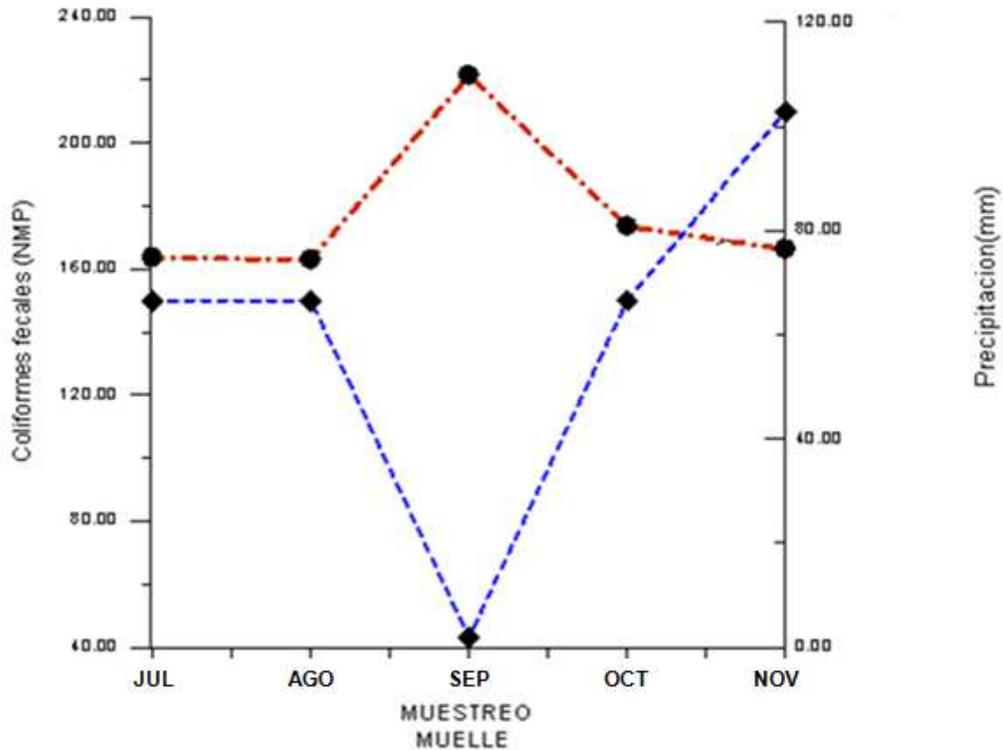


Figura 31. Comportamiento de las concentraciones de coliformes fecales con respecto a las precipitaciones mensuales del muelle. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes

En la fuente del pescador, la mayor concentración fue de 210 NMP/100 cm³ y corresponde a agosto. La menor se dio en septiembre con 39 NMP/100 cm³. En los otros meses variaron entre 43 a 150 NMP/100 cm³ (Tabla 4, Fig. 32).

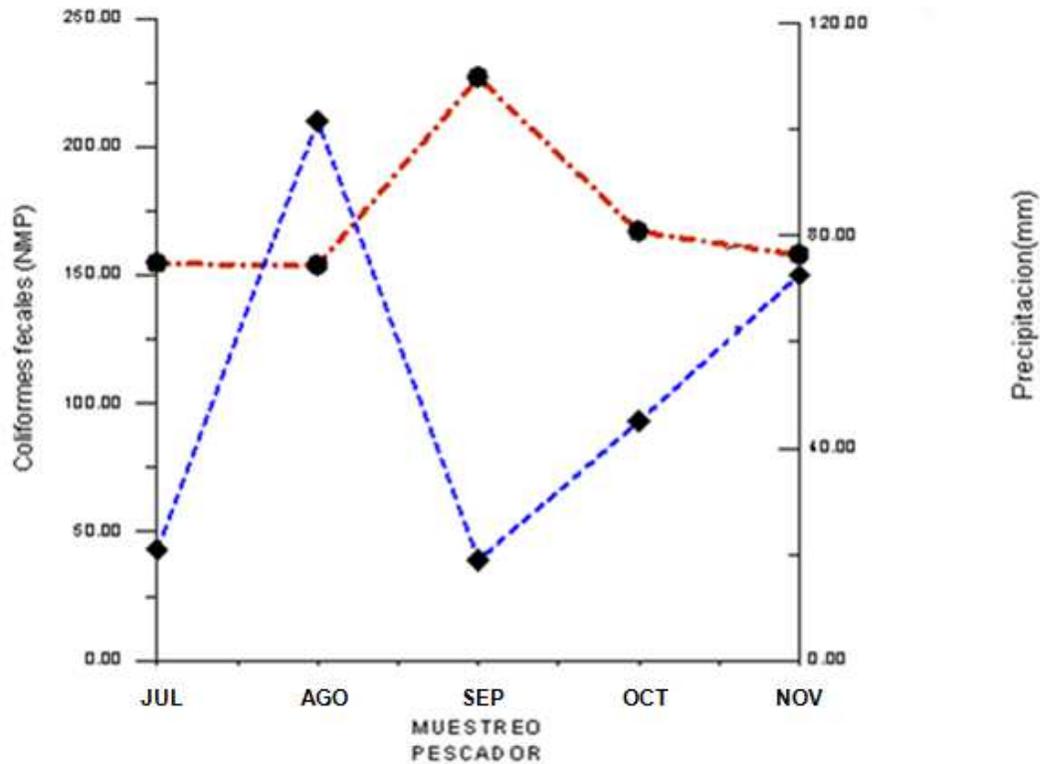


Figura 32. Comportamiento de las concentraciones de coliformes fecales con respecto a las precipitaciones mensuales de la fuente del pescador. La línea punteada azul (-.-.-) corresponde al parámetro y la roja (-.-.-) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente pluvial del congreso se presentó la mayor concentración en agosto con 210 NMP/100 cm³. La menor con 75 NMP/100 cm³ y en el resto de los meses muestreados variaba entre 93 y 150 NMP/100 cm³ (Tabla 4, Fig. 33).

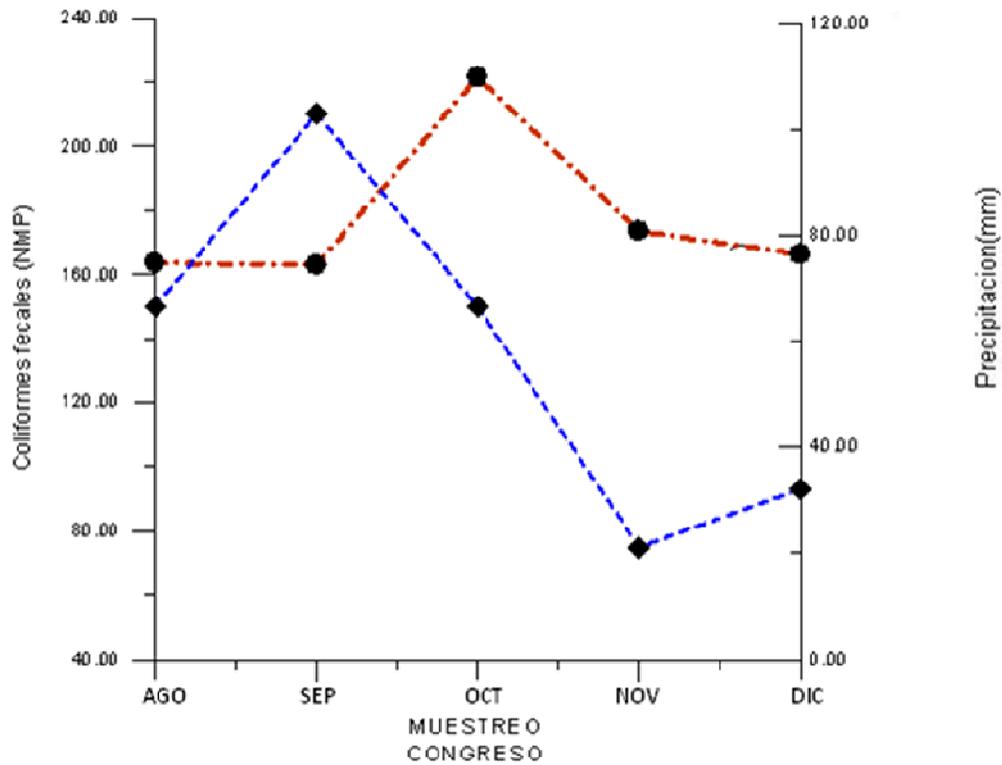


Figura 33. Comportamiento de las concentraciones de coliformes fecales con respecto a las precipitaciones mensuales del congreso. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el efluente pluvial de calle Lázaro Cárdenas fue donde se presentaron las concentraciones más altas de todos los puntos muestreados. Con un máximo de 469 NMP/100 cm³ en agosto y noviembre y un mínimo de 210 NMP/100 cm³ en septiembre. Los otros meses tuvieron una variación entre los 210 y los 460 NMP/100 cm³ (Tabla 4, Fig. 34).

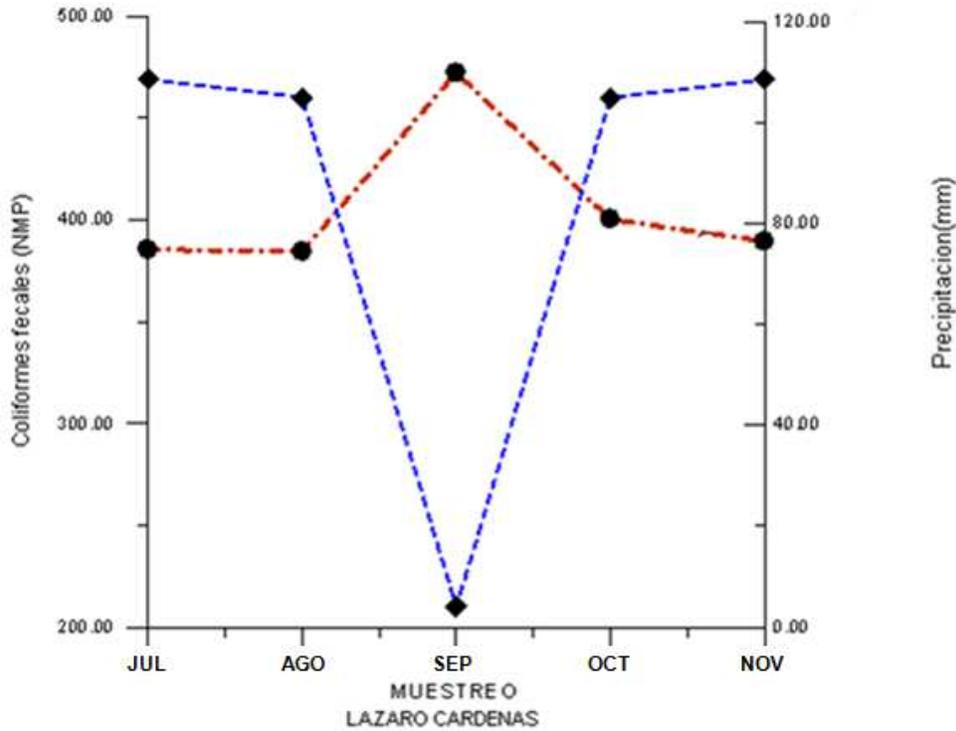


Figura 34. Comportamiento de las concentraciones de coliformes fecales con respecto a las precipitaciones mensuales de la calle Lázaro Cárdenas. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- - - -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

El efluente del manto freático frente al restaurant Richards se presentó la mayor concentración en septiembre siendo de 150 NMP/100 cm³ y el menor en julio con 43 NMP/100 cm³. En los otros meses de muestreo la variación fue de 75 y 93 NMP/100 cm³ (Tabla 4, Fig. 35).

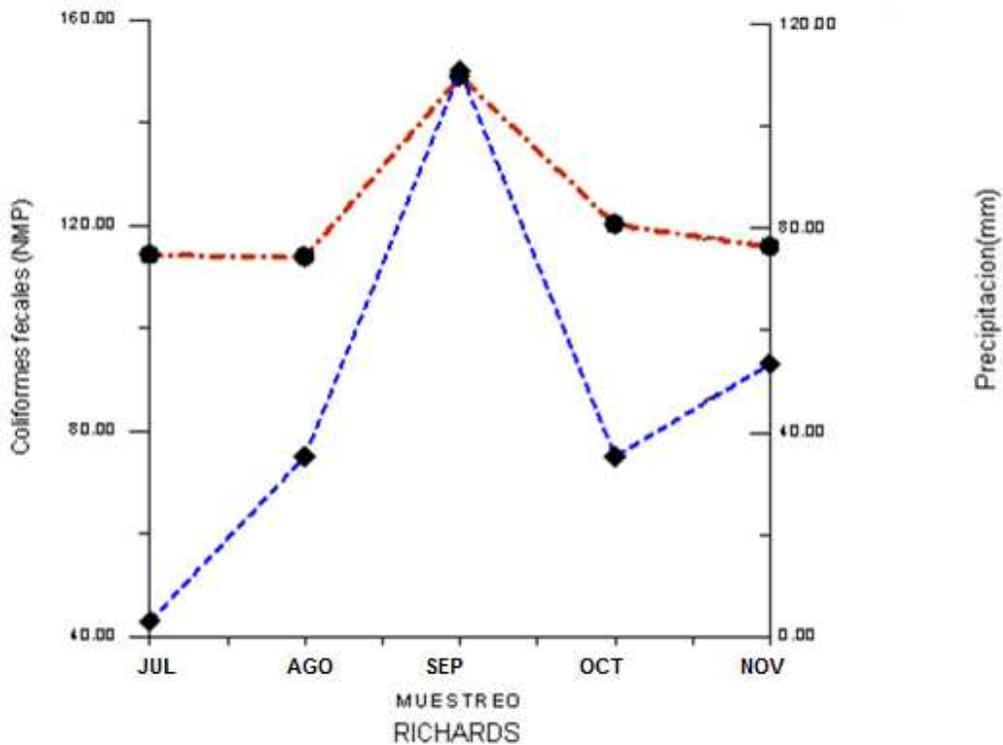


Figura 35. Comportamiento de las concentraciones de coliformes fecales con respecto a las precipitaciones mensuales del restaurant Richards. La línea punteada azul (---) corresponde al parámetro y la roja (---) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

En el punto del jardín boulevard las concentraciones más altas fueron constantes en los primeros 3 meses, estas fueron de 150 NMP/100 cm³, la más baja fue en octubre con 23 NMP/100 cm³. En noviembre fue de 43 NMP/100 cm³ (Tabla 4, Fig. 36).

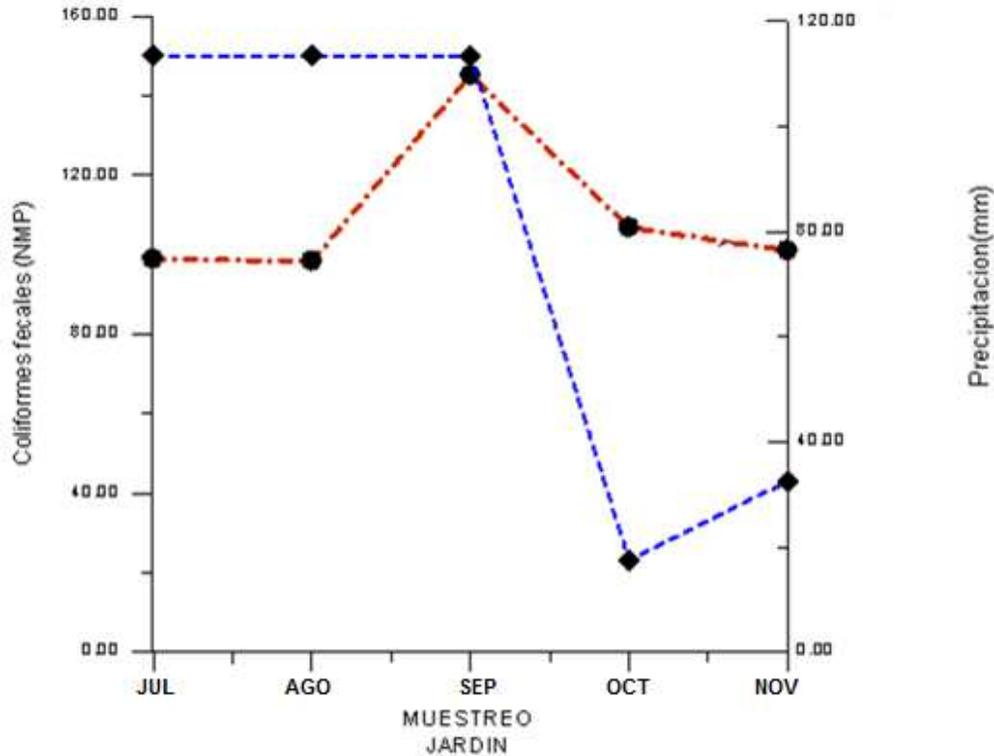


Figura 36. Comportamiento de las concentraciones de coliformes fecales con respecto a las precipitaciones del jardín boulevard. La línea punteada azul (- - - -) corresponde al parámetro y la roja (- . - . -) a las precipitaciones que se presentaron en cada mes.

El efluente del manto freático frente al club campestre resultó negativo en coliformes fecales en cada uno de los meses (Tabla 4).

COORDENADAS GEOGRAFICAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

DINA	O088°17'37.9"
N18°29'52.9"	LAZARO CARDENAS
O088°18'55.2"	N18°30'01.7"
TANQUES DE ALMACENAMIENTO	O088°17'2.1"
N18°29'51.4"	RICHARDS
O088°18'38.0"	N18°29'59.9"
MUELLE FISCAL	O088°17'02.1"
N18°29'34.9"	JARDIN BOULEVARD
O088°17'55.0"	N18°30'24.9"
FUENTE DEL PESCADOR	O088°16'48.5"
N18°29'35.0"	CAMPESTRE
O088°18'35.0"	N18°30'24.9"
CONGRESO	O088°16'36.2"
N18°29'35.25"	

El punto que mostró mayores concentraciones de coliformes fecales, fue el efluente pluvial de la calle Lázaro Cárdenas. Esto difiere con lo reportado por SESA en el 2000, ya que ellos mencionaron que la zona más afectada por dichos organismos, es el balneario "Punta Estrella". Este balneario se encuentra influenciado por el punto muestreado del congreso, el cual presentó concentraciones medias con respecto a los otros puntos muestreados, rebasando lo permitido por los criterios ecológicos de calidad del agua (CECA) solo en agosto con 210 organismos por cm^3 . Esto sugiere que existió una modificación que permitió disminuir las concentraciones de organismos coliformes fecales en este punto. Esto se apoya con el hecho de que se observaron varios efluentes pluviales que no presentaban flujo, lo que indica que fueron clausurados y se canalizaron esas aguas para algún tratamiento.

Flores Rodríguez y García Domínguez (2001) mencionaron que los efluentes pluviales de la bahía de Chetumal, aportan concentraciones altas de coliformes fecales. Mencionaron también que fluctúan entre valores no detectables y valores que rebasan lo establecido por los CECA. Esto se corroboró con este estudio, ya que los resultados nos hacen llegar a la misma conclusión.

El hecho de que uno de los efluentes del manto freático haya mostrado presencia de coliformes fecales (frente al restaurant Richards), pone en evidencia que es posible que exista infiltración al manto freático debido a las condiciones del suelo de la región de la Península de Yucatán. Esto corrobora lo mencionado en otros estudios realizados (Navarro 1995). Posiblemente, también se deba a la defectuosa construcción de algunas fosas sépticas o por el hecho de que en algunas casas se usan pozos de absorción (INEGI 2005) así permitiendo la infiltración hacía el manto freático.

Según la información proporcionada por la comisión de agua potable y alcantarillado (CAPA), todos los desagües que desembocan en la Bahía de Chetumal son de origen pluvial. Dicha afirmación es cuestionable, ya que de ser

así, los efluentes no tendrían un caudal continuo durante todo el año, sino, solo después de haber llovido.

Esto sugiere que el agua que desemboca en la Bahía de Chetumal, no solo es de origen pluvial y que puede provenir del drenaje doméstico o comercial. Esto cambia totalmente la composición que deberían tener las aguas de los efluentes de la Bahía de Chetumal, ya que entre las aguas domésticas, se mezclan productos de limpieza que contienen nitrógeno, ya que este se utiliza en diversos productos en forma de amoníaco. También se pueden encontrar detergentes y jabones que contribuyen a la eutrofización de la bahía ya que contienen fosforo.

Las aguas domésticas también contienen materia orgánica en los restos de comida que llega a los drenajes y propician generación de bacterias que consumen oxígeno para descomponerla, pudiendo provocar condiciones hipoxicas y alteraciones a los ecosistemas.

La descripción de la trayectoria de los puntos de muestreo se realizó basándose en la observación de planos de la infraestructura de alcantarillado pluvial en archivos formato DWG proporcionados por la CAPA (Chim 2001).

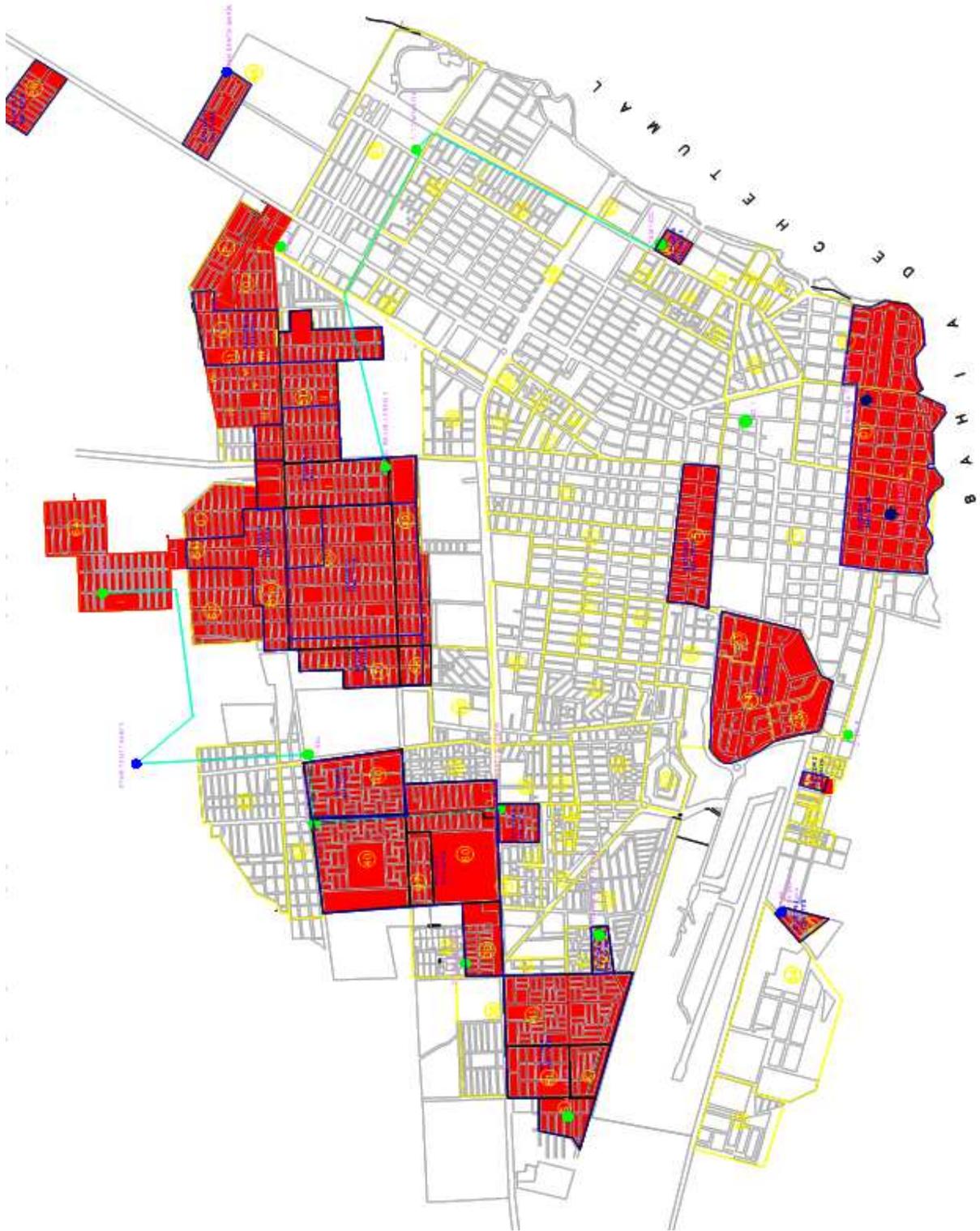


Figura 37. Zonas de Chetumal que cuentan con sistema de alcantarillado sanitario (las resaltadas con rojo).

EFLUENTES PLUVIALES MUESTREADOS

DINA

N18°29'52.9"

O088°18'55.2"



Figura 38. Efluente pluvial de la dina

El drenaje de la dina es el efluente pluvial más cercano a la desembocadura del Río Hondo. El agua que efluye de este punto, proviene de varios sitios de Chetumal. La zona inundable más cercana que influye en este punto, es la del parque ecológico. Cuando existe una inundación severa, puede llegar a mezclarse con el agua estancada y con signos de eutrofización que se encuentra en la laguna del parque ecológico. La siguiente zona inundable por la que pasa este

efluente, es detrás de San Francisco de Asís, San Salvador. En este punto, hay una divergencia. Una de las partes va desde la calle San Salvador hacia la avenida Rojo Gómez, recorriéndola desde sus inicios hasta la avenida Insurgentes, pasando por una zona inundable que se encuentra al principio de la avenida Rojo Gómez. Esta misma parte de la divergencia, presenta otra más, hacia la privada de la calle San Salvador en donde se encuentra otra zona inundable de acuerdo a observaciones. La otra parte de la primera divergencia mencionada, continua hasta la calle Nápoles, divergiendo nuevamente, donde una parte baja hasta la avenida Efraín Aguilar y la otra sube hacia la avenida San Salvador recorriéndola hasta la avenida Benito Juárez, ahí subiendo hasta la avenida Bugambillas. Esta parte también tiene ramificaciones hacia la parte norte de la avenida Florencia, desviándose hacia insurgentes con Andrés Quintana Roo. Otra ramificación en la avenida Andrés Quintana Roo hasta la avenida Efraín Aguilar y una última ramificación en la avenida Francisco I. Madero hasta una divergencia, en la cual una parte continua en línea recta hasta la calle Cristóbal Colon y la otra desde la Primo de Verdad hasta la avenida Héroes (Fig. 36). De los efluentes pluviales que desembocan en la bahía, este es el que mayor área cubre y de los puntos por los que pasa, algunos cuentan con servicio de alcantarillada y otros solo cuentan con fosas sépticas. (Fig. 37)

COLIFORMES FECALES

En este punto se observó una relación inversa con respecto a las precipitaciones (Figura 28). Del primer al segundo mes hubo una pequeña disminución de las precipitaciones y un marcado aumento en la concentración de organismos coliformes fecales. Una probable explicación de este hecho es que, las primeras lluvias arrastraron la materia fecal que contenía a dichos organismos y estas no fueron lo suficientemente abundantes para hacer que el agua se diluya lo necesario para bajar la concentración. En contraste, el tercer mes de muestreo presentó la mayor precipitación, lo que sugiere una mayor dilución y explica la disminución por cm^3 de los organismos. En los meses siguientes, la concentración

de organismos coliformes aumentaba a medida que las precipitaciones disminuían.

Según estudios realizados con anterioridad (Ortiz y Sáenz 1997), encontraron que la mayor concentración de coliformes proviene del Río Hondo. Pero no se trataba de coliformes termotolerantes, así que se puede descartar el hecho de que los resultados hayan salido positivos por la mezcla con el agua del Río Hondo ya que la prueba que se realizó para determinar la concentración de coliformes, era específica para organismos termotolerantes.

De acuerdo con lo investigado por Ortiz Hernández y Sáenz Morales (1999), la mayor parte de la materia orgánica que llega a la bahía de Chetumal, proviene del Río Hondo. Esto no pudo haber cambiado, ya que en este estudio, se confirmó que las concentraciones de coliformes fecales fueron menores a las del estudio realizado por Ortiz Hernández y Sáenz Morales. Esto indica que desde 1999 hasta la actualidad, se han realizado modificaciones ya sea en el servicio de alcantarillado o en la trayectoria de los efluentes pluviales, que lograron una disminución en la concentración de organismos coliformes fecales de los efluentes pluviales que desembocan en la Bahía de Chetumal.

AMONIO

En el desagüe de la dina hubo una disminución importante de la concentración de amonio del primer al segundo muestreo, que coincidió con una disminución leve de las precipitaciones. Del segundo al tercer mes, el aumento de las precipitaciones y de las concentraciones de amonio fue casi a la misma medida, a diferencia del periodo entre el tercero y el cuarto mes donde disminuyeron las precipitaciones y aumento la concentración de amonio. Del cuarto al quinto mes se aprecia una disminución leve de las precipitaciones y una disminución marcada de la concentración de amonio (figura 2).

En los primeros 2 meses pareció haber una relación directa entre las concentraciones de amonio y las precipitaciones. El tercer mes tuvo un

comportamiento contrario ya que en el lapso entre el segundo y tercer mes, el comportamiento de las concentraciones y las precipitaciones fue inverso. En los últimos meses la precipitación y las concentraciones de amonio nuevamente retomaron la relación directa. En cuatro de los meses muestreados en este punto, existió una relación directa entre las precipitaciones y las concentraciones. Cabe destacar que el mes donde el comportamiento fue inverso, fue el mes en el que el huracán Deán afectó el área de estudio pudiendo esto tener una relación (figura 2).

NITRITOS

En la dina, la concentración de los nitritos tuvo un ligero aumento del primer al segundo mes y las precipitaciones tuvieron un decremento en el mismo periodo. Del segundo al tercer mes, el aumento de las precipitaciones y el de la concentración de nitritos, fue un poco más marcada. El cambio más drástico se dió del tercer al cuarto mes, cuando disminuyeron las precipitaciones y aumento en gran medida la concentración de nitritos. Del cuarto al quinto mes, hubo un leve decremento de las precipitaciones y una marcada disminución en las concentraciones de nitritos (figura 20).

En este punto no se apreció ninguna relación entre las precipitaciones y las concentraciones de nitritos. Este tipo de relación tan errática no es suficiente para afirmar que exista una modificación de la concentración de nitritos respecto a las precipitaciones en este punto (figura 20).

NITRATOS

En la dina, del primer al segundo mes, hubo una disminución marcada de la concentración de nitratos y una disminución leve de las precipitaciones. Del segundo al tercer mes, la disminución de los nitratos fue casi a la misma medida que la del primer al segundo mes, mientras que en las precipitaciones se apreciaba un aumento. Del tercer al cuarto mes, hubo un leve aumento de las concentraciones de amonio y un declive en las precipitaciones. Del cuarto al

quinto mes, nuevamente se mostró un declive en las concentraciones de nitratos, al mismo tiempo que una leve disminución de las precipitaciones (figura 11).

En este punto no pareció haber relación directa de las concentraciones de nitratos con las precipitaciones. Del segundo al cuarto mes, cuando las precipitaciones alcanzaron su nivel más alto, el comportamiento de los nitratos fue inverso, lo que sugiere que las concentraciones solo se modifican si las lluvias son abundantes (figura 11).

TANQUES DE ALMACENAMIENTO

N18°29'51.4"

O088°18'38.0"



Figura 39. Efluente pluvial de los tanques de almacenamiento.

Este efluente pluvial es el que tiene el mayor caudal de los muestreados y desemboca en un canal que termina en la bahía de Chetumal. Este punto, se localiza sobre la calle Otón P. Blanco. Su trayectoria empieza en la glorieta de la calle Álvaro Obregón pasando por un lado de los tanques de almacenamiento de gasolina. Según datos proporcionados por CAPA, esta es la trayectoria por la que pasa el agua de este efluente. Dado el caudal y el hecho de que es constante todo el año, es poco probable que esa sea toda la trayectoria de dicho efluente. Es

posible que esté conectado a otros sistemas pluviales (Fig. 36). La zona por donde pasa este efluente carece de servicio de alcantarillado (Fig. 37).

COLIFORMES FECALES

En este punto, se observó una disminución del primer al segundo mes tanto, de la precipitación, como de la concentración de organismos coliformes. Del segundo al tercer mes, la concentración se mantiene constante, mientras que las precipitaciones aumentaron y del tercero al cuarto hubo una disminución proporcional tanto de la concentración de los coliformes como de la precipitación. En contraste, la relación que hubo del cuarto al quinto mes fue inversa (Figura 30)

Según Kocasoy (1999), la densidad de coliformes fecales en los puntos muestreados a un metro de los efluentes pluviales, aumentó con las precipitaciones, a diferencia de los puntos a cincuenta y cien metros. Esto se puede deber a la dilución que se da en el efluente a medida que se aleja del mismo. Esto corrobora el hecho de que puede existir una dilución cuando aumenta el caudal del efluente, ya que en ambos casos existió un aumento de volumen.

En este punto no hubo una relación completamente directa con las precipitaciones (Figura 30), salvo del tercer al quinto mes en los cuales, del tercero al cuarto mes, hubo aumento de la precipitación que provocó un decremento en la concentración debido a la dilución y del cuarto al quinto mes un leve decremento en la precipitación junto con un leve aumento de la concentración. Del primer al segundo mes hubo una disminución en las lluvias al igual que en la concentración de coliformes fecales. Esto puede indicar que en ese lapso, la zona de la cual proviene dicho efluente pluvial no estaba contaminada por materia fecal sugiriendo que la contaminación en dicha zona es ocasional.

AMONIO

En los tanques de almacenamiento, se observó una leve disminución de las lluvias junto con un marcado aumento de la concentración de amonio. Del segundo al

tercer mes, un aumento de las precipitaciones similar al aumento de las concentraciones de amonio. Del tercer al quinto mes, se presentó una disminución de las precipitaciones junto con un aumento en las concentraciones de amonio (figura 3).

En este punto de muestreo, no parece haber una relación entre las concentraciones de amonio y las precipitaciones ya que los comportamientos de ambos parámetros fueron erráticos y no fueron consecutivos en ningún momento.

NITRITOS

En los tanques de almacenaje, los nitritos tuvieron un leve aumento del primer al segundo mes, mientras que las precipitaciones tuvieron una leve disminución. Del segundo al tercer mes, se aprecia un drástico aumento de la concentración de los nitritos junto con un aumento en las precipitaciones. Del tercer al cuarto mes, hubo una disminución de las concentraciones de nitritos al mismo tiempo que una disminución en las precipitaciones. Del cuarto al quinto mes, precipitaciones y concentración de nitritos tuvieron un decremento (Figura 21).

En este punto se observó una relación directa de las concentraciones de nitritos con respecto a las precipitaciones en la mayoría de los meses, con excepción del primer mes, donde la relación fue inversa. Esto se puede deber a alguna modificación en la composición de las aguas de este efluentes en el transcurso de ese mes.

NITRATOS

En los tanques de almacenaje, la concentración de nitratos tuvo una disminución importante del primer al segundo mes, mientras que las precipitaciones tuvieron una disminución leve. Entre el segundo y el tercer mes, el aumento de las concentraciones de nitratos fue leve, mientras que el aumento en las precipitaciones fue más marcado. Del tercer al cuarto mes, hubo un aumento de las concentraciones de nitrato más leve que en los meses anteriores, mientras había un aumento de las precipitaciones. Del cuarto al quinto mes, hubo una

disminución leve de las precipitaciones y un aumento marcado de las concentraciones de nitrato (Figura 12).

En este punto hubo una no muy marcada relación directa entre las concentraciones de nitratos y las precipitaciones en la mayoría de los meses, con excepción del último mes.

MUELLE FISCAL

N18°29'34.9"

0088°17'55.0"



Figura 40. Efluente pluvial del muelle.

Este efluente tiene un caudal constante y presenta mal olor, aunque el agua sale cristalina y no aparenta eutrofización. La trayectoria que sigue este efluente, empieza en la avenida Othón P. Blanco donde tiene alrededor de media cuadra de longitud y baja por la calle Benito Juárez hasta llegar a la bahía pasando por el palacio de gobierno (Fig. 36). La zona de influencia de este efluente, cuenta con servicio de alcantarillado (Fig. 37). Sin embargo, esta zona es de las más antiguas de la ciudad por lo que muchos negocios o casas habitaciones están conectados clandestinamente o sus instalaciones de fosas y drenaje están en mala estado ya que esto explicaría las aguas con mal olor.

COLIFORMES FECALES

En este punto, las concentraciones de coliformes fecales fueron dependientes de la precipitación durante los cuatro primeros meses (Figura 31). Se presentó la misma situación que en los puntos anteriores respecto al aumento de la precipitación y la disminución de la concentración de coliformes del segundo al cuarto mes. Del cuarto al quinto mes hubo un aumento significativo en la concentración de los coliformes, mientras una disminución en las precipitaciones. Esto puede ser indicador de que la zona está constantemente influenciada por materia fecal, ya que se puede observar en la gráfica que cuando hubo disminución en la lluvia, la concentración aumentó y cuando disminuyó, siguió aumentando, pero en menor medida.

En este punto hubo una relación inversa a las precipitaciones, es decir que en cada aumento de precipitación, existía un decremento de concentración de organismos coliformes fecales. Esto fue contrario a los resultados de Kocasoy (1999), en cuya investigación aparecía una relación positiva (donde un aumento de las precipitaciones conllevaba a un aumento en la concentración de coliformes fecales) (Figura 31).

Esto demuestra que si ha habido modificación entre el año que se hizo dicho estudio y el año en curso (2007) en este punto, ya sea en el régimen al que se somete o en su trayectoria.

AMONIO

En el muelle fiscal, hubo una menor disminución en las precipitaciones y un marcado aumento de la concentración de amonio del primer al segundo mes. Del segundo al tercer muestreo, se presentó un aumento en las precipitaciones y un ligero aumento en la concentración de amonio. Del tercer al cuarto mes la disminución de la concentración de amonio fue muy marcada a comparación de la disminución que hubo de las precipitaciones. Del cuarto al quinto mes, el aumento de la concentración de amonio fue nuevamente significativo con respecto a la leve disminución de la precipitación (Figura 4).

Este punto no mostró relación directa o inversa con las precipitaciones respecto a las concentraciones de amonio.

NITRITOS

En el muelle, del primer al segundo mes hubo un aumento en las concentraciones de nitritos cuando las precipitaciones presentaron un leve decremento. Del segundo al tercer mes hubo un decremento de las concentraciones de nitritos y un aumento en las precipitaciones. Del tercer al cuarto mes hubo disminución en ambos, concentración de nitritos y precipitaciones. Del cuarto al último mes muestreado, se presentó un aumento marcado de las concentraciones de nitritos y junto con una leve disminución de las precipitaciones (Figura 22).

En este punto no se observó relación entre las concentraciones de nitritos y las precipitaciones.

NITRATOS

En el muelle, hubo un drástico declive en la concentración de nitratos del primer al segundo mes, y un declive leve en las precipitaciones. Del segundo al cuarto mes, hubo un aumento, seguido de un declive de las concentraciones de nitratos que coincidían con un aumento y un declive en las precipitaciones. Del cuarto al quinto mes, hubo una disminución leve de las precipitaciones junto con un aumento de las concentraciones de nitratos (Figura 13).

En este punto la relación de las concentraciones de nitratos fue directa con excepción el periodo entre el cuarto y el último mes. Cabe destacar que en los meses que las precipitaciones fueron abundantes, el comportamiento de las concentraciones de nitratos fueron muy similares, sugiriendo así que los nitratos muestran una modificación cuando las lluvias son abundantes.

FUENTE DEL PESCADOR

N18°29'35.0"

O088°18'35.0"



Figura 41. Efluente pluvial de la fuente del pescador.

Este efluente pluvial pasa por la calle 16 de septiembre, desde la bahía hasta la avenida Ignacio Zaragoza. Desemboca por un canal que se divide en varias salidas hacia la bahía alrededor del monumento al pescador. La mayoría de estas salidas tienen influencia con el agua de la bahía de Chetumal y no se alcanza a notar si realmente hay flujo o no a excepción de los días de marea baja, pero esto se puede corroborar observando las coladeras por las cuales pasa el canal (Fig. 36). Este punto cuenta con el servicio de alcantarillado sanitario (Fig. 37).

COLIFORMES FECALES

En el caso de la fuente del pescador la concentración de coliformes fecales aumentó muy significativamente con un mínimo aumento de precipitaciones del primer al segundo mes, nuevamente en el tercer mes, la concentración bajo de

manera importante por la dilución. En los meses posteriores, la concentración aumentaba casi a medida que disminuía la precipitación. Esto indica que esta zona está sujeta a la influencia de materia fecal constantemente y que si existe una correlación importante con las lluvias (Figura 32).

A diferencia del punto anterior (tanques de almacenaje), este punto coincidió con los resultados de Kocasoy (1999) y la concentración de coliformes fecales aumento en varios de los meses muestreados. Como en la mayoría de los puntos de muestreo. Se presentó una dilución en el tercer, el cual corresponde al muestreo de septiembre, lo que provocó un deceso de la concentración de organismos coliformes fecales. La salida de este efluente es directa en la bahía de Chetumal, por lo que es posible que la muestra para coliformes fecales haya tenido mezcla con el agua de la bahía, lo que puede provocar dilución en la muestra y una baja en la concentración original del efluente, ya que M. Ortiz-Hernández y Saenz-Morales (1997) mencionaron que el agua que sale del efluente, es mezclada a causa de los vientos y mareas inmediatamente.

AMONIO

En este punto, del primer al segundo mes, hubo un aumento de la concentración de amonio junto con la leve disminución de la precipitación. También hubo un aumento en la concentración, no tan marcado como el aumento que hubo en las precipitaciones entre el segundo y el tercer mes. Del tercer al cuarto mes, la disminución de amonio fue más marcada que la disminución que hubo en las precipitaciones y del cuarto al quinto mes (Figura 5).

Este punto mostró relación inversa en cuatro de los meses muestreados. Nuevamente la excepción fue en el tercer mes, que fue en el cual influyo el huracán Deán en el área de estudio.

NITRITOS

En el pescador, del primero al segundo mes hubo un aumento en la concentración de nitritos junto con una disminución leve de las precipitaciones. Del segundo al

tercer mes hubo una disminución de los nitritos y un aumento de las precipitaciones. Del tercer al cuarto mes, se presentó una disminución de la concentración de nitritos, junto con una disminución de las precipitaciones y del cuarto al último mes, se aprecia una disminución leve de las precipitaciones, al mismo tiempo que un aumento drástico en las concentraciones de nitritos.

En este punto no hay relación directa entre la concentración de nitritos y las precipitaciones, aunque cabe destacar que hay un comportamiento constante en los meses muestreados, es decir, en el primer mes, hay un aumento de las concentraciones de nitritos a la misma medida que se da un aumento en el tercer mes respecto a las precipitaciones. Sucede lo mismo durante los dos meses siguientes. A pesar de que el comportamiento es constante, faltan datos de meses anteriores y siguientes para corroborar si dicha relación existe o es casual (Figura 23).

NITRATOS

En el pescador, del primer al segundo mes, hubo un aumento en las concentraciones de nitratos junto con una disminución leve de las precipitaciones. Del segundo al tercer mes, se apreció un aumento de las precipitaciones, junto con una disminución de las concentraciones de nitratos. Del tercer al cuarto mes, hubo un declive en las concentraciones de nitrato, al mismo tiempo que hubo un declive en las precipitaciones, de igual manera fue el comportamiento de los nitratos con respecto a las precipitaciones del cuarto al quinto mes (Figura 14).

En este punto, en un principio no existió relación entre las concentraciones y las precipitaciones. Después del pico de precipitaciones, los nitratos se empezaron a comportar de manera similar a las precipitaciones.

CONGRESO

N18°29'35.25"

O088°17'37.9"



Figura 42. Efluente pluvial del congreso.

Este punto también presenta flujo constante y consta de una serie de coladeras que van desde la avenida Álvaro Obregón hasta la bahía, esto sobre la calle Miguel Hidalgo (Fig.36). También se encuentra en una zona que cuenta con servicio de alcantarillado sanitario (Fig.37). Este punto forma parte de varios efluentes pluviales que se encuentran de la fuente del pescador hasta el congreso y se eligió como punto de muestreo porque es el que presentaba mayor caudal.

COLIFORMES FECALES

En el caso del congreso hubo un aumento en la concentración de organismos coliformes fecales mientras que en las precipitaciones hubo una pequeña disminución. Como en los casos anteriores, en el mes de máximas precipitaciones (septiembre), la concentración de coliformes fecales bajó. Después de septiembre, la concentración siguió disminuyendo hasta alcanzar la concentración mínima de los muestreos. Del cuarto al quinto mes, la precipitación iba disminuyendo mientras que la concentración de coliformes fecales aumentaba. La relación que hubo entre las precipitaciones y las concentraciones de coliformes en este punto, fue similar al de los otros puntos muestreados (Figura 33).

Este punto también tiene contacto directo con el agua de la bahía, por lo que es probable que haya ocurrido lo mencionado en el punto de la fuente del pescador. Según lo investigado por Cano y flores (1990), podemos descartar el hecho de que la salinidad haya afectado las concentraciones de coliformes fecales ya que mencionan en su investigación que este no es un factor determinante.

AMONIO

En el congreso hubo una disminución importante del amonio, junto con una leve de las precipitaciones del primer al segundo mes. Del segundo al cuarto mes, las concentraciones de amonio se comportaron de una manera similar a las de las precipitaciones, teniendo primero un aumento y luego una disminución. Del cuarto al quinto mes, se aprecia un aumento de la concentración de amonio al mismo tiempo que una disminución leve en las precipitaciones (Figura 6).

En los primeros cuatro meses existió una relación directa entre las precipitaciones y las concentraciones de amonio, la excepción fue en el periodo del cuarto al quinto mes, ya que en este periodo la relación resulto inversa, dejando así de coincidir con los meses anteriores. Este hecho sugiere que en el cuarto mes hubo alguna modificación en la composición de las aguas de este efluente.

NITRITOS

En el congreso, se apreció un aumento de la concentración de nitritos al mismo tiempo que un leve decremento en las precipitaciones, mientras que del segundo al tercer mes, las concentraciones de nitritos tuvieron un importante declive, cuando las precipitaciones aumentaban de manera importante. Del tercer al cuarto mes, hubo una disminución de las precipitaciones al mismo tiempo que los nitritos bajaron hasta niveles no detectables y del cuarto al quinto mes, hubo un pequeño aumento de los nitritos mientras las precipitaciones presentaron un ligero decremento. (Figura 24).

En este punto no se aprecia ningún tipo de relación entre las precipitaciones y las concentraciones de nitritos.

NITRATOS

En el congreso, hubo un drástico declive en la concentración de nitratos del primer al segundo mes, y un declive leve en las precipitaciones. Del segundo al cuarto mes, hubo un aumento, seguido de un declive de las concentraciones de nitratos que coincidían con un aumento y un declive en las precipitaciones. Del cuarto al quinto mes, hubo una disminución leve de las precipitaciones junto con un aumento de las concentraciones de nitratos (Figura 15).

En este punto la relación entre las precipitaciones y las concentraciones de nitratos fue directa con excepción en el periodo de entre el cuarto y el quinto muestreo. Nuevamente, a partir del aumento de las precipitaciones, el comportamiento de los nitratos fue muy similar al de las mismas.

LÁZARO CÁRDENAS

N18°30'01.7"

O088°17'2.1"



Figura 43. Efluente pluvial de la calle Lázaro Cárdenas.

Este punto de muestreo se localiza en boulevard bahía con Lázaro Cárdenas. Este efluente está influenciado por alrededor de once cuadras de la calzada Veracruz (Fig. 36) y se encuentra parcialmente en zonas que cuentan con el servicio de alcantarillado (Fig.37). En este punto se localizaron efluentes del manto freático temporales, a un lado del canal por el que sale el agua. Este efluente se encuentra alimentado por aguas que recorren la calzada Veracruz, ya que en esta hay un declive importante por el que bajan las aguas directamente a las coladeras.

COLIFORMES FECALES

En el efluente pluvial de la estación de monitoreo de la Lázaro Cárdenas, la correlación con las precipitaciones fue totalmente inversa y muy marcada (Figura 34). Esto indica que el agua se diluía disminuyendo la concentración de coliformes, lo que sugiere que la contaminación por materia fecal en este punto es constante.

Esto también resulto contrario a lo investigado por Kocasoy (1999). Lo que sugiere que existió alguna modificación en el régimen al que este efluente está sometido, aunque las concentraciones de coliformes fecales en este punto, fueron las más altas de todos los puntos muestreados.

AMONIO

Las concentraciones de amonio tuvieron un declive importante del primer al segundo mes, mientras que el declive en las precipitaciones fue muy leve en el efluente pluvial de la Lázaro Cárdenas. Del segundo al tercer mes el aumento la concentración de amonio al igual que las precipitaciones. Del tercer al cuarto muestreo, hubo una disminución de las precipitaciones y un marcado aumento de la concentración de amonio. Del cuarto al quinto mes, se aprecia una disminución marcada de la concentración y una disminución leve de las precipitaciones (Figura 7).

Este punto mostró relación inversa en cuatro de los meses muestreados. Nuevamente la excepción fue en el tercer mes, que fue en el cual influyo el huracán Deán en el área de estudio.

NITRITOS

En el efluente pluvial de la calle Lázaro Cárdenas, hubo un declive drástico de la concentración de nitritos del primer al segundo mes, mientras las precipitaciones tuvieron una disminución leve. Del segundo al tercer mes, hubo un pequeño aumento en las concentraciones de nitritos y un incremento importante en las precipitaciones. Del tercer al cuarto mes, se presentó un aumento leve en los nitritos y un decremento marcado en las precipitaciones, mientras que del cuarto al

quinto mes, se apreció un ligero aumento en los nitritos y un ligero decremento en las precipitaciones (Figura 25).

En este punto no se aprecia ningún tipo de relación entre las precipitaciones y las concentraciones de nitritos.

NITRATOS

En el punto de muestreo de la Lázaro Cárdenas, del primer al segundo mes, hubo un declive muy marcado en las concentraciones de nitrato en comparación al declive en las precipitaciones. Del segundo al tercer mes, hubo un aumento de las concentraciones de nitratos al mismo tiempo que hubo un aumento en las precipitaciones. Del tercer al cuarto mes, hubo un aumento en las concentraciones de nitratos, al mismo tiempo que una disminución en las precipitaciones. Del cuarto al quinto mes, se aprecia una disminución en las precipitaciones junto con una disminución de los nitratos casi en la misma medida (Figura 16).

En este punto no existió ningún tipo de relación entre las precipitaciones y el comportamiento de las concentraciones de nitratos.

N18°30'24.9"

O088°16'48.5"



Figura 44. Efluente pluvial del jardín boulevard.

Este efluente pluvial es constante y con un caudal importante con respecto a los otros mencionados. Su trayectoria va por la calle Lucio Blanco, hasta 5 cuerdas antes de la calzada Veracruz teniendo ramificaciones en tres partes. Una de ellas es en la calle Heriberto Frías, siguiendo 2 cuerdas a lo largo de estas en dirección a la calzada Veracruz, la siguiente es sobre la calle Luis Moya ocupando 3 cuerdas en la misma dirección y la tercera sobre la calle Felipe Carrillo Puerto. Estas tres ramificaciones se unen con una tubería que se localiza en la calle primo de verdad y sube hasta la calzada Veracruz, ocupando 6 cuerdas de longitud (Fig.36). Esta zona no cuenta con servicio de alcantarillado sanitario (Fig.37).

COLIFORMES FECALES

En este punto no parece existir una correlación constante con las precipitaciones (Figura 35). La concentración de coliformes fecales y la precipitación, se comportaron de manera diferente en cada uno de los meses muestreados. Esto puede indicar que la contaminación existente en este punto es ocasional.

AMONIO

En el jardín boulevard, hubo una importante disminución de las concentraciones de amonio del primer al segundo mes mientras que hubo una disminución leve de las precipitaciones. Del segundo al tercer mes, se aprecia un aumento de las precipitaciones al mismo tiempo que un aumento en la concentración de amonio. Del tercer al cuarto mes, hubo un aumento en las concentraciones y una disminución en las precipitaciones. Del cuarto al quinto mes, hubo un aumento leve de la concentración de amonio y una disminución leve de las precipitaciones.

Dado lo anterior, este punto no muestra ninguna relación constante entre las precipitaciones y las concentraciones de amonio.

NITRITOS

En el muestreo del efluente pluvial localizado en el Jardín Boulevard se presentó un ligero aumento de la concentración de nitritos mientras las precipitaciones disminuyeron de manera leve entre el primer y segundo mes. Del segundo al tercer mes, también hubo un aumento ligero entre las concentraciones de nitritos, pero el aumento de las precipitaciones, fue marcado. Del tercer al cuarto mes, el aumento de los nitritos, fue importante y se dio al mismo tiempo que un decremento de las precipitaciones. Del cuarto al quinto mes, hubo una disminución drástica de la concentración de nitritos, acompañada de una leve disminución de las precipitaciones (Figura 27).

En este punto no se aprecia ningún tipo de relación entre las precipitaciones y las concentraciones de nitritos.

NITRATOS

En el jardín boulevard, del primer al segundo mes, hubo un declive en las concentraciones de nitratos junto con un declive en las precipitaciones. Del segundo al tercer mes, se apreció una disminución en la concentración de nitratos, y un aumento en las precipitaciones. Del tercer al cuarto mes, hubo un leve aumento de las concentraciones de nitratos y una disminución de las precipitaciones. Del cuarto al quinto mes hubo un marcado aumento en la concentración de nitratos al mismo tiempo que una disminución de las precipitaciones (Figura 18).

Este punto mostro una relación inversa muy poco marcada entre las concentraciones de nitratos y las precipitaciones. Se dio una excepción entre el primero y el segundo mes.

EFLUENTES DEL MANTO FREATICO MUESTREADOS

RESTAURANT RICHARDS

N18°29'59.9"

O088°17'02.1"



Figura 45. Efluente del manto freático frente al restaurant Richards.

Este efluente es el más caudaloso de los efluentes del manto freático muestreados. Se encuentra a unos 30 metros a la derecha del efluente pluvial de la estación de monitoreo. Esta situado en una zona de bastante vegetación y es constante todo el año. Su caudal aumenta en los días de lluvia considerablemente. Cuando hay marea alta, no es alcanzado por las aguas de la bahía, siendo así visible todo el tiempo. El área que lo rodea, presenta sedimentos abundantes que forman un canal del efluente, a la bahía donde desembocan las aguas de este efluente. La zona donde se encuentra este efluente, cuenta con el servicio de alcantarillado sanitario.

COLIFORMES FECALES

En este efluente del manto freático se observó una disminución de las precipitaciones junto con un aumento en la presencia de coliformes fecales del primer al segundo mes. Contrario a los otros puntos de muestreo, existió un aumento de la concentración de coliformes fecales junto con el aumento de la precipitación y disminución de la presencia de coliformes al mismo tiempo con una disminución en la concentración del tercero al cuarto mes. Del cuarto al quinto mes, la precipitación disminuyó y la concentración aumentó. La relación que existió entre las precipitaciones y la concentración de coliformes fecales en este punto, fue diferente de los demás efluentes pluviales. Esto demuestra que si es posible que se infiltren organismos coliformes a través del manto freático, y que si se puede considerar una fuente de contaminación para la bahía de Chetumal, sin embargo, las concentraciones de coliformes fecales, se comportan de manera diferente en los efluentes del manto freático respecto los pluviales en cuanto a precipitaciones se refiere (Figura 36).

AMONIO RICHARDS

La disminución de las concentraciones de amonio entre el primer y el segundo mes, fue ligera, tal como la de las precipitaciones en el efluente del manto freático frente al restaurant Richards. Del segundo al tercer mes, el declive del amonio fue muy marcado y contrario al aumento de las precipitaciones. Del tercer al cuarto mes, hubo una disminución de las concentraciones de amonio junto con una disminución de las precipitaciones y del cuarto al quinto mes un aumento de la concentración de amonio junto con una leve disminución de las precipitaciones (Figura 8).

En este punto la relación entre las precipitaciones y las concentraciones de amonio fue directa en un inicio, inversa después, luego nuevamente directa y después nuevamente inversa. Esta relación intercalada no puede aseverar que exista una relación verdadera entre las precipitaciones y las concentraciones de amonio.

NITRITOS

En el efluente del manto freático frente al restaurante Richards se presentó un aumento leve de la concentración de nitritos al mismo tiempo que las precipitaciones disminuían ligeramente del primer al segundo mes. Del segundo al tercer mes, hubo un pico en la concentración de nitritos junto con un aumento marcado en las precipitaciones. Del tercer al cuarto mes, disminuyó la concentración de nitritos al mismo tiempo que disminuían las precipitaciones. Del mismo modo, del cuarto al quinto mes, hubo una disminución leve de las precipitaciones junto con una disminución leve en la concentración de nitritos (Figura 26).

La relación entre las concentraciones de nitritos y las precipitaciones en este efluente del manto freático son directas en todos los meses muestreados.

NITRATOS

En el efluente del manto freático ubicado frente al restaurante Richards, del primer al segundo mes, hubo un notorio declive en las concentraciones de nitritos mientras que en las precipitaciones, el declive fue leve. Del segundo al tercer mes, hubo un aumento en las concentraciones y un aumento en las precipitaciones. Del tercer al cuarto mes, se apreció un aumento en las concentraciones de nitrato y un deceso en las precipitaciones. Del cuarto al quinto mes, se aprecia un declive en las concentraciones de nitrato y un deceso en las precipitaciones (Figura 17).

En este efluente del manto freático, la relación de los nitratos con las precipitaciones fue directa con excepción del tercer mes. Este hecho sugiere que durante ese mes se dio algún proceso que modificó la composición del agua que fluye en este punto.

CLUB CAMPESTRE

N18°30'24.9"

O088°16'36.2"



Figura 46. Efluente del manto freático frente al club campestre.

Este efluente del manto freático, está situado frente al terreno del club campestre, cerca de donde finaliza la avenida Insurgentes. El flujo de este efluente, es constante todo el año. Sus aguas son cristalinas y se encuentra en un área de poca vegetación. Las aguas de este efluente son cristalinas, lo que lo hace atractivo para bañistas. El sedimento es de un color claro y no presenta algún olor desagradable. En esta zona fue colocada una barrera de piedras por los lugareños, con el fin de evitar la mezcla con el agua de la bahía. Cuando la marea sube considerablemente, la zona del efluente se llega a mezclar con el agua de la

bahía. El área donde se encuentra este efluente, no cuenta con servicio de alcantarillado sanitario.

COLIFORMES FECALES

El efluente del manto freático frente al club campestre resulto negativo en la prueba de coliformes fecales en cada uno de los meses. Esto indica que sobre la trayectoria que pasa este efluente antes de llegar a la bahía, no existe ningún lugar por donde haya contaminación fecal, o en su defecto, que la contaminación fecal no traspasa el suelo hasta llegar al manto freático.

AMONIO

En el efluente del manto freático que se encuentra frente al club campestre, hubo un aumento en la concentración de amonio y una disminución en las precipitaciones. Del segundo al tercer mes, se aprecia una disminución en las concentraciones de amonio al mismo tiempo que un aumento en las precipitaciones, de manera inversa, del tercer al cuarto mes, disminuyen las precipitaciones mientras que la concentración de amonio aumenta. Del cuarto al quinto mes, se aprecia una disminución leve de las precipitaciones y una marcada disminución de la concentración de amonio (Figura 10).

Este punto muestra una relación inversa entre las precipitaciones y las concentraciones de amonio del primer al cuarto mes. La excepción se dio en el quinto mes, hecho que sugiere que en ese mes existió una modificación en la composición de las aguas que fluyen en este punto.

NITRATOS

En el efluente del manto freático de la campestre, el aumento drástico en las concentraciones de nitrito que se dio del primer al segundo mes, iba acompañado de una disminución leve de las precipitaciones. Del segundo al tercer mes, se dio una disminución de los nitritos junto con un aumento en las precipitaciones. Del

tercer al cuarto mes, las precipitaciones disminuyeron y la concentración de nitritos también disminuyó. En contraste, del cuarto al quinto mes, las precipitaciones disminuyeron de manera leve y la concentración de nitritos aumentó drásticamente (Figura 28).

En este punto no se aprecia ningún tipo de relación entre las precipitaciones y las concentraciones de nitritos.

NITRATOS

Del primer al segundo mes, se presentó una disminución drástica de la concentración de nitratos mientras que la disminución de las precipitaciones fue leve. Del segundo al tercer mes, hubo un aumento leve de las concentraciones de nitratos mientras que el aumento de las precipitaciones fue más marcado. Del tercer al cuarto mes, se presentó un aumento en los nitritos y un declive más marcado de las precipitaciones. Del cuarto al quinto mes, hubo un declive tanto de las precipitaciones como de las concentraciones de nitratos, aunque la disminución de los nitratos fue más marcada que la de las precipitaciones (Figura 19).

En este efluente del manto freático, no parece haber alguna relación directa o inversa entre las precipitaciones y las concentraciones de nitratos.

Las concentraciones más altas de todos los parámetros, se dieron en los efluentes pluviales y no en los del manto freático, por lo que la hipótesis planteada es falsa.

COEFICIENTES DE CORRELACIÓN

También se estudió la correlación entre cada mes muestreado para tener una idea de cuánto varían las concentraciones de los parámetros entre mes y mes.

agosto-octubre	julio-agosto
0.919936337	0.939087589
agosto-noviembre	julio septiembre
0.919341675	0.861369168
septiembre-octubre	julio-octubre
0.726948368	0.926921062
septiembre-noviembre	julio-noviembre
0.726172792	0.926540195
octubre-noviembre	agosto-septiembre
0.999721206	0.84690495

Tabla 5 Coeficientes de correlación entre los meses muestreados.

En general, en todos los meses se comportaron de manera similar todos los parámetros medidos. El coeficiente de relación entre mes y mes, fue siempre directo y mayor a 0.7. El menor valor de coeficiente de correlación se dio entre los meses de septiembre y noviembre y septiembre y noviembre, con un valor de 0.73. En ambos casos está involucrado el mes de septiembre, que fue el que presentó las precipitaciones más abundantes de todos los meses muestreados. Esto es otro factor que apoya el hecho de que la concentración de los parámetros medidos, si están relacionadas con la abundancia de las precipitaciones tanto en los efluentes pluviales como en los del manto freático.(tabla 5)

Se observó que cada parámetro se comporta de manera distinta en ambos tipos de efluentes y se calculo el coeficiente de correlación comparando cada parámetro con los otros parámetros para hallar alguna relación significativa entre ellos.

amonio-nitritos pluvial	amonio-nitritos freático
--------------------------------	---------------------------------

-0.163730791	-0.647806554
amonio-nitratos pluvial	amonio-nitratos freático
0.165442502	0.432321227
amonio-coliformes pluvial	amonio-coliformes freático
-0.563828463	-0.595709593
nitritos-nitratos pluvial	nitritos-nitratos freático
-0.173645609	-0.495932079
nitritos-coliformes pluvial	nitritos-coliformes freático
0.64604288	0.960766724
nitratos-coliformes	nitratos-coliformes freático
-0.162196991	-0.496956548

Tabla 6. Coeficientes de correlación entre cada parámetro medido en ambos tipos de efluente (pluviales y del manto freático)

En los efluentes pluviales, la correlación entre parámetro y parámetro fue casi nula con excepción de la relación entre nitritos y coliformes fecales, cuyo coeficiente de correlación fue de 0.64 y la de amonio-coliformes fecales, que fue de 0.56. Los valores de correlación de los demás parámetros variaban entre 0.1 y 0.17, lo cual no es una relación importante. (Tabla 6)

El amonio es la forma en la que los organismos de sangre caliente eliminan el nitrógeno. Esto hace lógico el hecho de que estén relacionados los coliformes fecales (que también se encuentran en las heces de animales homeotermos) con las concentraciones de amonio. Los nitritos son la fase intermedia entre el amonio y los nitratos en cuanto nitrificación nos referimos. Esto significa, que las aguas que contienen elevados los nitritos, tuvieron una contaminación a mediano plazo por heces de animales homeotermos. La poca relación con los nitratos se puede

explicar tomando en cuenta que los nitratos son la forma más abundante del nitrógeno en todos los efluentes pluviales muestreados. Si tomamos en cuenta que para convertir los nitratos a nitritos o a amonio se requieren microorganismos, se cuenta con que esto requiere cierto tiempo y cierta concentración de microorganismos y en el trayecto de los efluentes el tiempo ni la concentración es suficiente para que dichos organismos metabolicen los nitratos o al menos una cantidad importante de estos, por lo que no se pueden relacionar de manera muy precisa.

En los efluentes del manto freático la relación entre los parámetros es mucho más marcada que en los efluentes pluviales. Ya que para que el hombre interactúe con el manto freático se requiere atravesar la barrera que representa el suelo. Esto hace más difícil que el ciclo del nitrógeno se vea afectado por actividades antropogénicas, al contrario de los efluentes pluviales, explicando así la diferencia de las correlaciones entre los efluentes del manto freático y los pluviales. Nuevamente se mostro la relación más alta entre los nitritos y los coliformes fecales y la segunda más alta entre el amonio y los coliformes fecales. Esto se puede explicar de la misma manera que para los efluentes pluviales. (Tabla 6)

Amonio pluvial	Nitritos pluvial	Nitratos pluvial	Coliformes pluvial
0.667713064	0.00465145	-0.497378524	-0.750452423
Amonio freático	Nitritos freático	Nitratos freático	Coliformes freático
-0.610977625	0.94984573	-0.20628458	0.917753849

Tabla 7. Coeficientes de correlación con las precipitaciones de cada parámetro en ambos tipos de efluentes.

En general, la mayoría de los parámetros mostraron una correlación ya sea inversa o directa con las precipitaciones. En los efluentes pluviales, los que mostraron mayor relación, fueron los coliformes fecales con un coeficiente de correlación inverso de 0.75 y el amonio con un coeficiente de correlación directo de 0.66. En el caso de los nitritos y los nitratos, el coeficiente de correlación con respecto a las precipitaciones mensuales, fue de 0.004 y de -0.49. El hecho de que los coliformes fecales tengan una relación inversa, pueden explicarse con la dilución como ya se había mencionado antes y la relación directa del amonio, con el hecho de que la lluvia arrastra diversos materiales que contienen amonio, ya sea productos de limpieza o animales en descomposición. Y también se explica con el hecho de que la lluvia contiene amonio de manera natural (Osvaldo Cuesta-Santos et. al. 1996). En el caso de los nitritos, la relación con las precipitaciones fue muy cercana a 0, es decir que es casi nula. Tomando en cuenta que los nitritos constituyen el paso intermedio entre los nitratos y el amonio, el nitrógeno pasa poco tiempo en esta forma, de modo que es difícil establecer una relación.(Tabla 7)

En el caso de los efluentes del manto freático, la relación con los parámetros medidos fue más marcada que en los efluentes pluviales. A diferencia de los efluentes pluviales, el coeficiente de correlación de las precipitaciones con los nitritos, fue de 0.94 y fue una relación directa, esto puede significar que en el manto freático la infiltración del agua es lo suficientemente lenta para que el nitrógeno que entra se vaya reduciendo a nitritos a medida que llega al manto freático. Los coliformes fecales también tuvieron una relación muy fuerte con las precipitaciones. Esto puede significar que en el manto freático existen las condiciones necesarias para que vivan microorganismos como los coliformes fecales, nitrificantes o desnitrificantes. El amonio también presentó una correlación directa importante con un valor de 0.61. (Tabla 7)

De manera general, comparando el comportamiento de los promedios de cada parámetro tanto en los efluentes pluviales como los del manto freático, se comprobó el tipo de relación que existe en general.

AMONIO	NITRITOS	NITRATOS	COLIFORMES
-0.458082898	-0.013450765	0.776436504	-0.637460349

Tabla 8. Coeficientes de correlación entre los tipos de efluente (pluviales y del manto freático)

El comportamiento de los nitritos fue drásticamente diferente entre los efluentes del manto freático y los pluviales. En general los nitritos, presentaron comportamientos singulares en cada una de las comparaciones que se hicieron. Ya que se comportan de manera errática en comparación a los otros parámetros medidos, no se pueden sacar conjeturas consistentes de este parámetro.

El amonio mostro una correlación de 0.45 entre los efluentes pluviales y los del manto freático, si bien, no es un valor muy alto, indica que si existe una relación inversa aunque sea mínima ente el comportamiento del amonio en ambos tipos de efluentes muestreados. (Tabla 8)

Los nitratos se comportaron de manera similar en ambos tipos de efluentes, pluviales y del manto freático, su coeficiente de correlación fue de 0.77, esto indica una importante correlación directa. Los nitratos son la forma de nitrógeno más abundante en todos los efluentes. (tabla 8)

Los coliformes fecales se comportaron de manera inversa en ambos tipos de efluentes.

CONCLUSIONES

COLIFORMES FECALES

La mayor concentración de coliformes fecales, se dio en el punto de la estación de monitoreo de la calle Lázaro Cárdenas. Este se puede considerar el punto más contaminado por coliformes fecales de todos los puntos muestreados. En contraste, el efluente del manto freático que se encuentra frente al club campestre, presentó concentraciones nulas en todos los meses muestreados y se reconoce como el efluente en el que menos riesgo existe de contraer enfermedades por organismos coliformes fecales.

Fuera del efluente del manto freático del club campestre, los puntos de muestreo, presentan concentraciones arriba de las permitidas por los CECA, en los otros puntos, la concentración circundaba los 23 y los 210 NMP/cm³. En los efluentes pluviales, la relación con la precipitaciones fue notoria en la mayoría de los casos, con lo que se puede concluir que si hay una influencia de las lluvias con las concentraciones de organismos coliformes fecales que desembocan en la bahía de Chetumal.

En el caso de los efluentes del manto freático, se hace notorio que si es posible que exista infiltración de organismos coliformes fecales a través del manto freático. Sin embargo se comporta de manera diferente a los efluentes pluviales.

El mes que presentó las mayores concentraciones de organismos coliformes fecales, fue agosto. Este mes fue en el que hubo menor precipitación, de los meses muestreados.

En el mes de septiembre se presentaron las menores concentraciones de organismos coliformes fecales. También fue el mes que presentó más precipitaciones con respecto a los otros meses muestreados.

Con esto se puede concluir que si existe una relación entre las precipitaciones y las concentraciones de coliformes fecales que salen de los efluentes. Los resultados mostraron que el aumento en las precipitaciones provocan una dilución que disminuye las concentraciones de organismos coliformes fecales, y mientras

existe una ausencia, o poca frecuencia de las precipitaciones, las concentraciones de coliformes fecales, se mantendrán más altas en las zonas influenciadas por los efluentes.

Los resultados obtenidos nos muestran que las mayores concentraciones de coliformes fecales aportadas a la Bahía de Chetumal entre efluentes pluviales y del manto freático, corresponden a los pluviales. Esta afirmación corresponde solo en comparación con los efluentes del manto freático localizados en la zona costera de la Bahía de Chetumal, ya que se encontraron también otros efluentes difusos temporal y espacialmente en los que no se tomaron muestras por no ser constantes. También se han observado efluentes conocidos como “ojos de agua” que existen lejos de la costa y también son difusos.

NITRATOS, NITRITOS Y AMONIO

El mes que presentó la mayor suma de las concentraciones de amonio, fue septiembre. En este mes fue en el que se presentaron las mayores precipitaciones de todos los meses muestreados.

El mes que presentó la menor suma de las concentraciones de amonio fue octubre, mes en el cual se presentaron las lluvias más abundantes después del mes de septiembre.

Es posible que esto se deba a que la materia vegetal en descomposición que quedo después del huracán Deán, se haya arrastrado en forma de amonio hacia los efluentes y esto haya provocado estos niveles de amonio durante el mes de septiembre. Para el mes de octubre, la mayoría de la materia orgánica ya se debía haber descompuesto y tal vez eso explique que en ese mes se den las menores concentraciones, ya que la dilución fue mayor que en los otros meses.

Las concentraciones más altas de los cinco meses muestreados, se dieron en el efluente del manto freático que se encuentra frente al restaurant Richards. Las menores se dieron en el efluente pluvial de la colonia dina.

Para este parámetro, existió relación directa entre las precipitaciones y las concentraciones de amonio en la dina y en el congreso y relación inversa en el pescador, en el congreso y en el efluente del manto freático del frente al club campestre. En general, existió algún tipo de relación en 5 de los nueve puntos de muestreo entre las concentraciones de amonio y las precipitaciones, ya sea inversa o directa, pero en los cinco casos hubo al menos una excepción, la mayoría de las veces fue en el tercer mes, que fue donde pudo haber influencia por la materia en descomposición que quedó tras el paso del huracán Deán.

En el caso de los nitritos, los valores más altos se dieron en el mes de julio, uno de los meses donde se presentaron menos precipitaciones. Los más bajos, se dieron en el mes de noviembre.

Respecto a los nitritos, parecen no tener una influencia importante por parte de las precipitaciones.

Las concentraciones promedio más altas, se dieron en el efluente pluvial de los tanques de almacenamiento y los más bajos en el efluente del manto freático que se encuentra frente al club campestre.

En cuanto a los nitritos, el efluente del manto freático que se encuentra frente al restaurant Richard mostro una relación directa en todos los meses muestreados. En el efluente pluvial de los tanques de almacenamiento, también existió una relación directa, pero con una excepción del primer al segundo mes.

En el caso de los nitratos, las mayores concentraciones se dieron en el mes de julio. Este mes es el que presentó las menores precipitaciones después de agosto.

Las menores se dieron en el mes de agosto, en este mes se dieron las menores precipitaciones de todos los meses muestreados.

Comparando las concentraciones de nitritos obtenidas cada mes, no parece haber alguna relación sólida con las precipitaciones.

Los valores más altos de nitratos, se observaron en el efluente pluvial de la fuente del pescador y los más bajos en el efluente del manto freático que se encuentra frente al restaurante Richards.

En siete de los nueve puntos muestreados, se apreció un comportamiento de los nitratos, relativo al de las precipitaciones ya sea de manera directa o inversa. Este hecho solo se dio en los meses donde la abundancia de las precipitaciones tuvo cambios drásticos.

Ninguno de los puntos de muestreo presentó valores promedio de nitratos arriba de los 5 mg/l (valor máximo permitido por los CECA para uso recreativo). Esto quiere decir que los efluentes del manto freático o pluviales, no representan un riesgo prioritario para la eutrofización de la bahía, ya que los nitratos son la forma más asimilable para los organismos que causan la eutrofización. Tomando en cuenta que fuera de la temporada de lluvias las concentraciones aumentan, es posible que en realidad si exista una tendencia a la eutrofización.

Se encontraron varios puntos donde la concentración de coliformes fecales rebaso lo dispuesto por la norma oficial mexicana. Esto indica que si hay contacto en los efluentes con materia fecal.

Los efluentes del manto freático, aportaron las menores concentraciones de nitratos de todos los puntos muestreados y representan menor importancia que los efluentes pluviales respecto a la eutrofización.

El efluente del manto freático frente al restaurante Richards, muestra influencias de contaminación antropogenica en un bajo grado. Esto indica que en uno o varios puntos por los que pasa este efluente existe infiltración de contaminantes. En contraste, el efluente del manto freático frente al club campestre mostró valores nulos en coliformes fecales y valores dentro del rango normal de formas inorgánicas de nitrógeno.

REFERENCIAS

Auditoría general de la nación (AGN) – república argentina. 1998. Informes y estudios sobre la problemática del agua – Investigación y análisis de los antecedentes de la problemática del agua subterránea en el Área Metropolitana. Documento Técnico N° 12, 24-26, 59.

Díaz, F. M. 1985. “Contaminación de las Aguas Subterráneas por Nitratos – Situación existente en el Aglomerado Bonaerense”, Anales del XII Congreso Nacional del Agua, Tomo III (a), CONAGUA 85, Mendoza, República Argentina, 1985, 21.

Dickson R. T. 1980 Química. Enfoque ecológico. Limusa. México.

Flores Rodríguez, J.R., J.J. García Domínguez. 2001. Resumen de los Estudios de la Calidad del Agua de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. 1988-2000. Secretaría de Marina, Armada de México, Quinta Región Naval Militar, Sector Naval de Chetumal. Chetumal, Quintana Roo, México.

Fernández N. R. 2005. Estudio de la concentración de nitratos, nitritos y amonio en el agua de consumo del partido de moreno – provincia de buenos aires.

Greenberg, Arnold 1999. American Public Health Association Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

INEGI, 2005. II Censo de Población y Vivienda de Othón P. Blanco. Quintana Roo, México.

Kocasoy 1999. Effects of Organic Material and Distribution of Fecal Coliforms in Chetumal Bay, Quintana Roo, México El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), A.P. 424, Chetumal, Quintana Roo.

Navarro L., D. 1995. Balneario Dos Mulas. Boletín Informativo "Caribe", Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales Y Pesca. Delegación Chetumal, Quintana Roo, México, número 6, 5 p.

NMX-AA-42-1987(Calidad del agua. Determinación del numero más probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales.)

NMX-AA-099-SCFI-2006 (análisis de agua – determinación de nitrógeno de nitritos en aguas naturales y residuales – métodos de prueba (cancela a la NMX-AA-099-1987)

Ortiz Hernández, M. C. and R. Sáenz Morales. 1999. Effects of organic material and distribution of fecal coliforms in Chetumal bay, Quintana Roo, Mexico. Environmental Monitoring and Assessment. 55: 423-343.

Ortiz H., M. C. y J.R. Sáenz. 1997. Detergents and orthophosphates inputs from urban discharges to Chetumal Bay, Quintana Roo, Mexico. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 59: 486-491.

Oswaldo Cuesta-Santos, María González, Paulo Ortiz y Arnaldo Collazo 1996, Centro de Investigaciones del Medio Ambiente Atmosférico (CIMAA) del Instituto de Meteorología. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Apto 17032 C.P. 11700, Habana 17, Cuba.

Pacheco A.J. 2003. Determinación y prueba de un índice de contaminación por nitratos en el acuífero cárstico de Yucatán, México. Informe técnico final.

Pacheco A.J. y Graniel C.E. 2003. Evaluación de la calidad del agua subterránea en los sistemas de abastecimiento, en los municipios que conforman la ruta crítica del huracán Isidoro, en el estado de Yucatán. Informe técnico en revisión.

Pérez y Pacheco. 2004. Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán. Artículo de Investigación 8-1 33-42.

Roberto Chim Interian. 2001. Condiciones actuales de la infraestructura de alcantarillado pluvial. CAPA. Coordinación de planeación y desarrollo. Archivo de CAD.

Saenz calvo, M. 1999. Ingeniería del medio ambiente aplicada al medio natural continental. Segunda Edición. (Ediciones Mundi – Prensa, 1999).

Schindler D. 1974. Eutrophication and recovery in experimental lakes: implications for lake management. Science 184: 897-899.

SESA. 2000. Monitoreo de la contaminación de la Bahía de Chetumal. Departamento de Salud Ambiental. Secretaría de Salud del Estado de Quintana Roo. Chetumal, Q. Roo, México. Archivo.

Sasson, A. 1993 la alimentación del hombre del mañana, UNESCO. Reverte S.A.

Artículos Internet

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2004. Reseña Toxicológica del Amoníaco (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública.(http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs126.html)*

Chávez 2007 Hallan cadáveres de manatí y delfín en bahía de Chetumal; posible contaminación. La jornada 28 de Mayo de 2007.(<http://www.jornada.unam.mx/2008/05/25/index.php?section=estados&article=026n2est>)*

Contaminación fecal en aguas-Medioambiente. Degradación medioambiental. Materia orgánica. Indicadores químicos y biológicos: cloruro, amonio, nitrito. Aguas de uso. Consumo (<http://html.rincondelvago.com/contaminacion-fecal-en-aguas.html>)*

FORECA 12/12/07 17:30 hrs. datos meteorológicos (<http://clima.msn.com/local.aspx?wealocations=wc:MXQR0133>)

Miliarium Aureum 2001, 2004, S.L.
(<http://www.miliarium.com/Monografias/Nitratos/Welcome2.asp>)*

Moreau et al. 1998 generalidades de los nutrientes y su modelado
(http://www.tesisenxarxa.net/TESIS_UB/AVAILABLE/TDX-0521104-124904//2.NUTRIENTES.pdf)

Enrique Movellan 2003 Trabajo final de tesis: Modelado de la cuña estuarina salina y del flujo de nutrientes en el tramo estuarino del río ebro.
(http://www.tdr.cesca.es/TDX-0521104-124904/index_cs.html)*

PORTAL DE OTHÓN P. BLANCO, 2006. Características generales, fecha de consulta: 20 de Mayo de 2007, (<http://www.chetumal.gob.mx/>
<http://www.opb.gob.mx/municipio/>).

*Paginas Revisadas por última vez el 14 de junio de 2008.

ANEXOS

ANEXO 1: Gráficas del comportamiento mensual de cada parámetro en los puntos de muestreo.

COLIFORMES FECALES

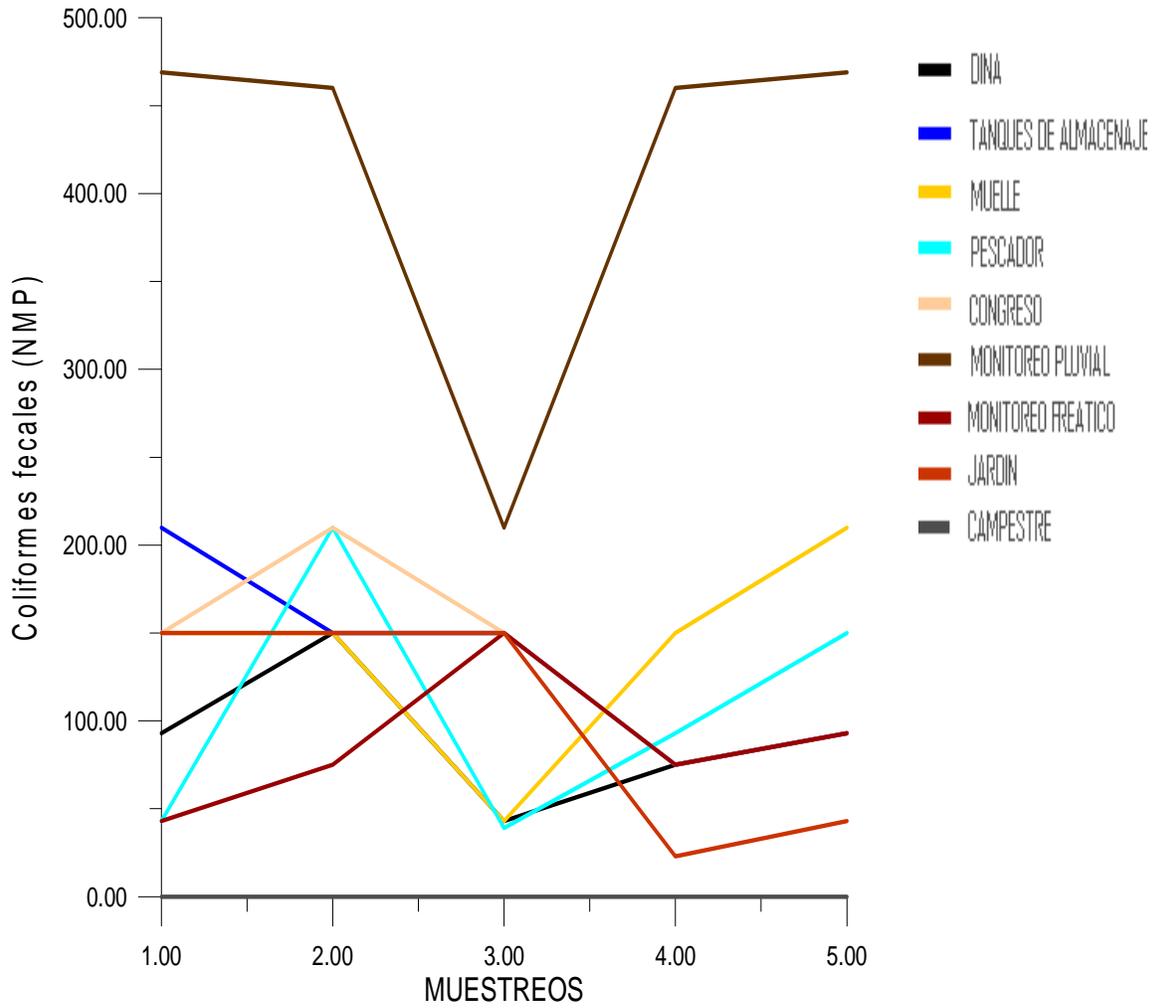


Figura 45. Comportamiento de las concentraciones de los coliformes fecales mensualmente en los diferentes puntos de muestreo.

AMONIO

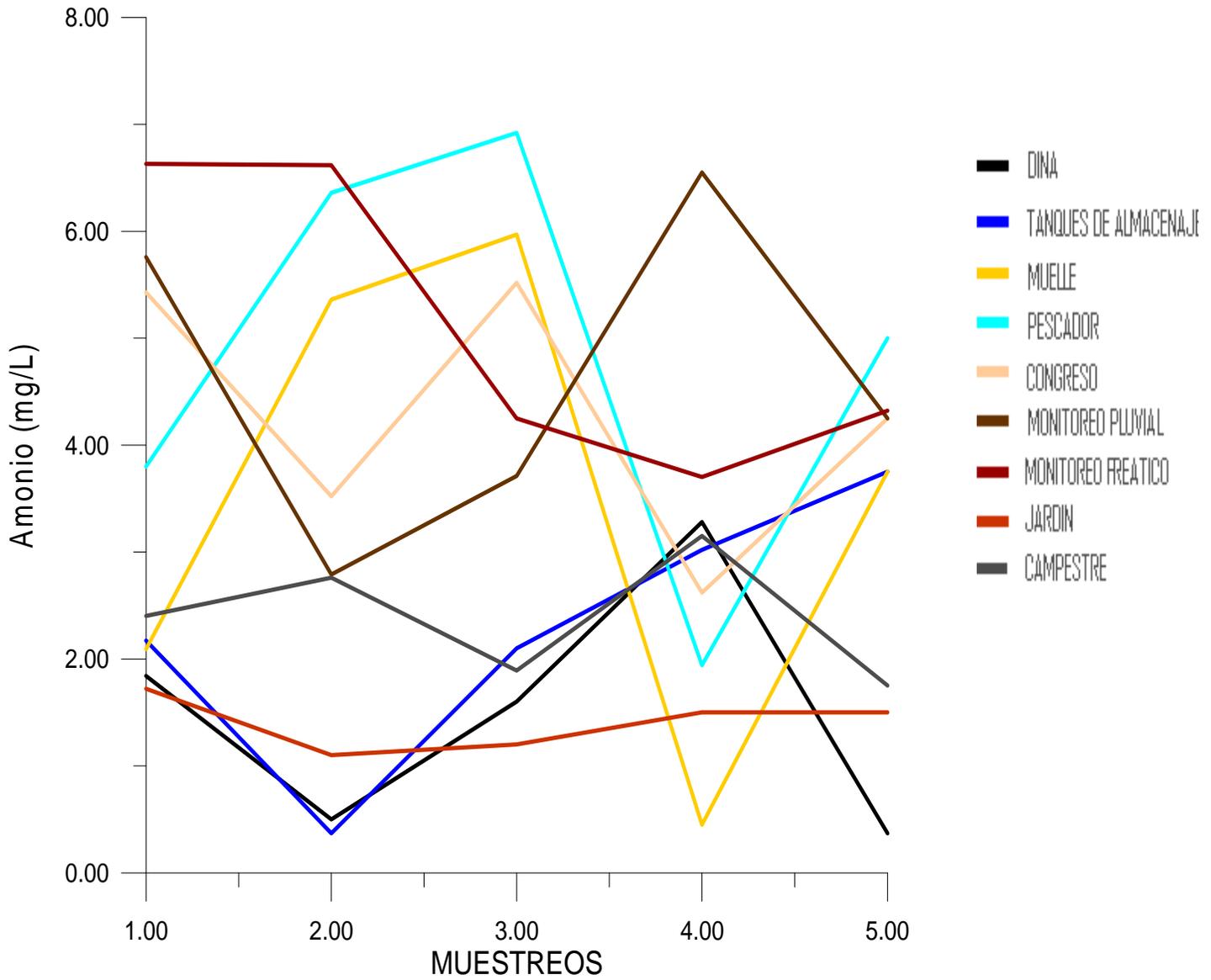


Figura 46. Comportamiento de las concentraciones del amonio mensualmente en los diferentes puntos de muestreo.

NITRATOS

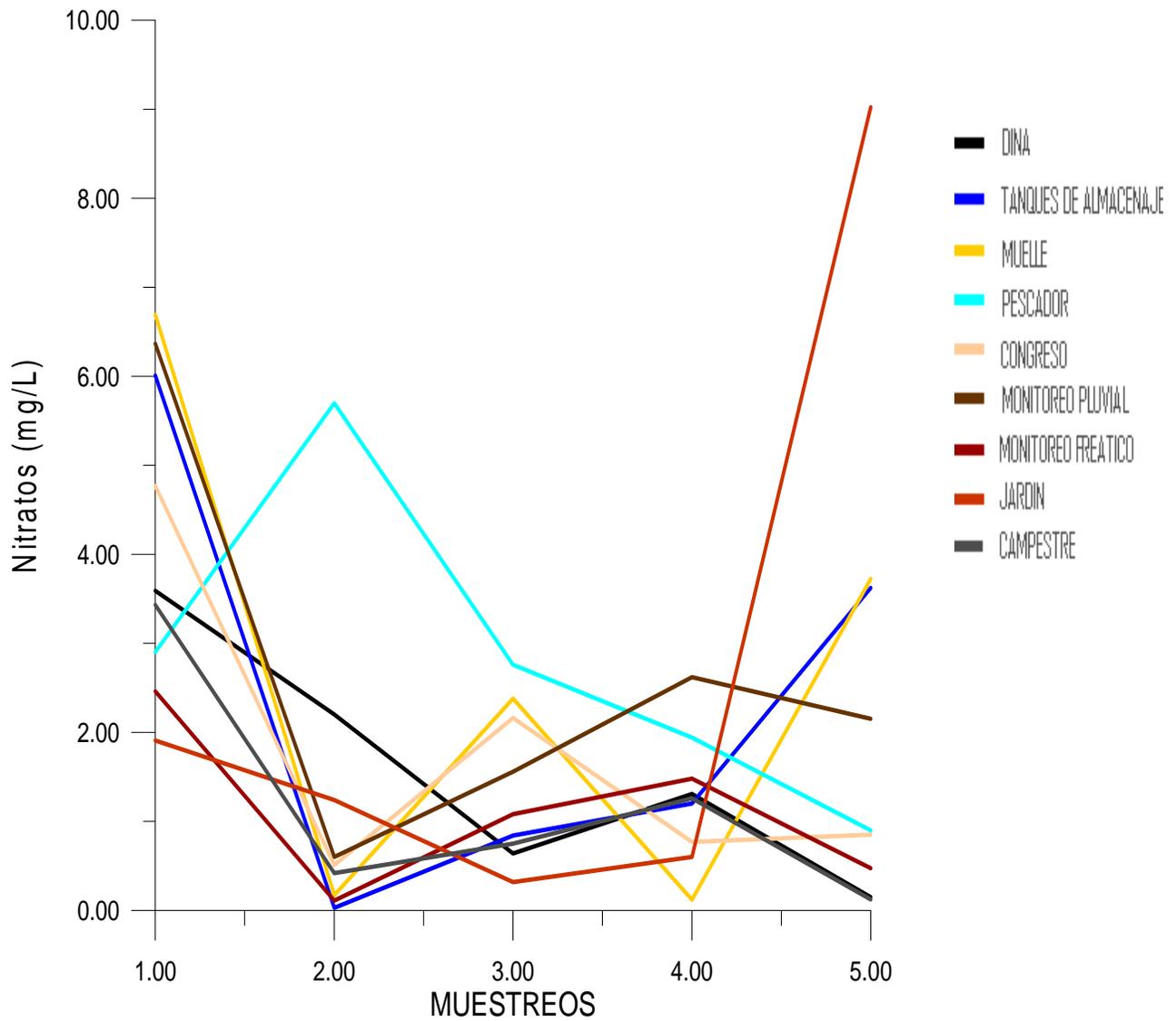


Figura 47. Comportamiento de las concentraciones de los nitratos mensualmente en los diferentes puntos de muestreo.

NITRITOS

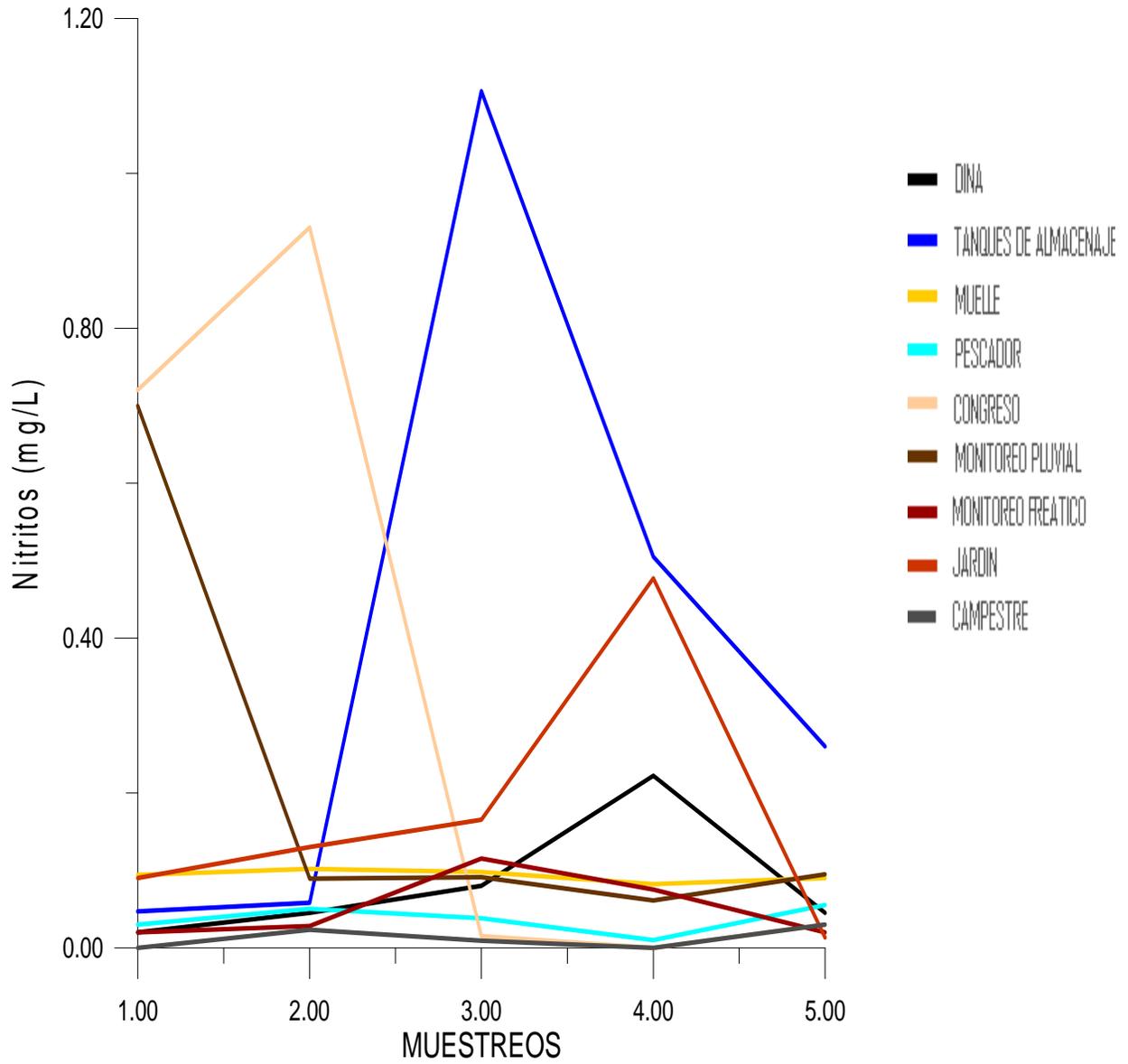


Figura 48. Comportamiento de las concentraciones de los nitritos mensualmente en los diferentes puntos de muestreo.

ANEXO 2 PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS PROMEDIO

TABLA 9: PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS PROMEDIO PARA JULIO

jul 1	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.32 cm		
jul 2	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.32 cm		
jul 3	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.32 cm		
jul 4	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.32 cm		
jul 5	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.32 cm		
jul 6	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.32 cm		
jul 7	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.32 cm		
jul 8	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.32 cm		
jul 9	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.32 cm		
jul 10	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.31 cm		
jul 11	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.31 cm		
jul 12	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.31 cm		
jul 13	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.31 cm		
jul 14	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.3 cm		
jul 15	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.3 cm		
jul 16	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.3 cm		
jul 17	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.29 cm		
jul 18	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.29 cm		
jul 19	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.29 cm		

jul 20	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.28 cm		
jul 21	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.28 cm		
jul 22	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.28 cm		
jul 23	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.27 cm		
jul 24	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.27 cm		
jul 25	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.26 cm		
jul 26	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.26 cm		
jul 27	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.26 cm		
jul 28	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.25 cm		
jul 29	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.25 cm		
jul 30	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.25 cm		
jul 31	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.24 cm		

TABLA 10: TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES PROMEDIO PARA AGOSTO

ago 1	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.24 cm	
ago 2	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.24 cm	
ago 3	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.23 cm	
ago 4	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.23 cm	
ago 5	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.23 cm	
ago 6	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.23 cm	
ago 7	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.22 cm	
ago 8	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.22 cm	
ago 9	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.22 cm	
ago 10	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.22 cm	
ago 11	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.22 cm	
ago 12	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.22 cm	
ago 13	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.22 cm	
ago 14	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.21 cm	
ago 15	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.21 cm	
ago 16	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.21 cm	
ago 17	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.21 cm	
ago 18	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.21 cm	
ago 19	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.21 cm	
ago 20	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.22 cm	
ago 21	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.22 cm	
ago 22	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.22 cm	
ago 23	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.22 cm	
ago 24	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.22 cm	

ago 25	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.22 cm		
ago 26	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.23 cm		
ago 27	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.23 cm		
ago 28	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.23 cm		
ago 29	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.23 cm		
ago 30	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.24 cm		
ago 31	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.24 cm		

TABLA 11: TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES PROMEDIO PARA SEPTIEMBRE

sep 1	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.24 cm		
sep 2	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.25 cm		
sep 3	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.25 cm		
sep 4	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.26 cm		
sep 5	Prom. bajo: 25°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.26 cm		
sep 6	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.27 cm		
sep 7	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.27 cm		
sep 8	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.28 cm		
sep 9	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 33°	Prom. precip.: 0.28 cm		
sep 10	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.29 cm		
sep 11	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.29 cm		
sep 12	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.3 cm		
sep 13	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.3 cm		
sep 14	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.31 cm		
sep 15	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.31 cm		
sep 16	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.32 cm		
sep 17	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.32 cm		
sep 18	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.33 cm		
sep 19	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.33 cm		
sep 20	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.34 cm		

sep 21	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.34 cm		
sep 22	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.35 cm		
sep 23	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.35 cm		
sep 24	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.35 cm		
sep 25	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.36 cm		
sep 26	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.36 cm		
sep 27	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.36 cm		
sep 28	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.36 cm		
sep 29	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.37 cm		
sep 30	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.37 cm		

TABLA 12 TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES PROMEDIO PARA OCTUBRE

oct 1	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.37 cm		
oct 2	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.37 cm		
oct 3	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.37 cm		
oct 4	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.37 cm		
oct 5	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.37 cm		
oct 6	Prom. bajo: 24°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.36 cm		
oct 7	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.36 cm		
oct 8	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.36 cm		
oct 9	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.36 cm		
oct 10	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.35 cm		
oct 11	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.35 cm		
oct 12	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.35 cm		
oct 13	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.35 cm		
oct 14	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 32°	Prom. precip.: 0.34 cm		
oct 15	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.34 cm		
oct 16	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.34 cm		
oct 17	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.33 cm		
oct 18	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.33 cm		
oct 19	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.32 cm		
oct 20	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.32 cm		

oct 21	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.32 cm		
oct 22	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.31 cm		
oct 23	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.31 cm		
oct 24	Prom. bajo: 23°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.31 cm		
oct 25	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.3 cm		
oct 26	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.3 cm		
oct 27	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.3 cm		
oct 28	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.29 cm		
oct 29	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.29 cm		
oct 30	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.29 cm		
oct 31	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.28 cm		

TABLA 13: TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES PROMEDIO PARA NOVIEMBRE

nov 1	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.28 cm		
nov 2	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.28 cm		
nov 3	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.28 cm		
nov 4	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.28 cm		
nov 5	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 31°	Prom. precip.: 0.28 cm		
nov 6	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.28 cm		
nov 7	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.28 cm		
nov 8	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.28 cm		
nov 9	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		
nov 10	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		
nov 11	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		
nov 12	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		
nov 13	Prom. bajo: 22°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		
nov 14	Prom. bajo: 21°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		
nov 15	Prom. bajo: 21°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		
nov 16	Prom. bajo: 21°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		
nov 17	Prom. bajo: 21°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		
nov 18	Prom. bajo: 21°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		
nov 19	Prom. bajo: 21°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		
nov 20	Prom. bajo: 21°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		

nov 21	Prom. bajo: 21°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		
nov 22	Prom. bajo: 21°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		
nov 23	Prom. bajo: 21°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		
nov 24	Prom. bajo: 21°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		
nov 25	Prom. bajo: 21°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.27 cm		
nov 26	Prom. bajo: 21°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.26 cm		
nov 27	Prom. bajo: 21°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.26 cm		
nov 28	Prom. bajo: 21°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.26 cm		
nov 29	Prom. bajo: 21°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.26 cm		
nov 30	Prom. bajo: 20°	Prom. alto: 30°	Prom. precip.: 0.26 cm		

DATOS ALIMENTADOS POR FORECA

GLOSARIO

Agua residual

Líquidos derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales.

Ambiente

Las condiciones naturales que pueden esperarse en las aguas no afectadas o no influenciadas por las actividades humanas.

Amonio

Ion, de fórmula NH_4 , fácilmente asimilable por las plantas, que obtienen de él el nitrógeno necesario, partiendo de su transformación por las bacterias oxidantes, nitrosomonas, en nitritos transformados a su vez en nitratos por las nitrobacter.

Calidad del agua

El término calidad del agua es relativo, referido a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas. Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada.

Alcantarillado

Se denomina alcantarillado o red de alcantarillado (del árabe *al - qantara*, el acueducto) al sistema de estructuras y tuberías usados para el transporte de aguas servidas (alcantarillado sanitario), o aguas de lluvia, (alcantarillado pluvial) desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se disponen o tratan.

Coliformes fecales

Grupo bacteriano presentes en los intestinos de los mamíferos y los suelos, que representan una indicación de la contaminación fecal del agua. Son fáciles de identificar y contar en laboratorio por su capacidad de fermentar la lactosa.

Coliformes totales

No todos los coliformes son de origen fecal, por lo que se hizo necesario desarrollar pruebas para diferenciarlos a efectos de emplearlos como indicadores de contaminación. Se distinguen, por lo tanto, los coliformes totales, que comprende la totalidad del grupo

Columna de agua

Se trata de una porción vertical que va desde la superficie hasta el fondo de un cuerpo de agua y tiene dimensiones a conveniencia del usuario de largo y ancho y de alto o profundo dependiendo del cuerpo de agua.

Concentración

La concentración es la magnitud química que expresa la cantidad de un elemento o un compuesto por unidad de volumen.

Contaminación fecal

Tipo de contaminación orgánica que corresponde a concentraciones elevadas de materia fecal originado por animales homeotermos. Esta se mide por la presencia de coliformes termotolerantes.

Contaminantes

Toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

Desechos

Material en cualquier estado físico, generalmente considerado como no peligroso, que se utilizó y aunque esté completo, entero (o casi nuevo), ya no tiene o no se le quiere dar la utilidad que puede seguir teniendo.

Drenaje pluvial

Red de alcantarillas utilizado particularmente para capturar las escorrentías de origen pluvial (lluvias) para después ser descargadas en un cuerpo de agua.

Ecosistema

Conjunto de seres vivos y sustancias inertes que actúan recíprocamente intercambiando materiales; funciona como un sistema cerrado por lo que respecta a la materia y como un sistema abierto para la energía que proviene del sol.

Efluente

Algo que fluye; o material de desecho (como humo, líquido industrial de desecho, o aguas hervidas) que es descargado en el medio ambiente, especialmente como un contaminante.

Estuarios

Regiones de interacción entre ríos y aguas oceánicas cercanas a la costa donde la acción de las mareas y el flujo de los ríos crea una mezcla de agua dulce y agua salada. Estas áreas pueden incluir bahías, bocas de ríos, marismas y lagunas. Estos ecosistemas de aguas salobres protegen y alimentan la vida marina, aves y fauna.

Factor limitante

Recurso cuya demanda es mayor que la oferta, limitándose por lo tanto el crecimiento, abundancia o distribución de la población de una especie en un ecosistema.

Fosa séptica

Las fosas sépticas son unidades de tratamiento primario de las aguas negras domésticas; en ellas se realiza la separación y transformación físico-química de la materia sólida contenida en esas aguas. Se trata en efecto de una forma sencilla y barata de tratar las aguas negras y está indicada (preferentemente) para zona rural o residencias aisladas; Sin embargo, el tratamiento no es tan completo como en una estación para tratamiento de aguas negras.

Indicador

Una variable de un sistema que puede ser objeto de seguimiento, a fin de tener una medición del estado del sistema en un momento determinado. Cada uno de los indicadores debe estar vinculado a uno o más puntos de referencia y utilizados para realizar seguimiento del estado de la objeto de interés en relación a los puntos de referencia mencionados.

Manto freático

Cuerpo de agua de infiltración en el subsuelo que se encuentra ubicado a poca profundidad, generalmente a unos pocos metros de la superficie.

Materia orgánica

Comprende a las moléculas naturales y artificiales, que contienen carbón e hidrógeno. Toda la materia viva presente en el agua, es de moléculas orgánicas.

Metahemoglobinemia

Enfermedad clínica que surge de la excesiva conversión de hemoglobina a metahemoglobina, que es incapaz de enlazar y transportar oxígeno.

Nitratos

Son nutrientes fácilmente asimilables por las plantas, por lo que son utilizadas como fertilizantes. Los aportes de nitratos al mar y al agua de ríos y lagos favorecen el crecimiento de algas (eutrofización).

Nitritos

Constituyen un producto intermedio en la oxidación biológica del amoníaco a nitratos (proceso de nitrificación). El nitrito impide el transporte de oxígeno por la sangre y puede causar envenenamientos graves, e incluso mortales.

Nutrientes

Elementos o compuestos que son esenciales para el crecimiento animal y vegetal. El término se aplica generalmente al nitrógeno y al fósforo en las aguas de desecho pero también se aplica a otros elementos esenciales y oligoelementos.