

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ESTUDIO PARA LA DESCONTAMINACIÓN DEL DREN  
CP-2, MUNICIPIO DIEGO BAUTISTA URBANEJA,  
ESTADO ANZOÁTEGUI.”**

REALIZADO POR:  
**DÍAZ GUZMÁN, ISABEL CRISTINA  
NAIME VELÁSQUEZ, SANDY ELENA**

Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente como  
requisito parcial para optar al título de:

**INGENIERO CIVIL  
Barcelona, Febrero 2010.**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ESTUDIO PARA LA DESCONTAMINACIÓN DEL DREN  
CP-2, MUNICIPIO DIEGO BAUTISTA URBANEJA,  
ESTADO ANZOÁTEGUI.”**

ASESOR ACADÉMICO:

---

**Ph D. Ana Ghanem**

**Barcelona, Febrero 2010.**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ESTUDIO PARA LA DESCONTAMINACIÓN DEL DREN  
CP-2, MUNICIPIO DIEGO BAUTISTA URBANEJA,  
ESTADO ANZOÁTEGUI.”**

**El Jurado hace constar que asignó a esta tesis la calificación de:**

---

Ph D. Ana Ghanem  
Asesor Académico

---

**Prof. Hilda Morales**  
Jurado Principal

---

**Prof. Marielys Gómez**  
Jurado Principal

**Barcelona, Febrero 2010.**

## **RESOLUCIÓN**

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado

“Los trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo del Núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario”

## DEDICATORIA

En primer lugar a Dios, por iluminarme el camino hacia el logro de mis metas a lo largo de toda mi vida.

A mis padres Nasser e Yngrid, por todo el amor que me han brindado, por la confianza y fe que siempre han depositado en mí, y por ser la mayor fuente de motivación a la superación y el mejor ejemplo a seguir que puedo pedir. Los amo desde el fondo de mi corazón.

A mis hermanas Martha y Cindy, por acompañarme en las buenas y en las malas, y porque sin su apoyo, consejos y ayuda, no sería la persona que soy hoy en día. Las quiero muchísimo.

A mis abuelos que sé desde el cielo cuidan mis pasos. A mis abuelas, tíos, primos y toda mi familia, por estar siempre pendiente de mi y sus buenos deseos en cada proyecto que emprendo. Siempre los llevo en mi corazón.

A mis amigos de Puerto Ordaz, que a pesar de la distancia siempre han estado a mi lado en todo momento, y en especial a Crismaly, Sara, Ilein, Astrid, María Ifigenia y Elsa, por su apoyo incondicional y por una amistad tan especial a lo largo de todos estos años.

A mis compañeros de tesis Isabel, Miguel y Victor, por nuestra bella amistad y por su paciencia, apoyo e ímpetu para la realización de este trabajo. Sé que sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.

Al resto de la familia de estructuras: Jessica, Roxy y Lauvict por las infinitas horas de estudios, por su confianza, consejos y por estar a mi lado en los momentos más difíciles de nuestra carrera.

A todos mis amigos y compañeros de clases de la UDO, que contribuyeron de alguna manera con mi formación académica y que hicieron de mi estadía en la universidad una experiencia inolvidable.

Sandy

A Dios, quien me dio la fortaleza, la salud y la esperanza para terminar este trabajo y toda mi carrera.

A mi mami Xiomara, quien estuvo a mi lado con su cariño y comprensión en los momentos más difíciles, dándome las fuerzas necesarias para seguir adelante. Gracias por convertirme en la persona que soy, por tu amor y la confianza que has depositado en mí mami, no hubiera logrado alcanzar esta meta sin ti, te amo con todo mi corazón.

A mi papi Alfredo, a quien dedico este logro, ya que fue un pilar fundamental en la culminación de mi carrera. No hubiera podido llegar hasta aquí sin la motivación que me has inspirado y todo el esfuerzo que has hecho por mi papi, te amo muchísimo.

A mis abuelitas adoradas Isabel y Maruja, quienes siempre han creído en mí y me han brindado su amor en todo momento.

A mis abuelos Alfredo y Ramón, quienes estoy segura están disfrutando conmigo esta meta alcanzada donde quiera que se encuentren.

A todos mis tíos y tías, quienes han estado conmigo en todo momento apoyándome y brindándome todo su amor y sabiduría.

A todos mis primos y primas, los quiero con todo mi corazón y son una parte muy importante de mi vida.

A Carlos, quien me ha brindado su apoyo durante todo mi camino y me ha llenado de muchas alegrías.

A todos mis amigos y amigas, con quienes pude compartir gratos momentos en la UDO, especialmente a mi familia de estructuras: Sandy, Miguel, Roxy, Lauvict, y Jessica, quienes me han acompañado a lo largo de toda mi carrera y se desvelaron bastante junto a mí para llegar a donde estamos, sin ustedes no lo hubiera logrado, los quiero mucho.



## **AGRADECIMIENTOS**

La realización de este trabajo se hizo posible gracias al financiamiento del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente y a la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación; a través del Centro de Estudios Ambientales del departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Oriente – Núcleo Anzoátegui.

Al Ministerio del Ambiente, Hidrocaribe, Covinea, Minfra y Alcaldía del Municipio Diego Bautista Urbaneja, por suministrarnos la información requerida para la realización de este trabajo.

A la Ing. Ana Ghanem, nuestra asesora en el presente proyecto, a quien le agradecemos por sus conocimientos, orientaciones, manera de trabajar, paciencia y motivación.

A Petra, Miguel, Victor, Zuleika y Rocío, por su gran colaboración y ayuda en la realización de los ensayos de laboratorio.

A los ingenieros Francisco Ayala (Ministerio del Ambiente), Oswaldo Herrera y Gladira Rodríguez (Servicios Públicos de la Alcaldía del Municipio Diego Bautista Urbaneja), y al Ing. José Pereira (Hidrocaribe), por su cooperación en la realización de la delimitación de la sub-cuenca del Dren CP-2, el estudio del drenaje superficial de la zona en estudio y por su colaboración en la localización de las fuentes contaminantes e inspección de las estaciones de bombeo de aguas servidas.

## RESUMEN

El sistema de drenaje de la margen derecha del río Neverí enfrenta graves problemas de contaminación, lo cual afecta en gran medida al drenaje CP-2, por ser éste, un canal de transición hacia la madre vieja del río. Por tales motivos, se realizó un estudio del grado de contaminación que existe en el CP-2 y sus principales fuentes contaminantes, a través de una serie de toma de muestras de agua en el inicio y en la descarga del canal, que fueron sometidas a ensayos en sitio y en laboratorio de parámetros físicos, químicos y biológicos; obteniéndose los siguientes resultados: a) La temperatura no presentó gran variación. b) Los valores medios de pH, DQO, DBO<sub>5</sub>, Aceites y Grasas, Fósforo Total y Nitritos + Nitratos se encuentran por debajo de lo establecido en las normas. c) El valor medio de Nitrógeno Total en la descarga superó el límite permitido por las normas. d) Los valores de Sólidos Suspendidos Totales, Coliformes Totales y Coliformes Fecales excedieron considerablemente los límites establecidos. El análisis indica que el agua que entra al CP-2 ya viene contaminada y esta situación se ve agravada a lo largo de su trayectoria por fuentes contaminantes de aguas residuales domésticas.

## ÍNDICE

RESOLUCIÓN .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTOS .....	10
RESUMEN .....	11
ÍNDICE .....	12
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN .....	19
1.1 Aspectos generales .....	19
1.2 Planteamiento del problema .....	20
1.3 Objetivos .....	23
1.3.1 Objetivo General .....	23
1.3.2 Objetivos Específicos .....	23
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO .....	24
2.1 Antecedentes .....	24
2.2 Bases Teóricas .....	26
2.2.1 Drenaje urbano .....	26
2.2.1.1 Acciones en Drenaje Urbano .....	27
2.2.1.2 Funciones del Sistema de Drenaje .....	27
2.2.1.3 Tipos de Drenajes .....	28
2.2.2 Estaciones de bombeo .....	29
2.2.2.1 Dispositivos y Accesorios .....	30
2.2.2.2 Pozo Recolector y Accesorios .....	31
2.2.2.3 Equipos de Bombeo .....	31

2.2.3	Características generales de las descargas a un cuerpo de agua .....	32
2.2.3.1	Características físicas .....	33
2.2.3.1.1	Sólidos totales .....	33
2.2.3.1.2	Temperatura .....	35
2.2.3.2	Características químicas .....	36
2.2.3.2.1	pH .....	36
2.2.3.2.2	Demanda Química de Oxígeno .....	37
2.2.3.2.3	Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	38
2.2.3.2.4	Aceites y Grasas .....	40
2.2.3.2.5	Fósforo .....	41
2.2.3.2.6	Nitrógeno Total .....	42
2.2.3.2.7	Nitritos y Nitratos .....	43
2.2.3.3	Características Biológicas .....	43
2.2.3.3.1	Coliformes Totales y Fecales .....	43
2.2.3.3.2	Método de fermentación de tubos múltiples .....	44
2.2.3.3.3	Criterios para la interpretación de los resultados de la cuantificación de las bacterias coliformes: .....	46
2.2.4	Plantas indicadoras de contaminación .....	46
2.2.5	Análisis estadístico .....	48
2.2.5.1	Población y muestra .....	48
2.2.5.2	Muestreo .....	48
2.2.5.3	Media aritmética .....	49
2.2.5.4	Desviación estándar .....	49
2.2.5.5	Intervalo de confianza .....	50
2.2.6	Normas venezolanas de calidad de un cuerpo de agua .....	50
2.2.7	Definiciones básicas .....	51

### CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	55
3.1 Descripción general del sistema de drenaje de la margen derecha del río Neverí.....	55
3.2 Descripción del colector CP-2 .....	55
3.3 Situación ambiental actual del colector CP-2 .....	57
CAPÍTULO IV	
MATERIALES Y MÉTODOS.....	59
4.1 Búsqueda de información preliminar .....	59
4.2 Delimitación de la sub-cuenca hidrológica del Dren CP-2 .....	59
4.3 Muestreo, ensayos in situ y en el laboratorio.....	60
4.3.1 Plan de Muestreo .....	60
4.3.1.1 Determinación de parámetros.....	61
4.3.1.2 Selección de Puntos de Muestreo .....	62
4.3.1.3 Tipo de Muestra .....	62
4.3.1.4 Método de preservación de la Muestra.....	62
4.3.1.5 Cronograma de recolección de muestra .....	62
4.3.2 Mediciones In Situ .....	63
4.3.3 Ensayos de laboratorio.....	63
4.3.3.1 Sólidos Suspendidos Totales.....	64
4.3.3.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	67
4.3.3.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	70
4.3.3.4 Aceites y Grasas.....	81
4.3.3.5 Fósforo Total (PT).....	84
4.3.3.6 Nitrógeno Total (Amoniacal y Orgánico).....	90
4.3.3.7 Nitritos.....	94
4.3.3.8 Nitratos .....	97
4.3.3.9 Coliformes Totales y Fecales.....	99
4.3.4 Reconocimiento y ubicación de fuentes contaminantes .....	110

CAPÍTULO V	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	111
5.1 Delimitación de la cuenca hidrológica del dren CP-2 .....	111
5.2 Caracterización del agua del canal de drenaje.....	112
5.2.1 Determinación de parámetros físicos .....	112
5.2.1.1 Altura del agua.....	112
5.2.1.2 Temperatura .....	113
5.2.1.3 Sólidos suspendidos totales. ....	114
5.2.2 Determinación de parámetros químicos.....	116
5.2.2.1 pH .....	116
5.2.2.2 DQO.....	118
5.2.2.3 DBO .....	119
5.2.2.4 Relación entre la DBO <sub>5</sub> y la DQO.....	121
5.2.2.5 Aceites y Grasas.....	122
5.2.2.6 Fósforo total .....	124
5.2.2.7 Nitrógeno Total .....	125
5.2.2.8 Nitritos + Nitratos .....	127
5.2.3 Determinación de parámetros biológicos .....	129
5.2.3.1 Coliformes Totales .....	129
5.2.3.2 Coliformes Fecales .....	131
5.3 Fuentes contaminantes .....	132
CAPÍTULO VI	
PROPUESTAS PARA LA DESCONTAMINACIÓN DEL CP-2.....	140
CAPÍTULO VII	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	148
7.1 Conclusiones .....	148
7.2 Recomendaciones.....	150
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	152

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:..... 156

## Índice de Figuras

Figura 5.1 Variación de la altura de agua en los puntos de inicio y descarga del CP-2.....	113
Figura 5.2 Variación de la temperatura en los puntos de inicio y descarga del CP-2.....	114
Figura 5.3 Variación de los Sólidos Suspendidos Totales de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.....	116
Figura 5.4 Variación del pH de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.....	117
Figura 5.5 Variación de la DQO de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.....	119
Figura 5.6 Variación de la DBO de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.....	121
Figura 5.7 Variación de la relación $DBO_5/DQO$ de los punto de inicio y descarga a través del tiempo.....	122
Figura 5.8 Variación de los Aceites y Grasas de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.....	123
Figura 5.9 Variación del Fósforo Total de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.....	125
Figura 5.10 Variación del Nitrógeno Total de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.....	127
Figura 5.11 Variación del Nitritos+Nitratos de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.....	129
Figura 5.12 Variación del Coliformes Totales de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.....	130
Figura 5.13 Variación del Coliformes Fecales de los punto de inicio y descarga.....	132



## Índice de tablas

Tabla 2.1 Valores de Zc correspondientes a varios niveles de confianza que se utilizan en la práctica.....	50
Tabla 4.1 Cronograma de recolección de muestra .....	63
Tabla 4.2 Volumen de muestra de acuerdo a la cantidad de Nitrógeno orgánico presente. ....	92
Tabla 5.1 Estación de bombeo de aguas servidas EBL-3 .....	134
Tabla 5.2 Estación de bombeo de aguas servidas EB-1 .....	135
Tabla 5.3 Estación de bombeo de aguas servidas EBL-1 .....	136
Tabla 5.4 Estación de bombeo de aguas servidas EBL-2 .....	137
Tabla 5.5 Estación de bombeo de aguas servidas EBL-4 .....	138
Tabla 5.6 Estación de bombeo de aguas servidas Rómulo Gallegos.....	139
Tabla A.1 Tabla de resultados finales para el punto de inicio .....	<b>¡Error!</b>
<b>Marcador no definido.</b>	
Tabla A.2 Tabla de resultados finales para el punto de descarga .....	<b>¡Error!</b>
<b>Marcador no definido.</b>	
Tabla A.3 Tabla de resultados finales con análisis estadístico para el punto de inicio.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla A.4 Tabla de resultados finales con análisis estadístico para el punto de descarga .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## CAPÍTULO I

# INTRODUCCIÓN

### 1.1 Aspectos generales

El estado Anzoátegui se localiza en la región Nor-Oriental del país, entre las coordenadas 07°40'16", 10°15'36" de latitud Norte y 62°41'05", 65°43'09" de longitud Oeste. Limita al Norte con el Mar Caribe, por el Sur con el río Orinoco que lo separa del estado Bolívar, por el Este con los estados Sucre y Monagas y por el Oeste con los estados Guárico y Miranda.

El estado se encuentra subdividido en 21 municipios y su capital es la ciudad de Barcelona, fundada en 1671 por Sancho Fernández de Angulo y Fray Manuel de Yangués.

Representa el 4,7% del territorio nacional con una superficie de 43.300 Km<sup>2</sup> aproximadamente, y en el mismo reside el 4,8% de la población total del país. Los municipios de mayor importancia poblacional son el Simón Bolívar y Juan Antonio Sotillo, en los cuales junto al Diego Bautista Urbaneja, habita casi la mitad de la población del Estado.

En Anzoátegui predominan principalmente las llanuras, pero también hay unas mesetas, entre las cuales destaca la mesa de Guanipa.

Los principales ríos que riegan la región son Amana, Caris, Guanipa, Guere, Morichal Largo, Neverí, Pao, Tigre, Unare, Zuata y un sector del bajo Orinoco; y existen varias lagunas como la de Píritu, Mamo, Amana y Unare.

La vegetación es la típica intertropical. En el centro y en el sur del estado es principalmente de sabana, y en el norte por ser más seco, se consiguen plantas espinosas tipo matorrales y cardones.

El municipio Urbaneja, cuyo nombre oficial es Municipio Turístico El Morro Licenciado Diego Bautista Urbaneja, es el único municipio del país con el prefijo “turístico” y el que posee el nombre más largo. Está ubicado al Noreste de Anzoátegui limitado al norte por el Mar Caribe, al este con el municipio Sotillo y al sur y al oeste con el municipio Bolívar.

Ocupa una superficie de 12 Km<sup>2</sup>, convirtiéndose en el municipio más pequeño de Venezuela, con una población de 90.000 hab aproximadamente para el 2007. La ciudad de Lechería es su capital y está conformado por dos parroquias: Lechería y El Morro.

Este municipio comenzó a crearse desde 1971 cuando se inicia la construcción de una urbanización conectada por canales marítimos artificiales llamada Complejo Turístico El Morro. A partir de ese momento, el municipio Diego Bautista Urbaneja sería reconocido por sus emblemáticos complejos habitacionales rodeados de canales marítimos y de drenaje.

## **1.2 Planteamiento del problema**

En la ciudad de Barcelona y áreas adyacentes, el sistema de drenaje de la margen derecha del río Neverí, está constituido por ocho colectores, una

laguna de retención (Tronconales) y la descarga final a la madre vieja del río. En la actualidad, éste sistema de drenaje enfrenta graves problemas de contaminación, lo cual afecta en gran medida al colector CP-2, por ser éste, el encargado de desaguar la laguna de retención antes mencionada y de recoger las aguas provenientes de una parte de El Morro, Lechería y la Zona Industrial ubicada en la Av. Jorge Rodríguez (antigua Av. Intercomunal), para su posterior descarga en la madre vieja del río.

El dren CP-2 nace en la ciudad de Barcelona, municipio Simón Bolívar, específicamente en la descarga de la laguna de retención de los Tronconales, y la mayoría de su trayecto, así como su descarga en la madre vieja del río, se encuentran ubicados en la ciudad de Lechería, municipio Diego Bautista Urbaneja.

A lo largo de este trayecto se puede observar gran acumulación de plantas indicadoras de contaminación como la Bora, Juncos y otras especies, y la aparición de Lemna cuando por razones de mantenimiento se han removido las plantas que obstruyen el canal; también se presentan olores fétidos muy fuertes los cuales afectan a las comunidades adyacentes. Es por esto, que se presume que existe un alto grado de contaminación en las aguas de este canal, posiblemente porque no sean sólo aguas de lluvia, sino que existan otros afluentes que aporten contaminantes a este drenaje.

Por tales motivos, se propone realizar un estudio a través de una serie de toma de muestras de agua en puntos cercanos al inicio y al final de la trayectoria del drenaje, las cuales van a ser sometidas a ensayos en sitio y en laboratorio de parámetros físicos, químicos y biológicos como la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), la Demanda Química de Oxígeno (DQO),

pH, Temperatura, Coliformes Totales y Fecales (CT y CF), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Nitrógeno total (Nt), Fósforo total (Ft), Aceites y Grasas (AyG), entre otros; de tal manera de poder realizar un diagnóstico del grado de contaminación del agua mediante una comparación de los valores obtenidos de los ensayos mencionados, con sus correspondientes rangos y límites máximos establecidos por el Ministerio del Ambiente en las normas para la clasificación y control de calidad de cuerpos de agua, así como también, localizar los posibles puntos de afluentes contaminantes hacia el canal y elaborar propuestas para su descontaminación.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Estudiar el grado de contaminación que existe en el dren CP-2 y sus principales fuentes contaminantes, para la elaboración de propuestas para su descontaminación.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Delimitar la sub-cuenca de drenaje del área de estudio.
2. Elaborar el programa de muestreo.
3. Realizar la toma de muestras y ensayos de laboratorio.
4. Identificar las fuentes contaminantes y sus características.
5. Analizar los resultados obtenidos.
6. Elaborar las propuestas para la descontaminación del dren CP-2.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes**

La historia de los sistemas de drenaje urbano se origina desde los primeros asentamientos humanos. La concentración demográfica fue razón para la construcción de estructuras que facilitaran el drenaje de aguas lluvias. La creación de los alcantarillados se remota a la época del Imperio Romano, cuando se diseñaron exclusivamente para drenar las aguas de lluvia. Para ese entonces, las aguas residuales se disponían en letrinas.

A principios del siglo XX no se hacía distinción entre las aguas de lluvia y las aguas servidas, de manera que la solución consistía en deshacerse de ellas rápidamente, capturándolas y evacuándolas aguas abajo. Con el crecimiento de las ciudades surgió la necesidad de separar los sistemas de recolección, por los problemas sanitarios causados aguas abajo de la disposición final y por la dificultad de manejar grandes volúmenes de agua en los meses de lluvia. En Venezuela, el sistema de recolección de aguas de lluvia y aguas residuales se hace por separado, restringiendo para este último, el uso exclusivo de conductos cerrados para el drenaje hasta la disposición final de estas aguas.

En el año 1992, Martínez Consultores S.A <sup>[1]</sup>, elaboraron un proyecto de colectores primarios y descarga al mar de los drenajes en la margen derecha

del río Neverí, en la ciudad de Barcelona, estado Anzoátegui; el cual sirvió de guía para la delimitación de la sub-cuenca hidrológica del dren CP-2.

La situación ambiental de los cursos de agua y sistemas de drenaje ha sido motivo de diversos estudios, en 1993, Barreto y Ortega <sup>[2]</sup>, realizaron el diagnóstico de la situación ambiental de la cuenca del río Unare (IV) Sub-cuenca Unare Medio; se utilizó como referencia para el análisis de ciertos parámetros físicos, químicos y biológicos del agua y la comparación con los límites establecidos por las normas vigentes.

En el año 2005 Labady <sup>[3]</sup>, determinó las concentraciones de metales pesados en sedimentos en el área del río Neverí influenciado por la descarga del “Dren B” de Barcelona, Estado Anzoátegui; donde analizó la influencia de las descargas residuales en ese dren y el impacto sobre el cuerpo de agua receptor. Así mismo, se utilizó esta investigación como modelo para la elaboración del programa de muestreo.

Posteriormente en el año 2007, Paliche y López <sup>[4]</sup> realizaron una evaluación del sistema de tratamiento de aguas servidas de la población de Aragua de Barcelona, analizando los parámetros físicos, químicos y biológicos correspondientes. Este trabajo de investigación sirve como referencia para la caracterización del agua mediante el análisis de valores obtenidos en ensayos de laboratorios de los parámetros mencionados.

En ese mismo año, Salazar y Somoza <sup>[5]</sup>, en su trabajo de grado, realizaron la evaluación del sistema de bombeo de aguas servidas de las principales estaciones de bombeo en la conurbación de Barcelona, Puerto la Cruz y Lechería; de este trabajo se tomó el modelo de inspección de las



estaciones de bombeo de aguas servidas, determinando las principales fallas de estas estaciones y los problemas que originan.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Drenaje urbano**

Las aguas pluviales son las originadas por las precipitaciones que caen directamente sobre las áreas urbanizadas que conforman la población y aquellas que se precipitan sobre otras áreas, pero que discurren a través de la ciudad, bien sea por causas naturales, conductos artificiales, o simplemente a lo largo de la superficie.

El conjunto de acciones, materiales o no, destinadas a evitar en lo posible que estas aguas causen daños a las personas, propiedades en las ciudades u obstaculicen el normal desenvolvimiento de la vida urbana, se conoce como un Sistema de Drenaje Urbano; el cual está dirigido al logro de ciertos objetivos establecidos:

- **Objetivo Básico:** Evitar al máximo posible los daños que las aguas pluviales puedan ocasionar a las personas y a las propiedades en el medio urbano.
- **Objetivo Complementario:** Garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria en las poblaciones, permitiendo un apropiado tráfico de personas y vehículos durante la ocurrencia de las precipitaciones <sup>[6]</sup>.

### **2.2.1.1 Acciones en Drenaje Urbano**

Son todas las medidas, materiales o no, que conforman un sistema de drenaje; pueden ser de dos tipos:

- **Preventivas:** Son las que disminuyen los daños mediante la administración adecuada de los usos de las áreas urbanas potencialmente sujetas a ellos. Entre las más comunes se encuentran: protección de cuencas tributarias, regulación del uso de la tierra, regulación de edificaciones (cotas mínimas, uso de pisos inferiores, entre otros), pronóstico de inundaciones, educación e información de los habitantes, entre otros.
- **Correctivas:** Son las que alivian los daños en las áreas donde son insuficientes las medidas de tipo preventiva. También son consideradas correctivas las acciones que impliquen la construcción de una obra hidráulica, u otras, cuyas dimensiones y características se modifiquen por razones hidráulicas. Entre las más comunes se tienen: obras de embalse y regulación, obras de canalización y rectificación de cauces naturales, obras de conducción tales como canales y tuberías; y obras conexas tales como sumideros, disipadores, alcantarillas, sedimentadores y trazados de calles y avenidas <sup>[6]</sup>.

### **2.2.1.2 Funciones del Sistema de Drenaje**

**Función Básica:** Conjunto de acciones preventivas y correctivas dirigidas al logro del objetivo básico.

Función Complementaria: Conjunto de acciones preventivas y correctivas dirigidas al logro del objetivo complementario <sup>[6]</sup>.

### **2.2.1.3 Tipos de Drenajes**

Según la función que desempeñan se pueden clasificar en:

- **Drenajes Superficiales:** Comprenden acciones correctivas constituidas por el conjunto de facilidades naturales y artificiales que conducen el escurrimiento superficial, desde el lugar de caída de las aguas pluviales hasta su entrada en un cauce natural o en un conducto artificial, disminuyendo las molestias al tráfico de personas y vehículos. Entre estas obras se encuentran: cunetas y similares, calles y vías en general (incluyendo modificación de pendientes y secciones), superficies en general (techos, parques, jardines, áreas pavimentadas y naturales) entre otros.
- **Drenaje Secundario:** Conjunto de acciones correctivas constituidas por los conductos y obras conexas construidas por el hombre que permiten garantizar que las aguas no obstaculicen el normal desenvolvimiento del tráfico y vehículos en las áreas urbanas. Entre estas obras se pueden citar: colectores (cerrados o abiertos), sumideros y estructuras especiales (disipadores, caídas, entre otros), obras de almacenamiento (lagunas, estanques, entre otros), obras de control de sedimentos y basuras, obras en pequeños cauces naturales, entre otros.
- **Drenaje Primario:** Conjunto de acciones correctivas constituidas por los cauces naturales y los conductos artificiales y obras conexas, dirigidas

a salvaguardar la vida de las personas y evitar el daño a las propiedades. Entre estas obras se pueden mencionar: cauces naturales (rectificaciones, protección, desvío, dragado, entre otros), diques marginados, canalizaciones, embalses, lagunas, obras de descarga, colectores (abiertos y cerrados), entre otros <sup>[6]</sup>.

### **2.2.2 Estaciones de bombeo**

Las estaciones de bombeo son un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que suministran energía a un fluido para elevarlo de un nivel inicial a otro nivel energético mayor.

Su uso es muy extendido, se pueden encontrar en:

- Redes de abastecimiento de agua potable
- Redes de cloacas
- Sistema de riego
- Sistema de drenaje
- En muchas plantas de tratamiento tanto de agua potable como de aguas servidas.

Bajo ciertas condiciones, se hace indispensable diseñar estaciones de bombeo para extraer las aguas servidas de un determinado sector, el cual no puede ser drenado por gravedad. Tratándose de aguas servidas, debe darse consideración especial de la ubicación, apariencia externa y características de las estaciones y equipos que minimicen los inconvenientes que las aguas negras provocan al sistema <sup>[7]</sup>.

El diseño de una estación de bombeo comprende:

- Dispositivos y accesorios, necesarios para el acondicionamiento del líquido cloacal, previo al bombeo.
- Pozo recolector y accesorios.
- Equipos: Bombas y Motores.
- Edificación y apariencia externa <sup>[8]</sup>.

#### **2.2.2.1 Dispositivos y Accesorios**

Las aguas servidas ordinariamente contienen materias en suspensión como papeles, grasas, latas, y otros tipos de basura; por lo cual es conveniente proyectar elementos estructurales que acondicionen el líquido cloacal para su bombeo, de forma tal que eviten daños a los equipos <sup>[7]</sup>.

- Rejillas: Retienen materias sólidas que puedan obstruir o dañar los equipos de bombeo.
- Trituradores: Permiten la emulsificación del líquido cloacal, facilitando así su bombeo.
- Válvulas supresoras del golpe de ariete: Previenen un regresamiento de aguas y el efecto de golpe de ariete.
- Válvula de retención o válvula Check: Permiten el flujo en un solo sentido cerrando automáticamente al pararse el bombeo e impidiendo el regresamiento en el sentido inverso hacia las bombas.
- Desarenador: Se emplea en los sistemas mixtos, para remover las arenas finas y otras partículas ligeras que no son removidas en sumideros <sup>[7]</sup>.

### **2.2.2.2 Pozo Recolector y Accesorios**

Las estaciones de bombeo se clasifican de la siguiente manera <sup>[8]</sup>:

Desde el punto de vista funcional:

- De pozo húmedo y pozo seco
- De pozo húmedo solamente

Desde el punto de vista constructivo:

- Construidas en sitio
- Prefabricadas o construidas en sitio

La función principal del pozo seco es albergar las bombas para facilitar su mantenimiento y reparación. Por otro lado, la función del pozo húmedo es la de recibir las aguas provenientes del sistema de recolección y garantizar una capacidad de almacenamiento.

Las estaciones de bombeo construidas en sitio son generalmente rectangulares, de concreto armado y son requeridas para flujos de agua grandes. Las estaciones prefabricadas en su mayoría son de pozo húmedo, y se construyen con tuberías de concreto armado <sup>[8]</sup>.

### **2.2.2.3 Equipos de Bombeo**

El equipo de bombeo a utilizar estará constituido por bombas centrífugas las cuales pueden ser <sup>[8]</sup>:

- Horizontales (pozo seco)

- Verticales (pozo húmedo)
- Sumergibles (pozo húmedo)

Es importante destacar que el número mínimo de bombas a instalar será de dos (2), para garantizar un equipo de reserva <sup>[8]</sup>.

### **2.2.3 Características generales de las descargas a un cuerpo de agua**

Las descargas a un cuerpo de agua se refieren a la disposición final del agua proveniente de un sistema de alcantarillado hacia un cuerpo de agua receptor, el cual puede ser un río, lago o el medio marino costero.

La normativa venezolana <sup>[9]</sup> define la contaminación de las aguas como:

“La acción y el efecto de introducir elementos, compuestos o formas de energía capaces de modificar las condiciones del cuerpo de agua superficial o subterráneo de manera de que se altere su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica para el desarrollo de la vida acuática y ribereña”.

Según Odum <sup>[10]</sup> la contaminación es:

“Un cambio perjudicial en las características físicas, químicas y biológicas de nuestro aire, tierra y agua, que puede afectar o afectará nocivamente la vida humana y la de especies beneficiosas”.

Es por esto, que para determinar la calidad de la descarga a un cuerpo de agua es necesario la caracterización de la misma, mediante el estudio de

parámetros físicos, químicos y biológicos, entre ellos: los Sólidos Suspendidos Totales (SST), la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), Aceites y Grasas (A y G), la Temperatura, el pH, el Fósforo Total (PT), el Nitrógeno Total (NT), Coliformes Totales (CT) y Fecales (CF); los cuales son indicadores del grado de contaminación si se presentan alteraciones fuera de lo establecido en las normas <sup>[9]</sup>.

### **2.2.3.1 Características físicas**

Las características físicas más importantes en el análisis de agua y aguas residuales son el contenido de sólidos y la temperatura.

#### **2.2.3.1.1 Sólidos totales**

Comprende la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta, tanto de carácter orgánico (volátil) como inorgánico (fijo). Su estudio se hace a través del análisis gravimétrico basándose en la determinación de sus constituyentes por la medida de sus pesos.

La clasificación de los diferentes tipos de sólidos se define a continuación <sup>[11]</sup>:

- Sólidos Totales (ST): residuo remanente después que la muestra ha sido evaporada y secada a una temperatura específica (103 - 105 °C).



- Sólidos Volátiles Totales (SVT): sólidos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los ST son calcinados ( $500 \pm 50$  °C).
- Sólidos Fijos Totales (SFT): residuo que permanece después de incinerar los ST ( $500 \pm 50$  °C).
- Sólidos Suspendidos Totales (SST): fracción de ST retenido sobre un filtro con un tamaño de poro específico medido después de que ha sido secado a una temperatura específica. El filtro más usado para la determinación de SST es el filtro Whatman de la fibra de vidrio que tiene un tamaño nominal de poros de aproximadamente  $1,58 \mu\text{m}$ .
- Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV): sólidos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los SST son calcinados ( $500 \pm 50$  °C).
- Sólidos Suspendidos Fijos (SSF): residuo remanente después de calcinar SST ( $500 \pm 50$  °C).
- Sólidos Disueltos Totales (SDT) (ST-SST): sólidos que pasan a través del filtro y luego son evaporados y secados a una temperatura específica. La medida de SDT comprende coloides y sólidos disueltos. Los coloides son del tamaño de  $0.001$  a  $1 \mu\text{m}$ .
- Sólidos Disueltos Volátiles (SDV) (SVT-SST): sólidos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los SDT son calcinados ( $500 \pm 50$  °C).

- Sólidos Disueltos Fijos (SDF): residuo remanente después de calcinar los SDT ( $500 \pm 50$  °C).
- Sólidos sedimentables: sólidos suspendidos expresados como mililitros por litro, que se sedimentarán por fuera de la suspensión dentro de un período de tiempo específico.

Los Sólidos Suspendidos Totales (que no contengan elementos tóxicos) son considerados sustancias o parámetros que aún cuando no se conozca de su efecto tóxico, agudo o crónico, generan condiciones en el cuerpo receptor que afectan el ecosistema, o perjudican cualquier uso potencial de sus aguas [9].

La determinación de los SST se realiza mediante la aplicación de la ecuación 2.1:

$$SST = \frac{(B - A)g}{C \text{ ml}} \times 1000 \frac{\text{ml}}{\text{l}} \times 1000 \frac{\text{mg}}{\text{g}} \quad (2.1)$$

Donde:

SST = sólidos suspendidos totales en (mg/l).

A = peso filtro + crisol (g).

B = peso filtro + crisol + sólido (g).

C = volumen de muestra (ml).

#### 2.2.3.1.2 Temperatura

La Temperatura es un parámetro importante debido a su influencia sobre el desarrollo de la vida acuática, así como también, sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción que se llevan a cabo en el medio acuático. Afecta directamente los procesos bacteriológicos debido a que la temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre los 25 y los 35 °C <sup>[11]</sup>.

Un cambio brusco de temperatura puede conducir a un fuerte aumento en la mortalidad de la vida acuática, ya que la toxicidad de muchas sustancias aumenta cuando la temperatura es mayor. Así como también, temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos <sup>[12]</sup>.

Por otro lado, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría, lo cual puede causar el agotamiento de las concentraciones de oxígeno disuelto en aguas superficiales cuando aumenta la temperatura <sup>[12]</sup>.

### **2.2.3.2 Características químicas**

#### **2.2.3.2.1 pH**

El pH es la expresión usual para medir la concentración del ión hidrógeno en una solución. Se puede medir en forma instrumental (pHmetro) o con el uso de papeles indicadores.

Los valores del pH están comprendidos entre 1 y 14, donde 7 es el valor neutro, los que se encuentran por encima de éste son los valores más básicos, y los que se encuentran por debajo son los valores más ácidos.

Para la existencia de la mayor parte de la vida biológica el valor del pH debe encontrarse entre 5 y 9 <sup>[11]</sup>.

#### **2.2.3.2.2 Demanda Química de Oxígeno**

La DQO es el parámetro utilizado para caracterizar la contaminación orgánica del agua que se mide a partir de la cantidad del oxígeno disuelto necesario para la degradación química de los contaminantes orgánicos que contiene. Entendiéndose como “degradación química”, la reacción de un oxidante químico que consume materia orgánica.

El ensayo de la DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica de las aguas naturales y residuales. En el ensayo, se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido (el dicromato potásico proporciona excelentes resultados en este sentido) para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse <sup>[12]</sup>.

La demanda química de oxígeno está en función de las características de las materias presentes, de sus proporciones respectivas, de las posibilidades de oxidación, entre otras. Es por esto, que la reproductividad de los resultados y su interpretación no podrán ser satisfechas más que en condiciones de metodología bien definidas y estrictamente respetadas.

Desde el punto de vista operacional una de las principales ventajas de la prueba de la DQO es que se pueden obtener los resultados en 2 horas (comparado con los 5 o más días empleados para la prueba de DBO); y para reducir aún más el tiempo, se ha desarrollado una prueba rápida de DQO que tarda solo 15 minutos <sup>[11]</sup>.

### 2.2.3.2.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno

El parámetro más ampliamente empleado para caracterizar la calidad de un agua, bien sea residual o superficial, es la DBO a los 5 días ( $DBO_5$ ); que mide la cantidad de oxígeno necesario para la degradación biológica de la materia orgánica que contiene y sirve como un indicador del grado de contaminación orgánica del agua <sup>[12]</sup>.

Los resultados de los ensayos de la DBO se emplean para:

- Determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.
- Dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.
- Medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento.
- Controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos líquidos <sup>[12]</sup>.

En la prueba estándar de DBO una determinada cantidad de muestra de agua se coloca en una botella de DBO, la cual posee un volumen de 300 ml. La botella se termina de llenar completamente utilizando agua saturada con oxígeno y los nutrientes requeridos para el crecimiento biológico. Antes de tapar la botella se mide la concentración de oxígeno; y después de incubar la botella por 5 días a 20°C, la concentración de oxígeno disuelto se mide de nuevo. La DBO resultante de la muestra es la diferencia entre los valores de concentración de oxígeno disuelto, expresado en miligramos por litro, dividido por la fracción decimal de volumen de muestra usada.

La DBO<sub>5</sub> se calcula utilizando las Ecuaciones 2.2 y 2.3

Cuando el agua de dilución no contiene inóculo:

$$DBO_5 \text{ mg/l} = \frac{D1-D2}{P} \quad (2.2)$$

Cuando el agua de dilución contiene inóculo:

$$DBO_5 \text{ mg/l} = \frac{(D1-D2)-(B1-B2) \times f}{P} \quad (2.3)$$

D1= Oxígeno disuelto de la muestra diluida inmediatamente después de la preparación de la misma, en mg/l.

D2= Oxígeno disuelto de la muestra diluida tras 5 días de incubación a 20 °C, en mg/l.

P= Fracción volumétrica de muestra empleada.

B1= Concentración de oxígeno disuelto del blanco (conteniendo solo agua de dilución), antes de la incubación, en mg/l.

B2= Concentración de oxígeno disuelto del blanco (conteniendo solo agua de dilución), después de la incubación, en mg/l.

F= Relación entre inóculo en la muestra e inóculo en el blanco (por 100 inóculo en D1) / (por 100 inóculo en B1)

Una de las principales deficiencias que tiene la prueba de DBO<sub>5</sub> es que no tiene validez estequiométrica, ya que el período arbitrario de cinco días no

corresponde al momento en que se haya consumido todo el residuo. Durante este tiempo, sólo se llega a oxidar entre el 60 y 70 por ciento de la materia carbonosa, mientras que en 20 días la materia llega a oxidarse entre un 95 y 99 por ciento. El período de incubación de cinco días se usa porque la prueba fue desarrollada en Inglaterra, donde el tiempo máximo de transporte para muchos ríos desde su nacimiento hasta su desembocadura en el océano, es un promedio de 4,8 días <sup>[11]</sup>.

La prueba de DQO generalmente arroja resultados mayores que la  $DBO_5$ , debido a que tiene la capacidad de degradar también la carga orgánica de las aguas residuales que no son biodegradables, o contienen componentes que inhiben la actividad de los microorganismos que degradan la materia orgánica.

La relación  $DBO_5/DQO$ , también conocida como índice de biodegradabilidad, permite diferenciar el agua como no biodegradable o muy poco biodegradable cuando esta relación es menor que 0.2, medianamente biodegradable con valores entre 0.2 y 0.4, y muy biodegradable cuando este índice es mayor que 0.4. Por otra parte, en aguas residuales domésticas no tratadas esta relación presenta valores típicos entre 0.3 y 0.8 <sup>[11]</sup>.

#### **2.2.3.2.4 Aceites y Grasas**

El término aceites y grasas, engloba las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes presentes en las aguas residuales. El contenido de grasa se determina por extracción de la muestra con triclorotrifluoroetano, debido a que la grasa es soluble en él. Las grasas animales y los aceites son compuestos de alcohol o glicerol y ácidos grasos; los glicéridos de ácidos

grasos que se presentan en estado líquido a temperaturas normales se denominan aceites, mientras que los que se presentan en estado sólido reciben el nombre de grasas.

Las grasas provienen habitualmente de carnes, gérmenes de cereales, semillas, nueces y ciertas frutas; y su descomposición por acción bacteriana no resulta sencilla, es por esto que si no se elimina el contenido de grasa antes del vertido en el cuerpo de agua, puede interferir con la vida biológica en aguas superficiales y crear películas y acumulaciones de materias flotantes desagradables <sup>[12]</sup>.

Los Aceites y Grasas se calculan utilizando la Ecuación 2.4

$$\text{Aceites y Grasas, mg/l} = \frac{(A-B) \times 100}{V} \quad (2.4)$$

Donde:

A = Peso del balón + aceites y grasas, en g.

B = Peso del balón vacío, en g.

V = Volumen de muestra, en l.

#### 2.2.3.2.5 Fósforo

El fósforo es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido a que en aguas superficiales tienen lugar nocivas proliferaciones incontroladas de algas, actualmente existe mucho interés en limitar la cantidad de compuestos de fósforo que alcanzan las aguas superficiales por medio de vertidos de aguas residuales domésticas,



industriales, y a través de las esorrentías naturales. Las formas más frecuentes en las que se presenta el fósforo en soluciones acuosas incluyen el ortofosfato, el polifosfato, y los fosfatos orgánicos.

La determinación del ortofosfato puede llevarse a cabo añadiendo directamente alguna sustancia que origine un complejo coloreado con el fosfato, como por ejemplo el molibdato amónico. Y, antes de determinar la cantidad de polifosfatos y fosfatos orgánicos siguiendo un método parecido, es preciso convertirlos a polifosfatos, operación que se lleva a cabo con un proceso de digestión en medio ácido <sup>[12]</sup>.

#### **2.2.3.2.6 Nitrógeno Total**

Los elementos nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas, razón por la cual reciben el nombre de nutrientes; su concentración en exceso en el agua produce eutrofización. El nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de proteínas, pero cuando es necesario el control del crecimiento de algas en un cuerpo de agua para preservar los usos a que se destina, puede ser necesario removerlo o reducirlo <sup>[12]</sup>.

El contenido de nitrógeno total, también conocido como nitrógeno total Kjeldahl está compuesto por nitrógeno orgánico en sus diversas formas (urea, aminas, proteínas, ácidos nucleídos en diversos estados de degradación, entre otros) y amoníaco; no incluye nitritos y nitratos. El nitrógeno total debe su nombre al método de análisis con el que se determina conocido como método Kjeldahl, aunque también puede ser determinado por titulación o con electrodos de ión específico <sup>[11]</sup>.

#### **2.2.3.2.7 Nitritos y Nitratos**

El nitrógeno en forma de nitrito, determinado por métodos colorimétricos, es bastante inestable y fácilmente oxidado a la forma de nitrato. Rara vez su concentración excede 1 mg/l en agua residual, o 0,1 mg/l en agua superficial o subterránea. A pesar de estar presente en concentraciones tan bajas, los nitritos son de gran importancia en estudios de aguas residuales o aguas poluidas porque son altamente tóxicos para muchos peces y otras especies acuáticas.

El nitrógeno en forma de nitrato, es la especie química de nitrógeno más oxidada que se encuentra en aguas residuales, y comúnmente se determina por métodos colorimétricos. La concentración de nitratos en efluentes de aguas residuales puede variar entre 0 y 20 mg/l en forma de nitrógeno (N), con valores típicos entre 15 y 20 mg/l <sup>[11]</sup>.

#### **2.2.3.3 Características Biológicas**

##### **2.2.3.3.1 Coliformes Totales y Fecales**

Un parámetro considerado como indicador de contaminación en el control de calidad del agua por su fácil identificación, son las bacterias del género de los coliformes. Éstas se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, pero también se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales.

El número de bacterias coliformes presentes en el agua se puede considerar proporcional al grado de contaminación fecal de la misma; se puede suponer, que mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces <sup>[13]</sup>.

En las normas venezolanas <sup>[9]</sup>, se encuentra establecido un límite máximo permitido de número más probable de coliformes totales en vertidos líquidos que descargan en un cuerpo de agua natural, el cual es 1000 NMP/100ml. Por otro lado, para coliformes fecales la norma no contempla ningún límite, sin embargo su presencia indica contaminación por aguas residuales domésticas.

La prueba estándar para el grupo de los coliformes puede ser llevada a cabo por la técnica de fermentación de los tubos múltiples o por el procedimiento presencia – ausencia (en la fase presuntiva-confirmativa, o en la prueba completa), por la técnica del filtro de membrana o por la prueba del sustrato enzimático de coliformes. Cada técnica es aplicable dentro de las limitaciones especificadas y las debidas consideraciones para el propósito del examen. La producción de resultados validos requiere apegarse estrictamente a los procedimientos de control de calidad <sup>[13]</sup>.

#### **2.2.3.3.2 Método de fermentación de tubos múltiples**

La técnica de fermentación de tubos múltiples se basa en el principio de dilución hasta extinción, e involucra tres etapas identificadas como presunción, confirmación, y terminación de la prueba. Cuando esta técnica es utilizada, los resultados de reproducir tubos y diluciones son expresados

en términos de número más probable de organismos presentes por 100 ml (NMP/100 ml). Es importante destacar que el NMP no es una concentración absoluta de organismos presentes en la muestra, sino sólo una estimación estadística de la densidad media de coliformes en la misma.

La precisión de esta prueba depende del número de tubos utilizados. La información más satisfactoria será obtenida cuando la mayor concentración de muestra inoculada presenta gas en algunos o todos los tubos, y la menor concentración de muestra inoculada no presenta gas en todos o la mayoría de sus tubos. Se dispone de un procedimiento similar para el grupo de coliformes fecales, así como para otros grupos bacteriales.

La densidad bacteriana puede ser estimada por la fórmula de Thomas, o desde la tabla de NMP (Tabla A.1, Anexo A), la cual se basa en la asunción de una distribución de Poisson (dispersión aleatoria), utilizando el número de tubos positivos en las diluciones múltiples <sup>[13]</sup>.

La fórmula de Thomas, desarrollada en 1942 para estimar el NMP, es la siguiente:

$$NMP/100ml = \frac{\text{Número de tubos positivos} \times 100}{\sqrt{\left(\frac{\text{ml de muestra en}}{\text{tubos negativos}}\right) \times \left(\frac{\text{ml de muestra en}}{\text{todos los tubos}}\right)}} \quad (2.5)$$

Al aplicar la ecuación de Thomas en situaciones en las cuales los resultados de los cinco tubos han sido positivos, el conteo de tubos positivos debe darse a partir de la mayor dilución en la que por lo menos se ha registrado un resultado negativo <sup>[11]</sup>.

La Tabla A.1 contiene los valores de NMP para límites de confianza del 95%, basados en diluciones de 10, 1 y 0,1 ml de muestra. Si se usan volúmenes de muestras mayores o menores, los valores de NMP observados se deben corregir por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{NMP}/_{100\text{ml}} = \text{valor NMP} \times \frac{10}{\text{El mayor volumen usado para el ensayo NMP}}$$

(2.6)

#### **2.2.3.3.3 Criterios para la interpretación de los resultados de la cuantificación de las bacterias coliformes:**

1. Un promedio de bacterias coliformes igual o menor a 1, por cada 100 ml de muestra, indica que el agua es apta desde el punto de vista sanitario.
2. Un número de coliformes mayor que 1 por cada 100 ml de muestra indica una posible contaminación.
3. La presencia de un cierto número de bacterias coliformes indica una contaminación cloacal o fecal.
4. Siempre existe la posibilidad de que cuando el agua contenga bacterias coliformes, haya presencia en la misma de bacterias patógenas intestinales (o de otros microorganismos patógenos), presentes en el intestino humano o de otros animales <sup>[14]</sup>.

#### **2.2.4 Plantas indicadoras de contaminación**

Existen ciertas plantas que habitualmente se encuentran y desarrollan en aguas contaminadas, o que se utilizan en tratamientos de aguas residuales, las cuales pueden ser vistas como indicadores de contaminación de un curso o fuente de agua. Entre estas plantas se encuentran:

- La Lemna o Lentejas de Agua, nombre científico *lemna gibba* y *lemna minor*, son una familia de 20 especies de flores unisexuales que se reproducen a un ritmo muy acelerado y capaces de absorber todo tipo de nutrientes, entre ellos nitrógeno, fósforo y potasio; que se encuentran en aguas contaminadas con desechos humanos o desperdicios agrícolas.
- La Bora, conocida bajo su nombre científico de *eichhornia crassipes* o Lirio de agua, es una planta flotante libre propia de ambientes de agua dulce, cuya acelerada tasa de crecimiento vegetativo produce una extensa cobertura que ocasiona problemas ambientales negativos.
- Los Juncos, cuyo nombre científico es *cyperus ligularis* son plantas de la familia de las juncáceas, su tamaño habitual es de 90 cm de altura, se desarrolla en suelos húmedos, en riberas y pantanos.

Estas plantas tienen la capacidad de remover bacterias coliformes, fósforo, nitrógeno, carbono y algunos metales pesados del agua. Cuando se encuentran en exceso, son perjudiciales debido a que crean una barrera en la superficie de los cuerpos de agua que imposibilita el paso de la luz del sol al agua, interrumpiendo diversos procesos biológicos esenciales como la fotosíntesis, afectando el transporte acuático y la hidráulica del canal.

## **2.2.5 Análisis estadístico**

El análisis estadístico es una útil herramienta que permite recoger, organizar, resumir y analizar datos originados a partir de los fenómenos en estudio, con la finalidad de sacar conclusiones válidas y tomar decisiones razonables basadas en tal análisis. Los datos pueden ser resumidos numérica o gráficamente <sup>[15]</sup>.

### **2.2.5.1 Población y muestra**

Una población se precisa como un conjunto finito o infinito de personas u objetos que presentan características comunes. Por otra parte, se denomina muestra a una pequeña parte de la población a estudiar que sirve para representarla <sup>[15]</sup>.

### **2.2.5.2 Muestreo**

Un programa de muestreo se realiza con la finalidad de obtener muestras representativas del agua para su caracterización y estudio.

Existen tres tipos de muestras, las instantáneas, las compuestas y las integradas:

- Las instantáneas reflejan las características del cuerpo de agua, corriente del proceso o aguas residuales en el momento de su captación.

- Las compuestas representan las características promedio del cuerpo de agua, corriente o agua residual durante el periodo de captación.
- Las integradas que son mezclas de muestras instantáneas captadas en diferentes sitios simultáneamente <sup>[16]</sup>.

### 2.2.5.3 Media aritmética

Es el promedio de un conjunto de valores, es decir, de un conjunto finito de números, es igual a la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos <sup>[15]</sup>.

Está definida por la siguiente expresión:

$$\bar{X} = \frac{(\sum_{i=1}^n X_n)}{n} \quad (2.7)$$

### 2.2.5.4 Desviación estándar

Representa el alejamiento de una serie de números de su valor medio. Se calcula a partir de todas las desviaciones individuales con respecto a la media <sup>[15]</sup>.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X-\bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.8)$$



### 2.2.5.5 Intervalo de confianza

Es un intervalo de valores. La media de la muestra  $\bar{X}$ , está en el centro de este intervalo, y el intervalo es  $\bar{X} \pm$  intervalo de confianza <sup>[15]</sup>.

$$\bar{X} \pm Z_c \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \tag{2.9}$$

Donde:

$\bar{X}$  = media aritmética.

Zc = valor que depende del nivel de confianza esperado (Ver tabla 2.1).

$\sigma$  = desviación estándar.

n = número total de datos.

**Tabla 2.1 Valores de Zc correspondientes a varios niveles de confianza que se utilizan en la práctica.**

Nivel de confianza	99.73%	99%	98%	96%	95.45%	95%	90%	80%	68.27%	50%
Zc	3.00	2.58	2.33	2.05	2.00	1.96	1.645	1.28	1.00	0.6745

Fuente: Ref. <sup>[15]</sup>

### 2.2.6 Normas venezolanas de calidad de un cuerpo de agua

Para efectos de esta investigación no existe una norma venezolana que establezca los límites máximos de calidad de agua de un sistema de drenaje, por lo que para el diagnóstico del grado de contaminación del agua del canal del drenaje CP-2, se realizó una comparación de los valores físicos, químicos y biológicos obtenidos, con los límites establecidos para la descarga de vertidos líquidos en el Decreto 883, Sección III, titulada De las descargas a

cuerpos de agua (Ver Anexo B.1), donde se establecen los rangos y límites máximos de calidad de vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta a ríos, estuarios, lagos y embalses. De manera que, si se sobrepasan dichos límites en el agua del canal de drenaje, es evidente que los vertidos líquidos que descargan en él, también superan los valores establecidos.

### **2.2.7 Definiciones básicas**

**Afluente:** curso de agua secundario que desemboca en otro principal.

**Aguas residuales:** Aguas procedentes de hogares o de la industria que se recogen y se transportan por el sistema de cloaca pública.

**Alcantarillado:** se denomina alcantarillado o red de al sistema de estructuras y tuberías usados para el transporte de aguas de lluvia, desde el lugar en que se generan hasta el sitio receptor.

**Biodegradable:** Sustancia que se descompone o desintegra con relativa rapidez en compuestos simples por alguna forma de vida como: bacterias, hongos, gusanos e insectos.

**Calidad de un cuerpo de agua:** caracterización física, química y biológica de aguas naturales para determinar su composición y utilidad al hombre y demás seres vivos.

**Canal:** es un conducto abierto en el cual el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera.

**Caudal:** velocidad del fluido que pasa por una sección transversal determinada, o también, el volumen de fluido que pasa por un punto específico en una unidad de tiempo.

**Coliformes:** un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos

**Concentración:** de una disolución, es la proporción o relación que hay entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolvente, donde el soluto es la sustancia que se disuelve, el disolvente la sustancia que disuelve al soluto, y la disolución es el resultado de la mezcla homogénea de las dos anteriores.

**Cuerpo receptor:** es todo cuerpo de agua (río, lago, agua subterránea, mar) susceptible de recibir directa o indirectamente vertidos o descargas de aguas de origen pluvial o residual.

**Dilución:** sustancia disuelta en un líquido para disminuir su concentración.

**Dren o drenaje:** Conducto cerrado o abierto (canal), que permite la captación y evacuación de aguas pluviales acumuladas en zonas bajas o con depresiones en su topografía.

**Drenaje Pluvial:** Sistema de drenaje que conduce el agua de lluvia a lugares donde se organiza su aprovechamiento. En muchas localidades no se realiza

la diferenciación entre drenaje sanitario y pluvial y todo el material recolectado es concentrado al mismo destino.

**Eutrofización:** presencia excesiva de nutrientes en el agua que provoca un crecimiento rápido de algas y otras plantas verdes que recubren la superficie del agua e impiden el paso de luz solar a las capas inferiores.

**Inoculación:** introducción de un microorganismo en un medio de cultivo.

**Margen de un río:** zona límite entre la tierra y una masa de agua. La margen derecha de un río es la zona ubicada al lado derecho viendo aguas abajo de la trayectoria del río y la otra orilla corresponde a la margen izquierda.

**Nutrientes:** nitrógeno y fósforo, son los nutrientes de mayor interés ya que se consideran contaminantes.

**Organismos Patógenos:** Organismos, incluidos virus, bacterias o quistes, capaces de causar una enfermedad en un receptor, por ejemplo en una persona.

**Oxígeno disuelto:** cantidad de oxígeno presente en el agua a una temperatura determinada.

**Parámetro:** variable medible cuyo valor está determinado por las características del sistema. En el caso de estudios de agua, los parámetros pueden ser: temperatura, pH, entre otros.

**Sedimentos:** materia que tras haber estado suspendida se deposita en el fondo de un líquido.

**Vertidos líquidos:** descarga de aguas residuales que se realice directa o indirectamente a los cauces mediante canales, desagües o drenajes de agua, descarga directa sobre el suelo o inyección en el subsuelo, descarga a redes cloacales, descarga al medio marino costero y descargas submarinas.

## **CAPÍTULO III**

### **DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

#### **3.1 Descripción general del sistema de drenaje de la margen derecha del río Neverí**

El río Neverí constituye un elemento hidrográfico importante para el área de la conurbación Barcelona – Lechería – Puerto la Cruz. Posee un canal de alivio que desvía una parte de los gastos de sus crecientes para evitar inundaciones en el casco central de la ciudad de Barcelona, y descarga hacia el Mar Caribe, al igual que la madre vieja de éste río.

El sistema de drenaje de la margen derecha del río Neverí, está compuesto por ocho (8) colectores y una laguna de retención, encargados de desaguar una parte de Barcelona, Lechería y el Morro. Estos colectores son el G, H, T, B, GH, HB, I y el canal principal CP-2.

Sólo los colectores G, H y T descargan directamente sobre la laguna de retención de los Tronconales, ésta tiene una función reguladora y su caudal de salida fluye a través del dren CP-2 hacia la madre vieja del río, a pocos metros de la salida hacia el mar Caribe.

#### **3.2 Descripción del colector CP-2**

El colector CP-2 comienza su trayectoria dentro del municipio Simón Bolívar en la ciudad de Barcelona, a la altura del cruce de Lechería en el punto de descarga de la laguna de los Tronconales. Aproximadamente, los primeros 170 m de su trayectoria se encuentran bajo tierra, sin embargo, la mayor parte de su recorrido lo realiza a cielo abierto en el municipio Diego Bautista Urbaneja, a través de un canal excavado en tierra de sección trapecial.

La sub-cuenca hidrológica del colector CP-2 abarca un área tributaria de aproximadamente 226,33 Ha correspondientes a un sector de la avenida Jorge Rodríguez (antigua Av. Intercomunal), Lechería y el Morro. Sus principales afluentes son la laguna de retención de los Troconales, el canal CP-2-8 y el canal proveniente de la laguna Rómulo Gallegos.

Una parte del sector industrial las Garzas y del cerro Colorado ubicados en la avenida Jorge Rodríguez (antigua Av. Intercomunal), drenan hacia el CP-2-8 a través de un pequeño canal de tierra de aproximadamente 153 m de longitud, el cual se encuentra ubicado al lado de la torre BVC. En este punto el flujo del agua se divide, una parte fluye en dirección Este hacia el sector Venecia, y la otra fluye en dirección opuesta hacia la estación de servicio ubicada frente al centro comercial Plaza Mayor donde se une con el colector CP-2.

Es importante destacar que el canal CP-2-8 posee una pendiente poco pronunciada, por lo cual su comportamiento depende de la intensidad de las precipitaciones, la vegetación, su limpieza y mantenimiento. Debido a las razones antes mencionadas, el lugar exacto donde ocurre la división del flujo

del agua no puede ser definido con precisión, ya que en algunos casos puede situarse más cerca o más lejos del punto de conexión con el CP-2.

El relleno del área del Complejo Turístico el Morro originó el represamiento de las aguas de lluvia y la formación de lo que hoy se conoce como la laguna del barrio Rómulo Gallegos. Anteriormente, el drenaje de esta laguna era hacia Playa Lido y en la actualidad, el paso del agua hacia la playa se encuentra bloqueado. Cuando el nivel del agua de la laguna aumenta, ésta drena a través de un canal de tierra paralelo a la avenida Arismendi en dirección hacia el Peñón del Faro.

Específicamente en el punto CP-2-3 ubicado en la intersección de la calle Mariño con la avenida Daniel Octavio Camejo, se pasa el agua de dicho canal hacia el CP-2 mediante un mecanismo de bombeo que entra en funcionamiento cuando es necesario, para evitar inundaciones de las zonas aledañas a la laguna.

El recorrido del agua a través del colector CP-2 termina en la llegada a la madre vieja del río, la cual se encuentra a 380 m aproximadamente de la salida al mar Caribe, donde se encuentra la chimenea de equilibrio en el sector Santa Rosa de Lechería.

### **3.3 Situación ambiental actual del colector CP-2**

Actualmente la condición ambiental del colector CP-2 se encuentra en un grave estado de deterioro. A continuación se destacan las principales características de esta situación:



La superficie del agua que fluye a través del colector se encuentra cubierta en algunas zonas, casi por completo, de plantas que crecen típicamente en aguas contaminadas, por lo cual se les considera como indicadoras de esta condición.

Justo detrás del punto conocido como CP-2-3, las edificaciones existentes adyacentes al canal se encuentran dispuestas muy cercanas al mismo, por lo que es imposible el paso de maquinaria pesada cuando se realizan las labores de limpieza y mantenimiento.

El agua presenta un color oscuro y turbio, y en gran parte de su superficie se observa grasa flotante.

Existe acumulación de basura y desperdicios en los alrededores del colector, así como también en la superficie del agua que fluye por el mismo.

Existen tuberías de impulsión de aguas servidas adyacentes a la trayectoria del colector CP-2 que presentan constantes rupturas y cuyas aguas caen directamente sobre el canal.

## **CAPÍTULO IV**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **4.1 Búsqueda de información preliminar**

En esta etapa se procedió a la búsqueda y recopilación de información escrita, a través de la revisión de: manuales, proyectos, libros, trabajos de grado, normativa vigente, internet, enciclopedias, revistas científicas, entre otros; con información sobre el sistema de drenaje de la margen derecha del río Neverí, haciendo énfasis en el canal principal CP-2, sus características principales y afluentes, ubicación de las estaciones de bombeo de aguas servidas y tuberías de impulsión cercanas a éste, así como la metodología para la determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos para la caracterización del agua de este canal.

También se realizaron consultas a expertos, ingenieros especializados y personas relacionadas con el tema y área de estudio; visitas a instituciones públicas como Hidrocaribe, Ministerio del Ambiente, Ministerio de Infraestructura, COVINEA, y Alcaldía de Lechería (Ingeniería Municipal y Servicios Públicos), con la finalidad de recopilar la información anteriormente descrita, así como planos del sistema de drenaje primario de la zona en estudio.

#### **4.2 Delimitación de la sub-cuenca hidrológica del Dren CP-2**

El dren CP-2 por ser un canal de transición que desagua la laguna de los Tronconales, posee una cuenca hidrológica muy extensa que además de su sub-cuenca, abarca las de los colectores G, H, y T; así como también, la sub-cuenca de la laguna de retención.

Para la delimitación de la sub-cuenca hidrológica del CP-2 fue necesario la realización de un recorrido por las calles y avenidas de la zona en estudio bajo condiciones de precipitación intensa, con la finalidad de observar el recorrido del drenaje superficial y definir las áreas tributarias que aportan los gastos de aguas de lluvia directamente hacia el canal CP-2 y sus afluentes.

Para este fin, se utilizó un plano obtenido en el Ministerio de Infraestructura. En vista de que el plano disponible se encontraba en formato digital, se empleó el programa AUTOCAD 2009, para el cálculo del área total de la sub-cuenca y el trazado del drenaje superficial sobre las calles y avenidas, en base a las curvas de nivel y topografía indicada en el plano.

### **4.3 Muestreo, ensayos in situ y en el laboratorio**

#### **4.3.1 Plan de Muestreo**

Se realizó un plan de muestreo que permitiera la representatividad de las muestras y un análisis de laboratorio conforme en lo establecido en los métodos estandarizados y normativa vigente <sup>[13, 16, 17, 18]</sup>.

Dicho plan involucró los siguientes aspectos: determinación de parámetros, puntos de muestreo, tipo de muestra, métodos de preservación de la muestra y cronograma de recolección de muestras.

#### **4.3.1.1 Determinación de parámetros**

De acuerdo a la disponibilidad de materiales y equipos en el laboratorio, se seleccionaron ciertos parámetros básicos para determinar la calidad de un cuerpo de agua, haciendo comparaciones con la normativa vigente.

Una vez establecidos los parámetros a ser analizados, se determinó el volumen de muestra mínimo requerido para la realización de cada prueba de laboratorio <sup>[13]</sup>:

DBO = 1000 ml

DQO = 100 ml

Aceites y Grasas = 1000 ml

Fósforo Total = 100 ml

Nitrógeno Kjeldahl = 500 ml

Sólidos Suspendidos Totales = 200 ml

Coliformes Totales y Fecales = 100 ml

Nitritos y Nitratos = 200 ml

**Volumen Total de Muestra = 3200 ml**

Este volumen se tomó tanto en el punto de inicio como en el punto de descarga del canal.

#### **4.3.1.2 Selección de Puntos de Muestreo**

Se hizo un recorrido por la trayectoria del canal CP-2, y se escogió un punto cercano al inicio del mismo (Prog. 0+282), en el cual se encontraba un puente peatonal que permitía la fácil recolección de las muestras. Para el punto de descarga se seleccionó un puente de una vía que pasa sobre el canal (Prog. 1+681), el cual se encuentra a 470 m aproximadamente de la disposición final del agua en la madre vieja del río. Esto se debió, a que en el punto exacto de llegada del canal a la madre vieja, cuando el nivel del agua es muy bajo, ésta retrocede y en lugar de salir entra al canal, lo cual haría que las muestras no fueran representativas para el estudio que se deseaba llevar a cabo.

#### **4.3.1.3 Tipo de Muestra**

Se seleccionó el tipo de muestra instantánea, ya que refleja las características del cuerpo de agua en el momento de su captación.

#### **4.3.1.4 Método de preservación de la Muestra**

Se realizó de acuerdo a lo establecido en los métodos estandarizados y la normativa vigente <sup>[13, 16]</sup>.

#### **4.3.1.5 Cronograma de recolección de muestra**

Los muestreos se realizaron cada tres semanas, para abarcar un periodo de cinco meses, época de lluvia y época seca, y así observar la variación de los parámetros medidos a través del tiempo y de los cambios climáticos.

**Tabla 4.1 Cronograma de recolección de muestra**

Muestreo	1	2	3	4	5	6	7
Fecha	26/05/09	16/06/09	07/07/09	28/07/09	18/08/09	08/09/09	29/09/09

#### **4.3.2 Mediciones In Situ**

A la hora de la captación de la muestra en el sitio, se midió la temperatura del agua utilizando un termómetro de mercurio, se midió el pH de la misma con la ayuda de un pHmetro, y para la altura del agua en cada punto, se introdujeron los tubos empleados para recolectar la muestra hasta el fondo del canal y con la ayuda de una cinta métrica se midió la marca de agua que quedó en ellos.

#### **4.3.3 Ensayos de laboratorio**

Se hicieron los análisis físicos, químicos y bacteriológicos de las muestras captadas tanto en el inicio como en la descarga del colector CP-2, siguiendo las indicaciones de los métodos estandarizados y de las normas venezolanas correspondientes <sup>[13, 16]</sup>.

Los ensayos que se realizaron fueron los siguientes: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno Total (NT), Nitritos y Nitratos, Fósforo Total (PT), Coliformes

Totales y Fecales (CT y CF), Aceites y Grasas (A y G) y Sólidos Suspendidos Totales (SST).

#### **4.3.3.1 Sólidos Suspendidos Totales**

**Método:** Determinación de Sólidos Suspendidos Totales (COVENIN 2461-87) <sup>[17]</sup>.

#### **Equipos y herramientas**

- Agitador magnético. Marca: Hanna. Modelo: HI 190M.
- Aparato de extracción al vacío. Sin marca
- Balanza analítica. Marca: Denver. Modelo: AA-160. Apreciación:  $\pm 0,0001$  g. Capacidad: 160g.
  
- Beakers 600, 800 y 1000 ml. Marca: Pyrex.
- Bomba de vacío. Marca: Gast. Modelo: 0211-V45M-68CX. Serial: 0891 60 Hz. PH: 1. 1725 RPM.
- Cilindro graduado. Marca: Pyrex. Capacidad: 50 ml. Apreciación:  $\pm 1$  ml.
- Crisoles de porcelana. Capacidad: 130 ml.
- Desecador. Marca: Pyrex.
- Horno para secado. Marca: Boekel. Modelo: 107905. Capacidad: 0 - 200°C. Apreciación:  $\pm 0,1$  °C.
- Jeringas.
- Papel de filtro GF/C Ø 5.5 cm. Marca: Whatman.
- Picetas. Marca: Pyrex.

- Pinza metálica.

### **Preparación del Equipo de Filtración**

1. Se colocó un filtro en el aparato de extracción al vacío, se encendió la bomba y se aplicó vacío. Se lavó el filtro con tres porciones sucesivas de 20 ml de agua destilada, continuando la succión hasta eliminar toda traza de agua.
2. Se colocó el filtro en un crisol de porcelana y se llevó a un horno a 103-105 °C durante 1 h.
3. Luego, se enfrió en un desecador y se pesó hasta obtener peso constante.
4. Se repitió este procedimiento para el resto de los filtros y se guardaron en un desecador hasta el momento de utilizarlos.

### **Procedimiento Experimental de Sólidos Suspendidos Totales**

- Utilizando vacío, se filtró un volumen medido de muestra bien mezclado. Se continuó la succión hasta eliminar toda traza de agua y se lavo con 3 porciones sucesivas de 10 ml de agua destilada, permitiendo un drenaje total después de cada lavado, y se continuó la succión durante 3 minutos al término de la filtración.
- Se colocó el filtro nuevamente en el crisol y se llevó al horno durante 1 hora a 103-105 °C.
- Se enfrió en un desecador y se pesó hasta obtener peso constante.
- Los pasos 2 y 3 se repitieron hasta obtener peso constante o hasta que la pérdida de peso sea menor de 0,5 mg.



- Este procedimiento se realizó por triplicado para cada punto de muestreo.

### Muestra de Cálculo

#### Ensayo de Laboratorio N° 3: 07/07/09

**Muestra de Cálculo de Sólidos Suspendidos Totales, utilizando la Ecuación 2.1**

#### Inicio

$$SST = \frac{(22.5501 - 22.5415)g}{100 \text{ ml}} \times 1000 \frac{\text{ml}}{\text{l}} \times 1000 \frac{\text{mg}}{\text{g}} = 86 \text{ mg/l}$$

#### Descarga

$$SST = \frac{(29.3801 - 29.3699)g}{100 \text{ ml}} \times 1000 \frac{\text{ml}}{\text{l}} \times 1000 \frac{\text{mg}}{\text{g}} = 102 \text{ mg/l}$$

**Análisis estadístico (Muestra de cálculo del punto de Inicio)**

$$\bar{X} = \frac{(\sum_{i=1}^3 464 + 692 + 640)}{3} = 598.67 \text{ mg/l}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (464 - 598.67)^2 + (692 - 598.67)^2 + (640 - 598.67)^2}{3-1}} = 119.49 \text{ mg/l}$$

#### Intervalo de confianza

$$598.67 \pm 1.96 \left( \frac{119.49}{\sqrt{3}} \right) = (733.88 - 463.46) \text{ mg/l}$$

#### 4.3.3.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

**Método:** Reflujo Cerrado – Colorimétrico (SM 5220 – Standard Methods) <sup>[13]</sup>

##### **Reactivos y Soluciones**

- Ftalato ácido de potasio estándar
- Reactivo de Ácido Sulfúrico
- Solución digestora
- Sulfato de mercurio II
- Sulfato de plata regente

##### **Equipos y Herramientas**

- Beakers. Marca: Pyrex.
- Buretas. Marca: Pyrex
- Capsulas de reacción de 10 ml.
- Cilindro graduado.
- Destilador. Marca: Pobel 906. Capacidad: 7 l/día.
- Espectrofotómetro. Marca: Perkin Elmer/Lambda 10.
- Nevera. Marca: Magic Chef.
- Pipetas graduadas. Marca: Pyrex. Capacidad: 2 ml, 5 ml, 10 ml, 25 ml y 50 ml.

- Propipetas de goma. Marca: Didacta.
- Reactor de DQO. Marca: Hach. Capacidad: 0 – 150 °C. Apreciación: 0,2°C.
- Viales de digestión preferiblemente tubos de borosilicato de 16x100 mm con tapa.

### **Preparación de Soluciones empleadas**

#### **Solución de digestión**

A 500 ml de agua destilada, se le agregaron 10,216 g de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ), previamente secado a 103°C por dos horas, 167 ml de ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ) y 33,3 g de  $HgSO_4$ . Se disolvió, se enfrió a temperatura ambiente y se diluyó a 1000 ml en un matraz aforado.

#### **Reactivo de ácido sulfúrico**

Se añadió sulfato de plata regente ( $Ag_2SO_4$ ) al ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ) en una relación de 5,5 g  $Ag_2SO_4$ /kg  $H_2SO_4$ .

#### **Estándar de Ftalato ácido de potasio**

Se pulverizó suavemente y se secó a peso constante a una temperatura de 120°C. Se disolvió 0,8503g de PKH seco en 1 l de agua destilada.

### **Curva de Calibración para la medición de la DQO**

Se pesaron 0,8503 g de PHK seco, se colocó en un matraz aforado de un (1) l de capacidad y se agregó agua destilada hasta completar 1 l (DQO = 1000 ppm).

Se realizaron las siguientes diluciones:

DQO250: Se agregaron 25 ml en un matraz aforado de 100ml, y se completó con agua destilada. (DQO = 250 ppm).

DQO500: Se agregaron 50 ml de la solución patrón en un matraz aforado de capacidad 100 ml, y se completó con agua destilada. (DQO = 500 ppm).

DQO750: Se agregaron 75 ml en un matraz aforado de 100 ml, y se completó con agua destilada. (DQO = 750 ppm).

DQO1000: Se tomaron directamente 100 ml. (DQO = 1000 ppm).

(Ver Fig. C.1, Anexo C)

### **Procedimiento Experimental de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

1. Se agregaron 50 ml de la muestra en un beaker y se le añadió 1 g de sulfato de mercurio II.
2. Se agregaron 2,5 ml de la muestra o una porción diluida de la misma y 2,5 ml de agua destilada para preparar el blanco en tubos de ensayos diferentes de 16x100mm

3. Se agregó a cada uno de los tubos 1,5 ml de solución digestora de dicromato de potasio para DQO y 3,5 ml de solución de ácido sulfúrico regente.
4. Se colocaron los tubos de ensayo con la muestra y el blanco en el reactor y se realizó la digestión a una temperatura constante de 150 °C por un tiempo de 2 horas.
5. Se esperó 15 minutos aproximadamente para que se enfriaran los tubos a temperatura ambiente.
6. Se llenaron tres cápsulas de reacción con las muestras digeridas y una más con el blanco digerido y se insertaron en el paso de la luz del espectrofotómetro con una longitud de onda igual a 600 nm.
7. Inicialmente se leyó la absorbancia y se comparó con la curva de concentración de la calibración del equipo. Posteriormente se leyeron directamente los valores de concentración de DQO en mg/l registrados por el espectrofotómetro.

#### **4.3.3.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

**Método:** Método de la Azida. (SM 5210 – Standard Methods) <sup>[13]</sup>.

#### **Equipos y Herramientas**

- Agitador magnético. Marca: Hanna. Modelo: HI 190M.

- Agitador magnético. Marca: TecnoLab. 110 volt. 40 watt.
- Balanza analítica. Marca: Denver. Modelo: AA-160. Apreciación:  $\pm 0,0001$  g. Capacidad: 160 g.
- Beakers. Capacidad: 25, 50 y 100 ml. Marca: Pyrex.
- Bomba de pecera. Marca: SHIRUBA. Modelo: K-2000.
- Botellas Winkler de incubación. Capacidad: 300 ml. Marca: Pyrex.
- Bureta. Capacidad: 50 ml. Precisión: 0.01 ml. Marca: Pyrex.
- Desecador
- Destilador. Marca: Pobel 906. Capacidad: 7 l/día.
- Goteros. Marca: Pyrex
- Horno para secado. Marca: Boekel. Modelo: 107905. Temp Máx. 200°C.
- Incubadora. Marca: Lab-Line. Modelo: 3550. Serial: 195-006. Capacidad: 0 – 50 °C. Apreciación: 0.2 °C.
- Incubadora. Marca: Memmert. Modelo: 700. Serial: D06063. Capacidad: 0 – 50 °C. Apreciación: 0.2 °C.
- Matraz Aforado. Capacidad: 1000 ml. Marca: pyrex.
- Nevera. Marca: Magic Chef. Modelo: RB191P.
- pH metro. Marca: OAKLON. Modelo: pH 3000 series. Serial: 227615.
- Pipetas graduadas. Capacidad: 1, 10, 15, 25, 50 y 100 ml. Apreciación:  $\pm 0,01$  ml. Marca: Pyrex.
- Propipetas de goma. Marca: Didacta

### **Reactivos y soluciones**

- Acido Glútamico. Marca: sigma.
- Acido Sulfúrico 6N ( $H_2SO_4$ ). Marca: Riedel – de Haën.
- Almidón. Marca: Riedel – de Haën.

- Azida de Sodio ( $\text{NaN}_3$ ). Marca: Riedel – de Haën.
- Cloruro de Amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).
- Cloruro de Calcio ( $\text{CaCl}_2$ )
- Cloruro Ferroso Hexa-hidratado ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). Marca: Riedel – de Haën.
- Dipotassium Hydrogen Phosphate ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ )
- Fosfato ácido de sodio heptahidratado. ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). Marca: Riedel–de Haën.
- Glucosa. Marca: Riedel – de Haën.
- Hidróxido de Sodio ( $\text{NaOH}$ ). Marca: Riedel – de Haën.
- Hidróxido de Sodio 6N ( $\text{NaOH}$ )
- Ioduro de Potasio ( $\text{KI}$ ). Marca: Riedel – de Haën.
- Magnesio Sulfato heptaidrato ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )
- Potasio dihidrógenofosfato ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ). Marca: Riedel – de Haën.
- Solución de Ácido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).
- Sulfato de Manganeso di-hidratado ( $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Marca: Riedel–de Haën.
- Sulfato de Manganeso Monohidratado ( $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Marca: Riedel – de Haën.
- Sulfato de Manganeso tetra-hidratado ( $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ). Marca: Riedel – de Haën.
- Sulfato de Potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )
- Tiosulfato de Sodio Pentahidratado ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). Marca: Riedel – de Haën.
- Yoduro de Sodio ( $\text{NaI}$ ). Marca: Riedel – de Haën.

## **Preparación de los Nutrientes**

### **Solución buffer de fosfato**

Se pesaron por separado 8.5 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 21.75 g de  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 33.4 de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  y 1.7 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , luego se disolvieron en un beaker de 1 l de capacidad en aproximadamente 500 ml de agua destilada y posteriormente se diluyó hasta 1 l en un matraz aforado.

### **Solución de sulfato de magnesio**

Se pesaron 22.5 g de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , luego se disolvió con agua destilada en un beaker y se llevó hasta la rasante en un matraz aforado de 1000 ml de capacidad.

### **Solución de cloruro de calcio**

Se pesaron 27.5 g de  $\text{CaCl}_2$ , luego se disolvió con agua destilada en un beaker y se llevó hasta la rasante en un matraz aforado de 1000 ml de capacidad.

### **Solución de cloruro ferroso**

Se pesaron 0.25 g de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , luego se disolvió con agua destilada en un beaker y se llevó hasta la rasante en un matraz aforado de 1000 ml de capacidad



### **Preparación del Patrón**

Se pesaron por separados 0.15 g de glucosa y 0.15 de ácido glutámico y se diluyeron en un matraz aforado hasta 1000 ml. Esta solución es estable por un mes, por lo que se recomienda prepararse todos los meses.

### **Preparación de las Soluciones para la Titulación**

#### **Solución de sulfato de manganeso**

Se pesaron por separado 480 g de  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , 400 g de  $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y 364 g de  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , luego se disolvieron en un beaker de 1 l de capacidad en aproximadamente 500 ml de agua destilada y posteriormente se diluyó hasta 1 l en un matraz aforado.

#### **Reactivo álcali-ioduro-azida**

Se pesaron 10 g de  $\text{NaN}_3$  y se disolvió en 500 ml de agua destilada en un matraz aforado de 1 l de capacidad, luego se pesaron 480 g de  $\text{NaOH}$  y 135 g de  $\text{NaI}$ , y se le agregaron lentamente al matraz agitando hasta disolverse y por último se diluyó hasta la línea de aforo.

#### **Almidón**

Se pesaron por separado 2 g de almidón y 0.2 g de ácido salicílico y se diluyeron en 100 ml de agua destilada caliente en un matraz aforado.

## **Tiosulfato de sodio**

Se pesaron por separado 6.205 g de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  y 1.5 ml de NaOH 6N y posteriormente se diluyeron en un matraz aforado de 1000 ml de capacidad con agua destilada.

## **Preparación del Agua de Dilución**

Se preparó el agua de dilución en una botella de vidrio llenándola con 10 l de agua destilada. Con una bomba se aireó dicho volumen de agua durante 2 h aproximadamente; luego se colocó la botella en la nevera hasta que el agua alcanzara una temperatura igual a 20 °C.

Posteriormente, se le agregó por cada litro de agua aireada 1 ml de los siguientes nutrientes: solución buffer de fosfato, solución de sulfato de magnesio, solución de cloruro de calcio y solución de cloruro ferroso. En este caso fueron 10 ml de cada uno para los 10 l. Luego de tener el agua de dilución preparada se le midió el pH para constatar de que éste se encontrara entre 6.5 y 7.

## **Procedimiento de la DBO**

Luego de preparar el agua de dilución, se procedió a montar el ensayo aclimatando primero las muestras a una temperatura de 20 °C, previamente conservadas a 4 °C. En base al valor obtenido por el ensayo de DQO, se encontraron los valores sugeridos en la tabla de las diluciones de muestra en mililitros que se le colocarán a cada botella (Ver tabla A.2, Anexo A).

En un beaker se vertieron las muestras colocándolo sobre un agitador magnético, y se extrajeron los mililitros que se obtuvieron anteriormente con la tabla de diluciones, para agregarlos a cada botella previamente identificada.

Posteriormente se agregó a cada botella el agua de dilución teniendo el cuidado de no producir burbujeo o turbulencia hasta enrasar la misma, luego se taparon cada una de ellas y se le colocó un sello con la misma agua de dilución.

Este ensayo se hizo por triplicado, lo que significa que se utilizaron tres (3) diluciones por cada muestra y tres (3) botellas por cada dilución, es decir, a una (1) botella se le midió el oxígeno disuelto inicial ( $OD_i$ ), y dos (2) fueron incubadas a 20 °C por 5 días, para medir el oxígeno disuelto final ( $OD_f$ ) (5 días, 20 °C). A estas botellas a incubar se le colocó papel parafinado antes de meterlas en la incubadora.

Aparte del triplicado de las muestras se preparó un patrón tomando dos botellas Winkler, llenando hasta la mitad con agua de dilución y agregándole 6 ml de la solución de glucosa y ácido glutámico (patrón) a cada una, más 0.5 ml de inóculo tomado de la superficie de la misma muestra. Se enrasaron hasta los 300 ml con agua de dilución, a una botella se le midió el oxígeno disuelto inicial ( $OD_i$ ), y la otra fue sellada con papel parafinado para ser incubada a 20 °C por 5 días para medir el oxígeno disuelto final ( $OD_f$ ).

Se prepararon dos blancos, uno con inóculo y otro sin inóculo. Al blanco sin inóculo, solamente se le agregaron los 300 ml de agua de dilución,

tapándose y sellándose, de igual manera a una se le midió el oxígeno disuelto inicial ( $OD_i$ ), y una segunda botella e este blanco fue sellada con papel parafinado para ser incubada a 20 °C por 5 días, para medir el oxígeno disuelto final ( $OD_f$ ). Al blanco con inóculo a diferencia del otro, se le agregaron 0.5 ml de inóculo.

### **Procedimiento Experimental (Método de la Azida).**

Se siguieron los siguientes pasos:

1. Se midió la temperatura a cada botella antes de ser titulada logrando que se encontrara en 20 °C aproximadamente.
2. Se le agregó a cada botella Winkler 1 ml de sulfato de manganeso y 1 ml de reactivo álcali-ioduro-azida.
3. Se mezcló por inversión.
4. Cuando el flóculo sedimentó se le agregó 1 ml de ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ).
5. Se mezcló por inversión.
6. Se le extrajeron 99 ml de líquido con una pipeta teniendo cuidado de no hacer turbulencia o burbujeo.
7. Se le agregó una gota de almidón.

8. Y por último se procedió a titular los 201 ml restantes en la botella Winkler con tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ).

9. Se repitió este método para todas las botellas una por una.

### **Muestra de Cálculos**

#### **Muestra de Cálculo del número de botellas a utilizarse para el ensayo**

$N = (3 \text{ diluciones} * 3 \text{ botellas/dilución}) * 2 \text{ muestras} + (1 \text{ botella/patrón}) * 2 \text{ patrones} + (1 \text{ botella/blanco}) * 2 \text{ blanco} + (1 \text{ botella/blanco con inoculo}) * 2 \text{ blanco con inoculo} = 24 \text{ botellas.}$

#### **Muestra de Cálculo del volumen de agua de dilución**

$V = 24 \text{ botellas} * 300 \text{ ml} = 7200 \text{ ml} = 7.2 \text{ l}$

Nota: se utilizaron 10 l por seguridad, en caso de ocurrir algún error.

### **Ensayo de Laboratorio N° 1: 26/05/09**

#### **Muestra de Cálculo de la $\text{DBO}_5$ sin inoculo, utilizando la Ecuación 2.2**

#### **Inicio**

##### Dilución 20 ml

Se descartó esta dilución ya que la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el oxígeno disuelto final fue muy baja.

### Dilución 35 ml

$$P = \frac{35 \text{ ml}}{300 \text{ ml}} = 0.117 \text{ ml}$$

$$\text{DBO} = \frac{D1-D2}{P} = \frac{7.80-6.45}{0.117} = 11,54 \text{ mg/l}$$

$$\text{DBO} = \frac{D1-D2}{P} = \frac{7.80-6.20}{0.117} = 13,68 \text{ mg/l}$$

### Dilución 50 ml

$$P = \frac{50 \text{ ml}}{300 \text{ ml}} = 0.167 \text{ ml}$$

$$\text{DBO} = \frac{D1-D2}{P} = \frac{8,00-6.55}{0.167} = 8,68 \text{ mg/l}$$

$$\text{DBO} = \frac{D1-D2}{P} = \frac{8,00-6.55}{0.167} = 8,68 \text{ mg/l}$$

### Descarga

#### Dilución 7 ml

$$P = \frac{7 \text{ ml}}{300 \text{ ml}} = 0.023 \text{ ml}$$

$$\text{DBO} = \frac{D1-D2}{P} = \frac{7.90-6.25}{0.023} = 71,74 \text{ mg/l}$$

$$\text{DBO} = \frac{D1-D2}{P} = \frac{7.90-6.05}{0.023} = 80,43 \text{ mg/l}$$

#### Dilución 10 ml

$$P = \frac{10 \text{ ml}}{300 \text{ ml}} = 0.033 \text{ ml}$$

$$\text{DBO} = \frac{D1-D2}{P} = \frac{7,35-5,90}{0.033} = 43,93 \text{ mg/l}$$

$$\text{DBO} = \frac{D1-D2}{P} = \frac{7,35-6,15}{0.033} = 36,36 \text{ mg/l}$$

#### Dilución 15 ml

$$P = \frac{15 \text{ ml}}{300 \text{ ml}} = 0.05 \text{ ml}$$

$$\text{DBO} = \frac{D1-D2}{P} = \frac{7,10-5,40}{0.05} = 34,00 \text{ mg/l}$$

$$\text{DBO} = \frac{D1-D2}{P} = \frac{7,10-5,60}{0.05} = 30,00 \text{ mg/l}$$

#### Chequeo del blanco

$$\text{OD}_i - \text{OD}_f = 8.0 - 7.95 = 0.05 \text{ mg/l}$$

#### **Muestra de Cálculo del patrón**

$$\text{DBO} = \frac{(D1-D2) - (B1-B2)f}{P} = \frac{(7.20-3.55) - (7.15-7.05)0.98}{0.02} = 177,6 \text{ mg/l}$$

$$P = \frac{6 \text{ ml}}{300 \text{ ml}} = 0.02 \text{ ml}$$

$$f = \frac{300 \text{ ml} - 6 \text{ ml}}{300 \text{ ml}} = 0.98 \text{ ml}$$

### Análisis Estadístico (Muestra de cálculo del punto de Inicio)

$$\bar{x} = \frac{(\sum_{i=1}^4 11.54 + 13.68 + 8.68 + 8.68)}{4} = 10.65 \text{ mg/l}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 (11.54 - 10.65)^2 + (13.68 - 10.65)^2 + (8.68 - 10.65)^2 + (8.68 - 10.65)^2}{4 - 1}}$$

$$\sigma = 2.43 \text{ mg/l}$$

### Intervalo de confianza

$$10.65 \pm 1.96 \left( \frac{2.43}{\sqrt{4}} \right) = (13.40 - 7.89) \text{ mg/l}$$

#### 4.3.3.4 Aceites y Grasas

**Método:** Gravimétrico. COVENIN (2831-2002) <sup>[18]</sup> / (SM 5520 – Standard Methods) <sup>[13]</sup>.

### Materiales y Equipos

- Balanza analítica. Marca: Denver Instrument Company AA – 160. Apreciación: ± 0,0001 g. Capacidad: 160g.
- Balón de destilación. Marca: Pyrex. Capacidad: 50 ml.



- Botella de vidrio (tapa de rosca revestida de teflón). Capacidad: 500ml.
- Cilindro Graduado. Marca: Pyrex. Capacidad: 10 mL.
- Desecador. Marca: Pyrex.
- Embudo de filtración de vidrio. Marca: Pyrex.
- Embudo de Separación con tapa y llave de teflón. Marca: Pyrex. Capacidad: 1 L.
- Mangueras.
- Manta eléctrica.
- Papel de filtro. Whatman N° 40.
- Soporte Universal.
- Termómetro de mercurio. Capacidad: 100 °C. Apreciación 1°C.
- Tubo de destilación.

### **Reactivos**

- Ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ )
- n-Hexano 85% de pureza, residuos menores a 1 mg/l
- Sulfato de Sodio ( $Na_2SO_4$ ) anhidro, cristalizado.

### **Procedimiento Experimental**

1. Se captaron aproximadamente 500 ml de muestra y se acidificó a  $pH < 2$ , con ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ ).
2. Luego, se transfirió la muestra a un embudo de separación y se lavó el recipiente que contenía la muestra con 20ml de n-Hexano y se agregó el líquido de lavado al embudo de separación.

3. Se agitó el embudo de separación vigorosamente por 2 minutos, liberando la presión cada cierto tiempo.
4. Se dejó reposar hasta que las dos fases se separaron, y se descartó la fase inferior acuosa.
5. Se drenó la fase del solvente, hacia un balón de destilación limpio, previamente secado y pesado (**B**), haciéndolo pasar a través de un embudo previsto con 10 g de sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) sobre el papel de filtro lavado con una porción de 10 ml de solvente, y se dejó drenar solvente emulsificado a través del sistema de filtración.
6. Se extrajo dos veces más la muestra con porciones de 15 ml de solvente.
7. Se repitieron dos veces los pasos descritos en los puntos de 4 a 6.
8. Luego, se colocó el balón de destilación en la manta eléctrica, dejando evaporar el solvente completamente, a una temperatura no mayor de  $70^\circ\text{C}$  aproximadamente durante 30 minutos, y se recuperó una parte del n-Hexano usado.
9. Por último, se dejó enfriar el balón en un desecador durante 30 minutos para llevarlo a un peso constante, y registrar éste como (**A**) para la determinación de los aceites y grasas.

### **Muestra de Cálculos**

### **Ensayo de Laboratorio N° 1: 26/05/09**

### **Muestra de Cálculo de Aceites y Grasas, utilizando la Ecuación 2.4**

### **Inicio**

$$\text{Aceites y Grasas (mg/l)} = \frac{(27,9023 \text{ g} - 27,8861 \text{ g}) \times 10^5}{500 \text{ ml}} = 32,4 \text{ mg/l}$$

### **Descarga**

$$\text{Aceites y Grasas (mg/l)} = \frac{(27,8862 \text{ g} - 27,8823 \text{ g}) \times 10^5}{500 \text{ ml}} = 7,80 \text{ mg/l}$$

### **4.3.3.5 Fósforo Total (PT)**

**Método:** Colorimétrico con Ácido Vanadomolibdofosfórico. (SM 4500 – Standard Methods)<sup>[13]</sup>

### **Materiales y Equipos**

- Balanza analítica. Marca: Denver Instrument Company AA – 160. Apreciación: ± 0,0001 g. Capacidad: 160g.
- Campana de extracción. Marca: Lavascoin
- Cápsulas de reacción. Capacidad: 10ml.
- Destilador. Marca: Pobel 906.
- Envases de Erlenmeyer. Marca: Pyrex. Capacidad: 125ml. Apreciación: 25 ml.
- Espectrofotómetro. Marca: Perkin Elmer / Lambda 10.
- Gotero. Marca: Pyrex.
- Matraz Aforado. Capacidad: 50 ml, 100 ml, 250 ml.
- pHmetro. Marca: OAKLON. Modelo: pH 3000 series. Serial: 227615.
- Piceta. Marca: Pyrex.

- Pipetas graduadas. Marca: Pyrex. Capacidad: 2 ml, 5 ml, 10 ml, 25 ml y 50 ml. Apreciación:  $\pm 0,01$  ml.
- Plancha calentadora. Marca: VWR. Capacidad: 0 – 400 °C.. Apreciación:  $\pm 0,1$  °C.
- Propipetas de goma. Marca: Didacta.

### **Reactivos y Soluciones**

- Ácido Clorhídrico (HCl). Marca: Riedel de Haën
- Fenolftaleína.
- Fosfato Diácido de Potasio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ). Marca: Riedel de Haën
- Hidróxido de Sodio. (NaOH). Marca: Riedel de Haën
- Metavanadato de Amonio  $\text{NH}_4\text{VO}_3$
- Molibdato de Amonio.  $(\text{NH}_4)_6\text{M}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- Persulfato de Potasio ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ). Marca: Riedel de Haën
- Solución de Ácido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Marca: Riedel de Haën

### **Preparación de Soluciones**

#### **Indicador de fenolftaleína**

Se disolvieron 0,5 g de fenolftaleína en una mezcla de 50 ml de alcohol etílico o isopropílico y 50 ml de agua destilada.

#### **Solución de Acido Sulfúrico**

Se agregó cuidadosamente 300 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado en un matraz aforado de 1000 ml de capacidad, luego 600 ml de agua destilada y se diluyó a 1 l con agua destilada.

### **Hidróxido de Sodio 1N**

Se disolvieron 20 g de NaOH en 400 ml de agua destilada. Se enfrió la solución a temperatura ambiente y se diluyó a 500 ml con agua destilada.

### **Ácido Clorhídrico(HCl)**

Se agregó un volumen de HCl a un volumen de agua, los dos en la misma cantidad.

### **Solución A**

Se disolvieron 25 g. de molibdato de amonio  $(\text{NH}_4)_6\text{M}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  en 300 ml de agua destilada.

### **Solución B**

Se disolvieron 1,25 g. de Metavanadato de amonio  $\text{NH}_4\text{VO}_3$ , en 300 ml de agua destilada calentando hasta ebullición. Se enfrió a temperatura ambiente, y se agregaron 330 ml de HCl concentrado.

### **Reactivo Vanadato-Molibdato**

Se agregó la solución A en la B, y se diluyó a 1000 ml.

### **Solución concentrada de fosfatos**

(1,00 ml = 50,0  $\mu\text{g PO}_4^{-3}\text{-P}$ ), se disolvieron en agua destilada 219,5 mg de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  anhidro, previamente secado durante 1 h a 105 °C y se diluyó a 1000 ml.

## **Curva de Calibración para la medición del Fósforo**

### **Solución estándar de fosfato**

Se disolvió en agua destilada 219,5 mg del anhidro  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  y posteriormente se diluyó a 1000 ml; 1.00 mL = 50  $\mu\text{g PO}_4^{3-}$  - P.

Luego, a una serie de matraces aforados de 50 ml se agregaron alícuotas de la solución estándar de fosfato para preparar patrones con concentraciones en el rango de 0 mg/l a 20 mg/l.

Se realizaron las siguientes diluciones:

Patrón 1: Se agregaron 2 ml de la solución estándar de fosfato en un matraz aforado de 50ml, y se completó con agua destilada.

Patrón 2: Se agregaron 5 ml de la solución estándar de fosfato en un matraz aforado de capacidad 50 ml, y se completó con agua destilada.

Patrón 3: Se agregaron 10 ml de la solución estándar de fosfato en un matraz aforado de 50 ml, y se completó con agua destilada.

Patrón 4: se agregaron 15 ml de la solución estándar de fosfato en un matraz aforado de 50 ml, y se completó con agua destilada.

Patrón 5: se agregaron 20 ml de la solución estándar de fosfato en un matraz aforado de 50 ml, y se completó con agua destilada.

Después de 10 min o más, se determinó la absorbancia de la muestra a una longitud de onda de 420 nm utilizando el patrón de 0 mg/l, para calibrar el espectrofotómetro.

(Ver Fig. C.2, Anexo C)

### **Procedimiento Experimental del Fosforo Total**

#### **Digestión con Persulfato [Standard Methods 4500-P B.5] <sup>[13]</sup>**

Se transfirieron 50 ml de muestra previamente acidificada, se agregaron 0,05 ml (1 gota) de fenolftaleína; si se desarrolló una coloración rosada, se agregó gota a gota solución de ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) hasta eliminar el color, se agregó 1 ml adicional de ésta solución y 0,4 g de  $(NH_4)_2S_2O_8$  o 0,5 g de  $K_2S_2O_8$  sólido.

Se llevó a ebullición suavemente la mezcla sobre una plancha de calentamiento durante 30 a 40 minutos, o hasta obtener un volumen de 10 ml. Se enfrió y se diluyó a 30 ml con agua destilada, se agregaron 0,05 ml (1 gota) de indicador de fenolftaleína y se neutralizó con NaOH 1 N, hasta que apareció un ligero color rosado.

Se llevó el volumen a 100 ml con agua destilada. Ésta fue la muestra a utilizar para la determinación de fósforo por el Método Colorimétrico con Ácido Vanadomolibdofosfórico.

### Método Colorimétrico con Ácido Vanadomolibdofosfórico <sup>[13]</sup>.

Se transfirieron 35 ml de muestra a un balón aforado de 50 ml; se agregaron 10 ml de reactivo Vanadato-Molibdato y se diluyó hasta la marca con agua.

Después de 10 min o más, se determinó la concentración de Fósforo Total de la muestra a una longitud de onda de 400 nm utilizando el blanco de 0 mg-P/l tratado, para calibrar el espectrofotómetro.

### **Muestra de cálculos**

#### **Ensayo de Laboratorio N° 1: 26/05/09**

#### **Análisis estadístico (Muestra de cálculo del punto de Inicio)**

$$\bar{X} = \frac{(\sum_{i=1}^3 2.10 + 1.90 + 2.00)}{3} = 2.00 \text{ mg/l}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (2.10 - 2.00)^2 + (1.90 - 2.00)^2 + (2.00 - 2.00)^2}{3-1}} = 0.10 \text{ mg/l}$$

#### Intervalo de confianza

$$2.00 \pm 1.96 \left( \frac{0.10}{\sqrt{3}} \right) = (2.11 - 1.89) \text{ mg/l}$$



#### **4.3.3.6 Nitrógeno Total (Amoniacal y Orgánico)**

**Método:** Macro-Kjeldahl y Método del Electrodo Selectivo de Amoníaco. (SM 4500 – C Standard Methods) <sup>[13]</sup>.

El nitrógeno total se determinó utilizando el método Macro-Kjeldahl y el método del electrodo selectivo de amoníaco. En el método Macro-Kjeldahl, el nitrógeno orgánico y amoniacal se transforma en sulfato de amonio  $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$ ; mediante un proceso de digestión. La muestra se calienta en presencia de ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , sulfato de potasio  $\text{K}_2\text{SO}_4$  y sulfato de mercurio  $\text{HgSO}_4$  como catalizador, hasta que ocurra desprendimiento de humos ( $\text{SO}_3$ ) y la solución se torne incolora o amarillo pálido. Esta solución se destila recolectando el destilado en ácido sulfúrico.

El electrodo selectivo de amoníaco consta de una membrana la cual es permeable al gas. Al llevar el pH de la muestra a 11, agregando una base fuerte, el amoníaco disuelto se difunde por la membrana cambiando el pH de la solución interna. Este cambio es detectado por un electrodo de pH. Los cambios en el potencial son reportados en milivoltios, siendo necesaria la preparación de una curva de calibración para el equipo.

#### **Equipos y materiales**

- Balones de digestión de 100 ml a 800 ml.
- Campana de extracción.
- Electrodo selectivo de amoníaco.

- Equipo de destilación.
- Equipo para la agitación magnética
- Plancha de calentamiento.

## **Reactivos y Soluciones**

### **Solución de sulfato de mercurio**

Se disolvieron 8 gr de óxido rojo de mercurio, HgO, en 100 ml de ácido sulfúrico 6N. Esta sustancia es tóxica y debió manejarse bajo campana y evitarse el contacto con la piel.

### **Reactivo de digestión**

Se disolvieron 134 g de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en 650 ml de agua y 200 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Se agregaron manteniendo agitación, 25 ml de solución de sulfato de mercurio y se diluyó a 1 l con agua. Se almacenó a una temperatura de 20°C para evitar la cristalización.

### **Reactivo de hidróxido – tiosulfato de sodio**

Se disolvieron 500 g de NaOH y 25 g de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5H<sub>2</sub>O en agua destilada y se diluyó a 1 l.

### **Hidróxido de Sodio NaOH 6N**

Se disolvieron 240 g de NaOH en agua y se diluyó a 1 l.

### **Hidróxido de sodio NaOH 10N**

Se disolvieron 400 g de NaOH en 800 ml de agua. Se dejó enfriar y se diluyó a 1 l con agua destilada.

### **Solución madre de amoníaco**

Se disolvieron en agua destilada 3,918 g de cloruro de amonio anhidro, secados a 100 °C y se diluyeron hasta 1 l.

### **Solución patrón de amonio**

Se diluyeron 10 ml de solución concentrada de amonio a 1000 ml con agua destilada.

### **Selección del volumen de muestra y preparación de la muestra**

Se colocó un volumen medido de muestra en un matraz Kjeldahl de 800 ml. Se seleccionó un volumen de muestra a utilizar de 50 ml de la tabla siguiente:

**Tabla 4.2 Volumen de muestra de acuerdo a la cantidad de Nitrógeno orgánico presente.**

Nitrógeno orgánico en la muestra (mg/l)	0 - 1	1 - 10	10 - 20	20 - 50	50 - 100
Volumen de muestra (ml)	500	250	100	50	25

La muestra se diluyó a 300 ml, y se neutralizó a un pH 7.

### **Digestión**

Se agregaron 50 ml de reactivo de digestión y unas perlas de vidrio al balón de destilación. Se conectó el equipo de digestión. Se dejó digerir la solución hasta que se redujo el volumen hasta 25 ml y ocurrió el desprendimiento de humo blanco de SO<sub>3</sub>. Se continuó la digestión por 30 min más, se dejó enfriar, se le agregó 300 ml de agua y se mezcló bien.

La solución digerida se alcalinizó agregando cuidadosamente 50 ml de reactivo de hidróxido-tiosulfato de sodio.

### **Destilación**

Se conectó el balón al equipo de destilación, y se agitó para mezclar el digestado. Antes de empezar la destilación se colocó al extremo del condensador un erlenmeyer con 50 ml de  $H_2SO_4$  0,04 N. Se inició el proceso de destilación, recogiendo 200 ml de destilado, los cuales se diluyeron a 500 ml con agua destilada.

### **Curva de Calibración para la medición del Nitrógeno Total**

Se prepararon patrones de amoníaco con las siguientes concentraciones de la solución madre de amoníaco: 1000, 100, 10, 1, 0,1 mg  $NH_3-N$  /l.

En vasos precipitados de 150 ml se pasaron 100 ml de cada uno de los patrones. Se colocó el electrodo en el patrón de menor concentración manteniendo la agitación. El electrodo se mantuvo sumergido mientras se procedía a añadir 1 ml de NaOH 10N para llevar el pH a 11. Se mantuvo la agitación hasta que la lectura de milivoltios se hizo estable. Este procedimiento se le aplicó a cada patrón, obteniendo para cada uno su respectiva lectura de mV. Los valores de mV para los patrones se graficaron en función de los logaritmos de las concentraciones de los mismos, obteniéndose la curva de calibración. (Ver Fig C.3, Anexo C,)

## **Procedimiento Experimental**

Para medir la concentración de nitrógeno total en las muestras se le aplicó el mismo el procedimiento usado para medir el potencial con los patrones. Con el valor de mV de cada muestra se entró en la gráfica y se hizo la lectura de la concentración de Nt.

### **4.3.3.7 Nitritos**

**Método:** Colorimétrico <sup>[19]</sup>.

El método utilizado para determinar su concentración se basa en el hecho de que el ión nitrito al estar en un medio ácido reacciona con el ácido sulfanílico formando una sal de diazonio, la cual al combinarse con el clorhidrato N-1 naftil etiléndiamina forma un compuesto de color rojizo el cual se valora por un método espectrofotométrico.

### **Equipos y materiales**

- Bomba de Vacío.
- Cilindros graduados de 50 ml. Marca: Pyrex.
- Espectrofotómetro para usarlo a 540 nm.
- Filtros de fibra de vidrio.
- Matraces erlenmeyer de 125 ml.
- Matraces volumétricos de 50 ml.
- Picetas. Marca: Pyrex.

- Pipetas graduadas de 5, 10, y 25 ml. Apreciación:  $\pm 0,01$  ml. Marca: Pyrex.
- Plancha de calentamiento.
- Propipetas de goma. Marca: Didacta.

### **Reactivos y soluciones**

#### **Solución de sulfanilamida**

Se mezcló lenta y cuidadosamente 50 ml de ácido clorhídrico concentrado (HCl) en 300 ml de agua destilada. Se añadió 5 g de sulfanilamida ( $\text{N}_2\text{H}_8 \text{SO}_2\text{C}_6$ ) y se mezcló. Se diluyó a 500 ml con agua destilada. Esta solución es estable por muchos meses.

#### **Solución de clorhidrato N-1 naftil etiléndiamina**

Se agregó 0.5 g de clorhidrato N-1 naftil etiléndiamina ( $\text{C}_{12} \text{H}_{14} \text{N}_2$ ) a 500 ml de agua destilada, y se mezcló hasta disolver. Se almacenó en una botella oscura. Es necesario reemplazar mensualmente o cuando la solución desarrolle un color oscuro muy fuerte.

#### **Solución patrón de nitritos**

Se secó el nitrito de sodio ( $\text{Na NO}_2$ ) colocando cierta cantidad en un desecador por 24 horas. Se pesaron 0.345 g, se disolvió en agua destilada y se diluyó hasta 1000 ml. Se añadió 1 ml de cloroformo como preservativo y se almacenó en una botella oscura. Esta solución es estable por 1 o 2 meses.

### **Solución estándar de nitritos**

Se diluyó 10 ml de la solución patrón de nitritos con agua destilada a 1000 ml. Se utilizó inmediatamente.

### **Tratamiento preliminar de la muestra**

1. Se pasó la muestra a través de un filtro de fibra de vidrio.
2. Se permitió que la muestra alcanzara una temperatura entre 15 y 25 °C.

### **Procedimiento Experimental**

1. Se prepararon tres soluciones sub-estándar en matraces volumétricos de 50 ml colocando 2 ml de solución estándar de nitrito y diluyendo hasta el aforo con agua destilada. Se transfirieron las tres soluciones sub-estándar a tres matraces secos y limpios de 125 ml. En otro erlenmeyer de 125 ml se colocaron 50 ml de agua destilada el cual se hizo como blanco en la prueba. En un erlenmeyer más de 125 ml se colocaron 50 ml de muestra.
2. Para la determinación, teniendo los 5 erlenmeyer (1 de muestra, 3 de solución sub-estándar y 1 con el blanco), a cada uno se le agregó 1 ml de la solución sulfanilamida, se mezcló y se esperó entre 2 y 8 min. Pasado este tiempo se agregó 1 ml de la solución de etiléndiamina y se mezcló fuertemente cada erlenmeyer. Las soluciones sub-estándar desarrollan un color rosado pálido indicando la presencia de nitrito. Si las muestras también presentaban esta reacción se procedía con la medición de su absorbancia.

3. Para medir la absorbancia se esperaron 10 min pero no más de 2 horas usando el espectrofotómetro a una longitud de onda de 543 nm.

#### **4.3.3.8 Nitratos**

**Método:** Electrodo de Nitrato.

El electrodo de nitrato consiste en un sensor que desarrolla un potencial al detectar la presencia de iones  $\text{NO}_3$ . El sensor reacciona con concentraciones de  $\text{NO}_3$  comprendidas entre 0,14 y 1400 mg de  $\text{NO}_3 - \text{N} / \text{l}$ .

#### **Equipos y materiales**

- Agitador magnético.
- Agitador magnético. Marca: Hanna. Modelo: HI 190M.
- Balanza analítica. Marca: Denver. Modelo: AA-160. Apreciación:  $\pm 0,0001$  g. Capacidad: 160g.
- Beakers de 250. Marca: Pyrex.
- Cilindros graduados de 50 ml. Marca: Pyrex.
- Destilador. Marca: Pobel. Modelo: 906. Serial: 150001.
- Electrodo de Ion nitrato.
- Goteros. Marca: Pirex.
- Picetas. Marca: Pyrex.
- Propipetas de goma. Marca: Didacta.



## **Reactivos y soluciones**

### **Agua destilada exenta de nitrato**

Se obtuvo por un proceso de destilación.

### **Solución madre de nitrato**

Se disolvieron 1.232 g de  $\text{NaNO}_2$  en agua destilada y se diluyó a 1000 ml. Se agregó un 1 ml de  $\text{CHCl}_3$ .

### **Solución patrón de nitrato**

Se diluyeron 1, 10, y 50 ml de solución madre de nitrato a 100 ml con agua destilada, obteniéndose las soluciones patrón 1, 10 y 50 mg  $\text{NO}_3 - \text{N} / \text{l}$  respectivamente.

### **Solución tampón**

Fue proporcionado por el fabricante del electrodo.

### **Hidróxido de sodio**

Se preparó una solución de  $\text{NaOH}$  0.1 N.

### **Solución de llenado de referencia**

Fue proporcionado por el fabricante del electrodo.

## **Preparación del electrodo**

Antes de utilizar el electrodo, fue necesario llenarlo con una solución de llenado de óptimos resultados proporcionada por el fabricante.

### **Curva de calibración para la medición de Nitrato**

Para elaborar la curva de calibración del equipo se prepararon 3 diluciones de la solución madre con diferentes concentraciones, en este caso se usaron 1 mg/l, 10 mg/l y 50 mg/l.

De cada dilución se tomaron 50 ml en un beaker, agregándoles 1 ml de solución **ISA**. Se introdujo el electrodo de nitrato en el beaker, estando éste sobre el agitador magnético. Se esperó alrededor de 1 min para tomar cada lectura de potencial en mV.

Se graficaron los valores de potencial (mV) vs concentración nitrato (mg de  $\text{NO}_3 - \text{N} / \text{l}$ ), en escala semi-logarítmica, colocando las concentraciones en el eje logarítmico. (Ver Fig. C.4, Anexo C)

### **Procedimiento Experimental**

Para medir la concentración de nitrato en las muestras se le aplicó el mismo procedimiento utilizado para medir el potencial con los patrones. Con el valor de mV de cada muestra se entró en la gráfica y se hizo la lectura de la concentración de nitrato.

#### **4.3.3.9 Coliformes Totales y Fecales**

**Método:** Técnica de la fermentación de tubos múltiples para miembros de la familia de los coliformes. (SM 9221 - Standard Methods)<sup>[13]</sup>.

## **Equipos y Herramientas**

- Asa de Platino.
- Autoclave. Marca: All American. Modelo: 25X. Capacidad: 0-30 psi. Apreciación:  $\pm 0,1$  psi.
- Balanza analítica. Marca: Denver Instrument Company. Modelo: AA-160. Apreciación:  $\pm 0,0001$  g. Capacidad: 160g.
- Capsulas Plásticas para pesar sustancias.
- Guantes de Látex.
- Incubadora Baño de María. Marca: Shel Lab. Modelo: 1285 PC. Serial: 0501298. Capacidad: 0-60 °C. Apreciación:  $\pm 0,1$  °C.
- Incubadora Seca 20 °C. Marca: Lab-Line. Modelo: 3550. Serial: 195-006. Capacidad: 0-50 °C. Apreciación:  $\pm 0,5$  °C.
- Incubadora Seca. Marca: Memmert. Modelo: 700. Serial: D06063. Capacidad: 29,9-70 °C. Apreciación:  $\pm 0,1$  °C.
- Mechero.
- Nevera. Marca: Magic Chef. Modelo: RB191P.
- Pipetas graduadas de 1 y 10 ml. Apreciación:  $\pm 0,01$  ml. Marca: Pyrex.
- Propipetas de goma. Marca: Didacta.
- Tubos Durham. Marca: Pyrex
- Viales de digestión (Tubos de ensayo de borosilicato de 25x125 mm con tapa).

## **Reactivos**

- Caldo Casein Enzymic. Marca: Himedia Lab PVT.Ltd.
- Caldo Bilis Verde Brillante. Marca: Himedia Lab PVT.Ltd.

- Caldo Lauryl Sulfato Triptosa. Marca: Himedia Lab PVT.Ltd.
- Peptona

### **Esterilización**

- 1.Los tubos de ensayo, tapas y tubos durham utilizados, fueron lavados con agua y jabón.
- 2.Luego se introdujeron en el autoclave hasta alcanzar 15 lb de presión durante un intervalo de tiempo de 15 min aproximadamente.
- 3.Se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se almacenaron hasta su utilización.

### **Preparación de los Medios de Cultivo**

#### **Caldo Lauryl Sulfato Triptosa (LST):**

Se preparó el caldo siguiendo las indicaciones del fabricante Himedia Lab PVT.Ltd: para 1 l de agua destilada se utilizan 35,60 g de LST.

- 1.Se añadieron los 35,6 g de LST a 1 l de agua destilada previamente calentada, y se mezcló completamente con una varilla de vidrio hasta disolver.
- 2.Se prepararon 5 series de 5 tubos de ensayo con un tubo durham invertido en cada uno de ellos, por cada muestra a analizar.

3. Se agregaron 10 ml del caldo LST en cada uno de los tubos de fermentación de acuerdo al método estandarizado <sup>[13]</sup> para no alterar la concentración de los ingredientes del medio por debajo de los estándares.
4. Se colocó la tapa a cada tubo, y se esterilizaron en el autoclave a 15 libras de presión durante 15 minutos
5. Luego se dejaron enfriar los tubos y se colocaron en la incubadora seca a 20 °C hasta su utilización.

#### **Caldo Bilis Verde Brillante (BVB):**

Se preparó el caldo siguiendo las indicaciones del fabricante Himedia Lab PVT.Ltd: para 1 l de agua destilada se utilizan 40 g de BVB.

1. Se añadieron los 40 g de BVB a 1 l de agua destilada previamente calentada, y se mezcló completamente con una varilla de vidrio hasta disolver.
2. Se prepararon 5 series de 5 tubos de ensayo con un tubo durham invertido en cada uno de ellos, por cada muestra a analizar.
3. Se agregaron 10 ml del caldo BVB en cada uno de los tubos de fermentación de acuerdo al método estandarizado <sup>[13]</sup> para no alterar la

concentración de los ingredientes del medio por debajo de los estándares.

4. Se colocó la tapa a cada tubo, y se esterizaron en el autoclave a 15 lb de presión durante 15 min.
5. Luego se dejaron enfriar los tubos y se colocaron en la incubadora seca a 20 °C hasta su utilización.

#### **Caldo Casein Enzymic (EC):**

Se preparó el caldo siguiendo las indicaciones del fabricante Himedia Lab PVT.Ltd: para 1 l de agua destilada se utilizan 37 g de EC.

1. Se añadieron los 37 g de EC a 1 l de agua destilada previamente calentada, y se mezcló completamente con una varilla de vidrio hasta disolver.
2. Se prepararon 5 series de 5 tubos de ensayo con un tubo durham invertido en cada uno de ellos, por cada muestra a analizar.
3. Se agregaron 10 ml del caldo EC en cada uno de los tubos de fermentación de acuerdo al método estandarizado <sup>[13]</sup> para no alterar la concentración de los ingredientes del medio por debajo de los estándares.
4. Se colocó la tapa a cada tubo, y se esterizaron en el autoclave a 15 lb de presión durante 15 min.

5. Luego se dejaron enfriar los tubos y se colocaron en la incubadora seca a 20 °C hasta su utilización.

### **Agua de Dilución (Solución de Agua Peptonada)**

Se preparó agua Peptonada al 0,1% siguiendo las indicaciones del método estandarizado <sup>[13]</sup>.

1. Se añadió 0,1 g de peptona a 1 l de agua destilada previamente calentada, y se mezcló completamente con una varilla de vidrio hasta disolver.
2. Se agregaron 9 ml del agua peptonada en cada uno de los tubos de fermentación para hacer las diluciones.
3. Se colocó la tapa a cada tubo, y se esterilizaron en el autoclave a 15 lb de presión durante 15 min.
4. Luego se dejaron enfriar los tubos y se colocaron en la incubadora seca a 20 °C hasta su utilización.

### **Procedimiento Experimental Prueba Presuntiva**

1. Se agregó 1 ml de muestra del agua del drenaje en el tubo de ensayo N°1, el cual contenía agua peptonada. Se le colocó la tapa al tubo y se agitó suavemente.

2. Posteriormente se extrajo 1 ml de solución del tubo de ensayo N°1 y se le agregó al tubo N°2 el cual contenía agua peptonada para hacer una segunda dilución. Se le colocó la tapa al tubo y se agitó suavemente. Este proceso se repitió en las series siguientes, hasta obtener 5 o 6 diluciones dependiendo del caso.
3. Se tomó el tubo de ensayo N°1 y se inoculó una serie de 5 tubos que contenían caldo Lauryl sulfato Triptosa, agregando 1 ml de solución a cada uno. De esta manera se completó la serie correspondiente a la primera dilución ( $10^{-1}$ )
4. Se tomó el tubo de ensayo N°2 y se inoculó otra serie de 5 tubos que contenían caldo Lauryl sulfato Triptosa, agregando 1 ml de solución a cada uno. De esta manera se completó la serie correspondiente a la segunda dilución ( $10^{-2}$ ). Este proceso se repitió con los tubos siguientes, hasta completar la última serie de dilución correspondiente a  $10^{-5}$  o  $10^{-6}$  dependiendo del caso.
5. Se agitaron generosamente los tubos para mezclar el caldo y la muestra, cuidando de no dejar ninguna burbuja de aire dentro del tubo durham invertido, y se colocaron en una rejilla.
6. Se colocaron los tubos de fermentación inoculados en la incubadora seca a  $35 \pm 5$  °C.



7. Después de  $24 \pm 2$  h se examinó visualmente la presencia o ausencia de formación de gas en cada uno de los tubos durham invertidos que se encontraban dentro de los tubos de ensayo. La formación de gas constituye una prueba presuntiva positiva. Los tubos que no presentaron gas durante las primeras 24 h, se volvieron a colocar en la incubadora durante 24 h más para ser examinados posteriormente. Los tubos que si formaron gas, pasaron directamente a la prueba confirmativa.
8. Transcurridas  $48 \pm 3$  h, se volvieron a examinar visualmente los tubos durham, y los que presentaron formación de gas se llevaron a la prueba confirmativa, los resultados negativos fueron descartados.

### **Procedimiento Experimental Prueba Confirmativa**

1. De la serie N°1 se tomó un tubo fermentado que resultó positivo en la prueba presuntiva, se agitó generosamente para re-suspender los organismos y con un asa de platino estéril se transfirió cultivo a un tubo que contenía caldo Bilis Verde Brillante. Este procedimiento se repitió para el resto de los tubos positivos de la serie N°1, así como también, para los tubos positivos de las demás series. Cada vez que se transfería el cultivo a un nuevo tubo con caldo BVB el asa de platino se esterilizaba con la llama de un mechero.
2. Se agitaron generosamente los tubos para mezclar el caldo y la muestra, cuidando de no dejar ninguna burbuja de aire dentro del tubo durham invertido, y se colocaron en una rejilla.

3. Se colocaron los tubos de fermentación inoculados en la incubadora seca a  $35 \pm 5$  °C.
4. Después de  $24 \pm 2$  h se examinó visualmente la presencia o ausencia de formación de gas en cada uno de los tubos durham invertidos que se encontraban dentro de los tubos de ensayo. Los tubos que no presentaron gas durante las primeras 24 h, se volvieron a colocar en la incubadora durante 24 h más para ser examinados posteriormente. Los tubos que si formaron gas, fueron resultados positivos.
5. Transcurridas las  $48 \pm 3$  h, se volvieron a examinar los tubos durham, y los que presentaron formación de gas son resultados positivos de la prueba confirmativa, y los resultados negativos fueron descartados.
6. Se calculó el NMP de coliformes totales a partir del número de tubos positivos en esta fase.

#### **Procedimiento Experimental Coliformes Fecales:**

1. De la serie N°1 se tomó un tubo fermentado que resultó positivo en la prueba presuntiva, se agitó generosamente para re-suspender los organismos y con un asa de platino estéril se transfirió cultivo a un tubo que contenía caldo EC. Este procedimiento se repitió para el resto de los tubos positivos de la serie N°1, así como también, para los tubos positivos de las demás series. . Cada vez que se transfería el cultivo a

un nuevo tubo con caldo EC el asa de platino se esterilizaba con la llama de un mechero.

2. Se agitaron generosamente los tubos para mezclar el caldo y la muestra, cuidando de no dejar ninguna burbuja de aire dentro del tubo durham invertido, y se colocaron en una rejilla.
3. Se colocaron los tubos de fermentación inoculados en la incubadora de baño de maría a 44,5 °C.
4. Después de  $24 \pm 2$  h se examinó visualmente la presencia o ausencia de formación de gas en cada uno de los tubos durham invertidos que se encontraban dentro de los tubos de ensayo. Los tubos que formaron gas, son resultados positivos de la prueba de coliformes fecales, los resultados negativos fueron descartados.
5. Se calculó el NMP de coliformes fecales a partir del número de tubos positivos en esta fase.

### **Muestra de Cálculo del NMP**

### **Ensayo de Laboratorio N° 3: 07/07/09**

### **Muestra de Cálculo de Coliformes Totales**

#### **Inicio**

Combinación de positivos = 4-4-4 (Ver Anexo D, Tabla D.3)

Como esta combinación no aparece en la Tabla de NMP (Ver Anexo A, Tabla A.1), se utilizó la Fórmula de Thomas (Ecuación 2.5):

N° de tubos positivos = 12

ml negativos = 0.00111

ml muestra = 0.00555

$$\frac{\text{NMP}}{100 \text{ ml}} = \frac{12 \times 100}{\sqrt{0.00111 \times 0.00555}} = 4,83 \times 10^5$$

### **Descarga**

Combinación de positivos = 5-5-3 (Ver Anexo D, Tabla D.3)

De la Tabla de NMP (Ver Anexo A, Tabla A.1), se obtuvo un valor de NMP/100 ml igual a 900.

El valor de 0,001 es la mayor dilución que arrojó resultados positivos entre las 5 diluciones realizadas, siguiendo la regla del Estándar Métodos y utilizando la Ecuación 2.6, se obtuvo:

$$\text{NMP}/100\text{ml} = 900 \times \frac{10}{0.001} = 9,00 \times 10^6$$

Para el cálculo del NMP/100ml de coliformes fecales, el procedimiento es el mismo realizado para el cálculo de los coliformes totales.

#### **4.3.4 Reconocimiento y ubicación de fuentes contaminantes**

En esta etapa se realizó un recorrido del área en estudio para la localización de las posibles fuentes contaminantes que afectan al dren CP-2 y sus afluentes. Se puso especial atención a la ubicación de las estaciones de bombeo de aguas servidas que pudieran afectar en alguna medida el dren CP-2, se ubicaron las tuberías de impulsión de aguas servidas adyacentes al canal, descargas clandestinas de aguas servidas y zonas de acumulación de basura, entre otros.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el presente capítulo se realizó el análisis de los resultados obtenidos en la evaluación de los parámetros físicos, químicos y biológicos del canal de drenaje en estudio, la delimitación de la sub-cuenca hidrológica y las fuentes contaminantes.

#### **5.1 Delimitación de la cuenca hidrológica del dren CP-2**

El área de la sub-cuenca hidrológica del canal de drenaje CP-2 se determinó mediante el programa AUTOCAD 2009, obteniéndose un valor de 226,33 Ha; la cual está distribuida en los siguientes sectores:

- Barrio Rómulo Gallegos
  - Zona Este del Casco Central de Lechería
  - Av. Arismendi
  - Av. Diego B. Urbaneja (Av. Principal de Lechería) y adyacencias
  - Av. Daniel Octavio Camejo
  - Sector Vistamar
  - Zona Este Urbanización Playa Sol
  - Zona Este Urbanización El Morro II
  - Urbanización Las Palmeras
  - Sector Industrial las Garzas
  - Zona Nor-Oeste del Cerro Colorado
- (Ver plano J.1, Anexo J)

## **5.2 Caracterización del agua del canal de drenaje**

A continuación se analizan los resultados obtenidos de los parámetros físicos, químicos y biológicos medidos en el colector CP-2, tanto en el punto situado al inicio de la trayectoria del canal, como también, en el punto situado cercano a la descarga a la madre vieja del río Neverí; cuyos valores determinados “in situ” y en el laboratorio se muestran en el anexo F, tablas F.8 y F.9.

Estos valores se compararon con la normativa vigente en el país para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de aguas y vertidos o efluentes líquidos <sup>[9]</sup>.

### **5.2.1 Determinación de parámetros físicos**

#### **5.2.1.1 Altura del agua**

En la gráfica (Fig. 5.1) se puede observar la altura de agua medida para el punto de muestreo en el inicio y en la descarga del canal CP-2 y sus variaciones a través del tiempo durante el cronograma de toma de muestras. Estas variaciones de la altura del agua en ambos puntos pueden ser atribuidas a las precipitaciones registradas, a las labores de mantenimiento y limpieza que se realizaron en diversos puntos de la trayectoria del drenaje durante todo el tiempo de recolección de muestras, así como también, a las rupturas en las tuberías de impulsión de aguas servidas y a las fallas en las estaciones de bombeo que de alguna u otra forma afectan al CP-2 y sus afluentes.

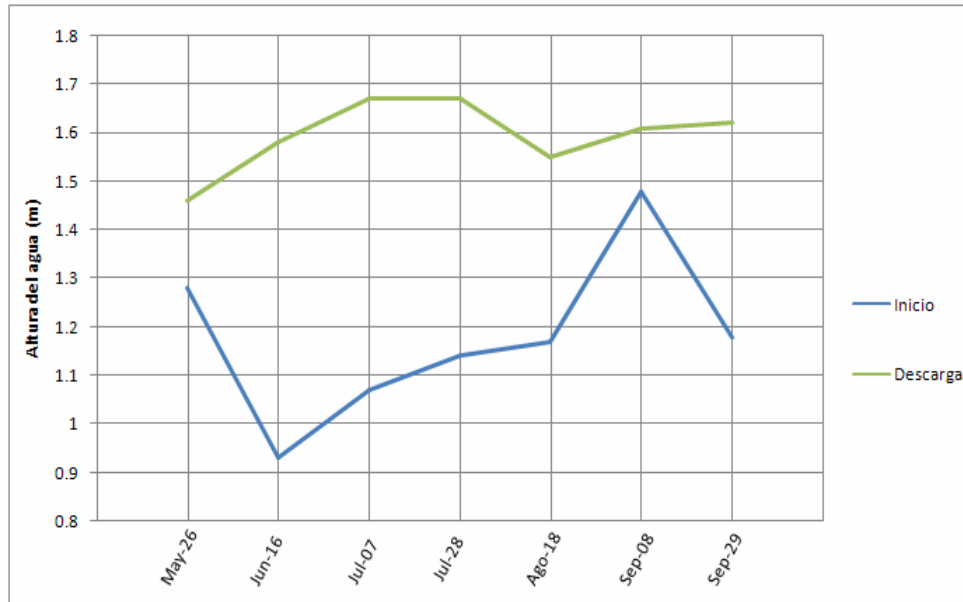


Figura 5.1 Variación de la altura de agua en los puntos de inicio y descarga del CP-2.

### 5.2.1.2 Temperatura

El valor promedio de la temperatura en el punto de inicio del canal fue de  $27 \pm 0,76$  °C, muy similar al valor del punto de descarga, el cual fue  $27 \pm 0,98$  °C (Ver Fig. 5.2).

En el punto de inicio del canal el valor máximo de la temperatura fue de 29 °C, y el valor mínimo fue de 27 °C, el cual se mantuvo constante en la mayoría de los muestreos, a pesar de las variaciones de la altura de agua medida (Ver Figs. 5.1 y 5.2). Por otro lado, en el punto de descarga del canal el valor máximo de la temperatura fue de 28 °C, y el valor mínimo de temperatura fue de 25°C, (Ver Fig. 5.2).



Todos estos valores de temperatura se encuentran comprendidos entre el rango de temperatura óptima para el desarrollo de la vida bacteriana que favorece el crecimiento de las bacterias del grupo de los coliformes en el canal, lo cual se ve evidenciado en los valores altos de NMP/100 ml (Ver Fig. 5.2).

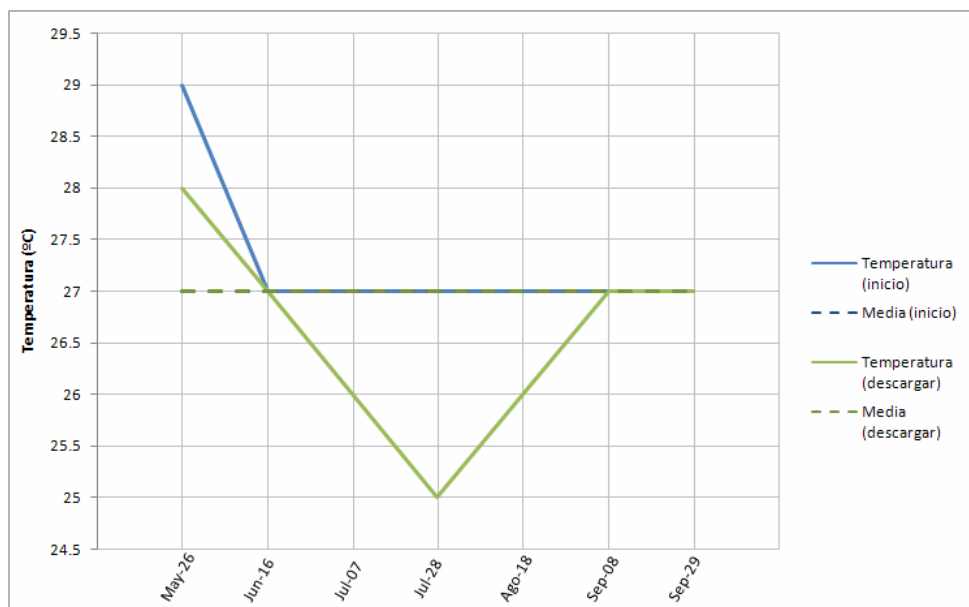


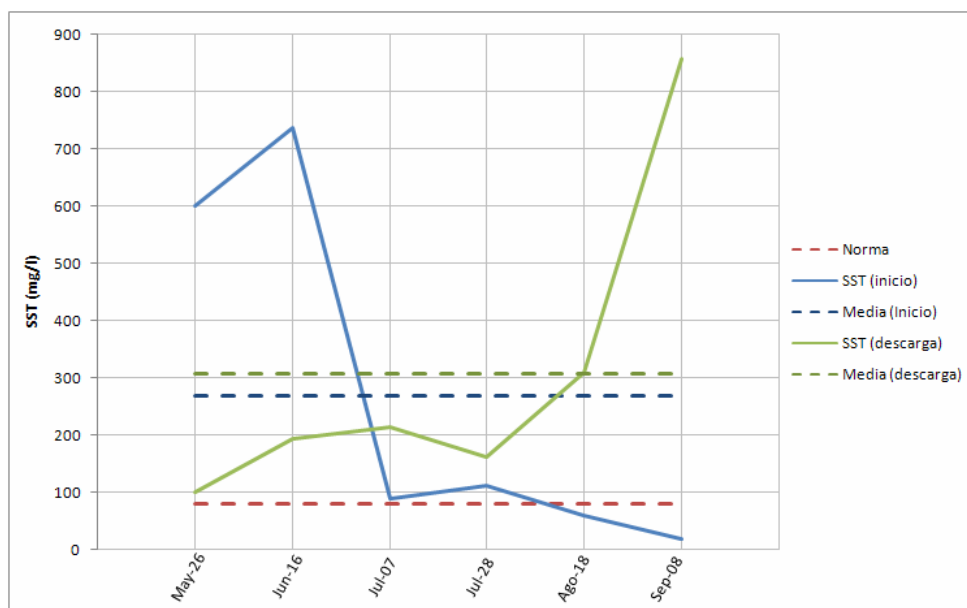
Figura 5.2 Variación de la temperatura en los puntos de inicio y descarga del CP-2

### 5.2.1.3 Sólidos suspendidos totales.

El valor promedio de SST en el punto de inicio fue de  $268,56 \pm 313,48$  mg/l, y en el punto de descarga de  $306,06 \pm 277,94$  mg/l. Estos valores se encuentran por encima del límite establecido por las normas venezolanas <sup>[9]</sup>, el cual es 80 mg/l, lo que da lugar al desarrollo de depósitos de lodos y de posibles condiciones anaerobias en el canal (Ver Fig. 5.3).

El valor máximo de SST en el punto de inicio fue de 736 mg/l correspondiente al valor mínimo de la altura de agua medida de 0,93 m. El valor mínimo de estos sólidos fue de 18,33 mg/l correspondiente a la mayor altura de agua medida de 1,48 m. Esto permite deducir que al aumentar la altura del agua, ésta se diluye y la concentración de los SST es menor (Ver Figs. 5.1 y 5.3). Por su parte, en el punto de descarga del canal, el valor máximo de SST fue de 856 mg/l, más de diez veces lo establecido en la norma <sup>[9]</sup>. El valor mínimo de SST para este punto es igual a 100,67 mg/l y coincide con el valor mínimo de la altura de agua medida, el cual fue de 1,46 m (Ver Figs. 5.1 y 5.3).

Estos resultados permiten suponer que en el inicio de la trayectoria del canal el aumento del nivel del agua disminuye la concentración de los SST, a diferencia de lo que ocurre en la descarga, donde el aumento de la altura del agua, además de incorporar agua al canal, también está incorporando sólidos suspendidos al mismo, posiblemente debido a fuentes contaminantes.



**Figura 5.3 Variación de los Sólidos Suspendedos Totales de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.**

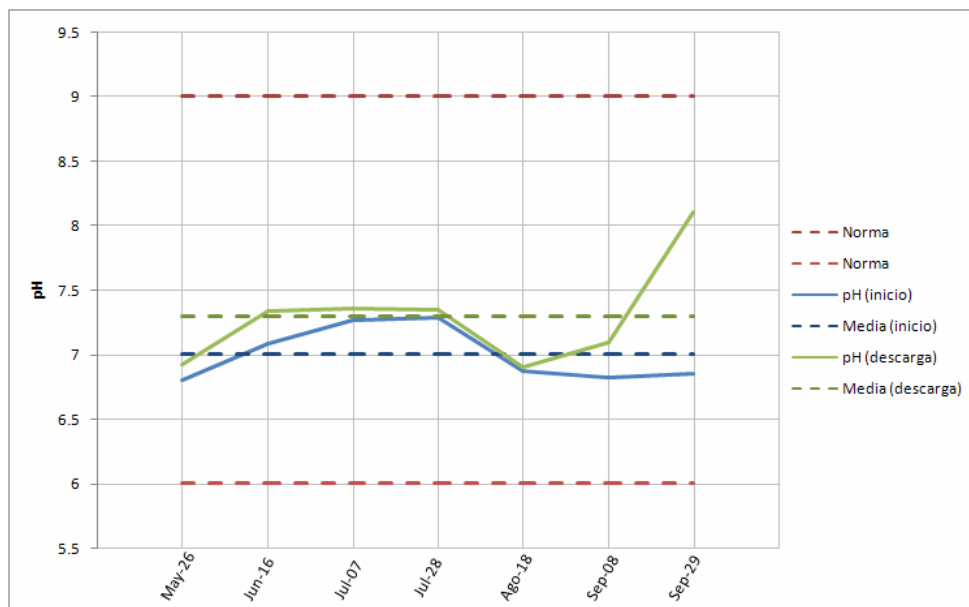
## 5.2.2 Determinación de parámetros químicos

### 5.2.2.1 pH

El valor promedio del pH en el punto de inicio fue de  $7 \pm 0,21$  y en el punto de descarga de  $7,30 \pm 0,41$ . La norma venezolana <sup>[9]</sup> establece que el valor del pH debe encontrarse dentro de un rango comprendido entre 6-9, por lo tanto los valores obtenidos cumplen con lo requerido. Además, se pudo apreciar que aunque variaron los valores de la altura de agua en ambos puntos, el pH se mantuvo siempre dentro del rango permitido con valores cercanos al neutro, lo cual originó las condiciones favorables para el desarrollo de la vida bacteriana como los coliformes (Ver Figs. 5.1, 5.4, 5.12 y 5.13).

Los valores mínimo y máximo de pH para el punto de inicio del canal fueron de 6,80 y 7,29 y para el punto de descarga 6,90 y 8,11 respectivamente, destacando que los valores en la descarga en su totalidad son mayores a los medidos en el punto de inicio (Ver Fig. 5.4).

En su mayoría los valores del pH tanto en el inicio como en el punto de la descarga se encuentran comprendidos entre 6,8 y 8, rango de valores característicos de aguas residuales crudas según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria.



**Figura 5.4 Variación del pH de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.**

### 5.2.2.2 DQO

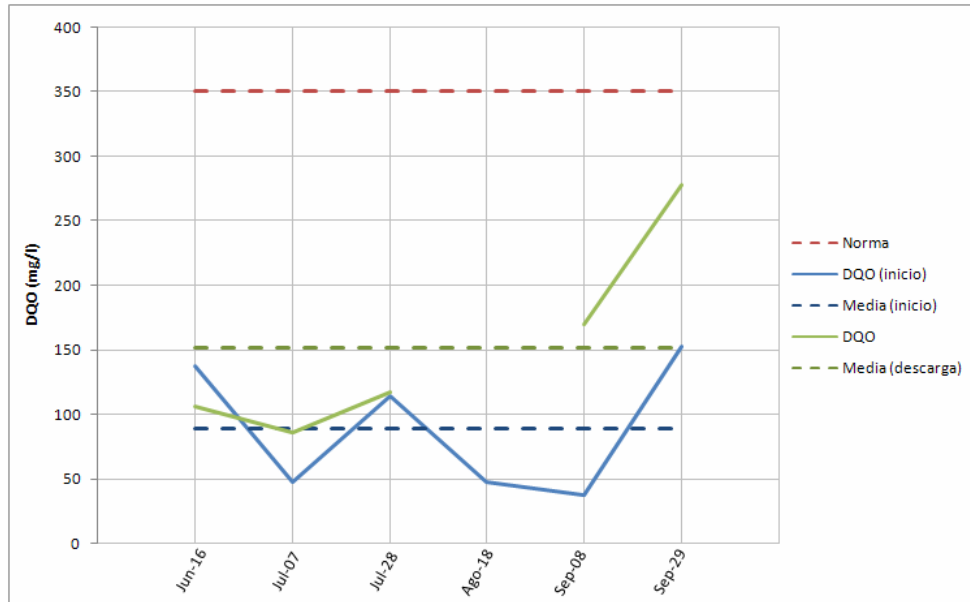
El valor promedio de la DQO en el punto de inicio fue de  $89,07 \pm 51,08$  mg/l y en el punto de descarga de  $151,22 \pm 77,18$  mg/L, estos valores a pesar de las diferentes variaciones de la altura de agua en ambos puntos, siempre se mantuvieron por debajo del límite establecido por las normas venezolanas <sup>[9]</sup> que es 350 mg/l.

A pesar de esto, no se puede descartar que exista contaminación en el agua del CP-2, ya que en promedio las aguas naturales poseen una DQO de 5 g/L según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria, y los valores obtenidos tanto en el inicio como en la descarga son muy superiores a éste.

El valor mínimo de la DQO en el punto de inicio fue de 36,94 mg/l y el máximo fue de 152,10 mg/l. Por otro lado, en el punto de descarga el valor mínimo y máximo fueron 85,80 y 277,70 mg/l respectivamente; este último, se encuentra dentro del rango de valores característicos de aguas residuales domésticas entre 250-1000 mg/l, lo que sugiere contaminación de este tipo de descargas al canal CP-2 (Ver Fig. 5.5).

En la gráfica (Fig. 5.5) se puede observar que los resultados obtenidos en el punto de descarga en su mayoría fueron mayores que en el punto de inicio, lo cual permite suponer que existen fuentes contaminantes a lo largo de la trayectoria del canal que están incorporando a las aguas del mismo materia orgánica que no puede ser degradada biológicamente.

Esta grafica presenta un salto en la descarga, debido a que se produjo un error en el ensayo correspondiente al muestreo del día 18 de Agosto.



**Figura 5.5 Variación de la DQO de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.**

### 5.2.2.3 DBO

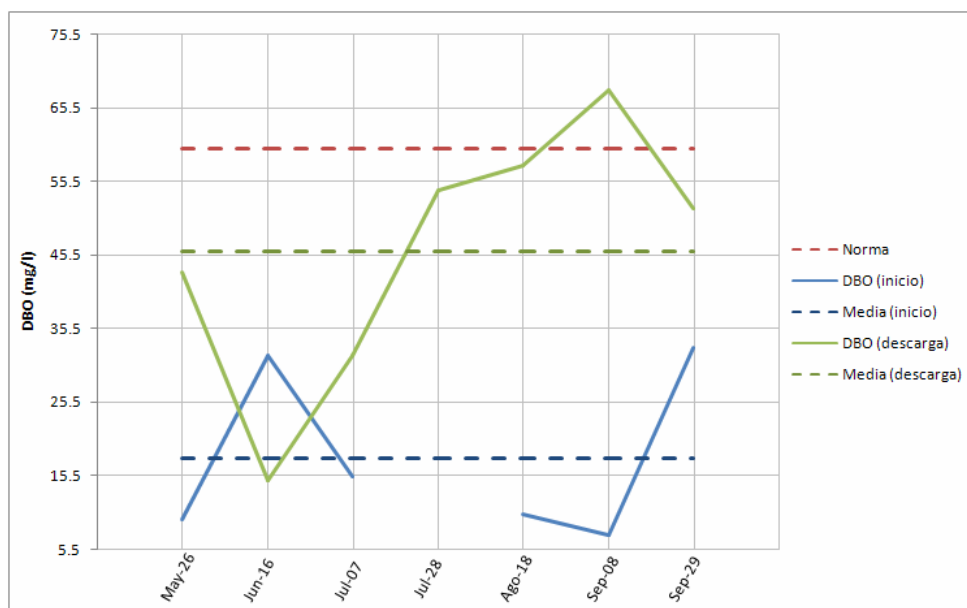
El valor promedio de la DBO<sub>5</sub> en el punto de inicio fue de  $17,88 \pm 11,48$  mg/l y en el punto de descarga de  $46,50 \pm 17,78$  mg/l, estos valores se encuentran por debajo del límite de 60 mg/l establecido por las normas venezolanas para los vertidos líquidos. [9]

El valor de la demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días en aguas superficiales poco contaminadas es en promedio menor de 8 mg/l según estudios realizados por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria, como se puede observar tanto en el inicio como el punto de descarga estos

valores son mucho mayores, lo cual permite asegurar que hay contaminación por materia orgánica biodegradable en el agua del canal.

El nivel máximo de agua medido en el punto de inicio fue de 1,48 m y corresponde con el valor mínimo de  $\text{DBO}_5$  para este punto que fue de 7,42 mg/l, mientras que el valor máximo registrado fue de 32,80 mg/l. (Ver Figs. 5.1 y 5.6). Esta grafica presenta un salto debido a que se produjo un error en el ensayo correspondiente al muestreo del día 28 de Julio.

En el punto de descarga, el valor mínimo de  $\text{DBO}_5$  fue de 14,92 mg/l, mientras que el valor máximo fue de 67,97 mg/l, el cual excede el límite establecido por la norma. Esto implica que los propios vertidos líquidos que descargan en el canal, que deben poseer una concentración aun mayor de  $\text{DBO}_5$ , también superen dicho límite, incumpliendo con lo establecido en las normas y originando una disminución del oxígeno disuelto en el agua del canal y en el cuerpo receptor, el cual es necesario para la supervivencia de plantas y animales (Ver Fig. 5.6).



**Figura 5.6 Variación de la DBO de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.**

#### 5.2.2.4 Relación entre la DBO<sub>5</sub> y la DQO

El valor promedio de la relación DBO<sub>5</sub>/DQO para el punto de inicio fue de  $0,24 \pm 0,05$  y para el punto de descarga de  $0,31 \pm 0,14$ , esto permite clasificar el agua del canal como medianamente biodegradable, ya que ambos valores se encuentran dentro del rango de 0,2-0,4 de índice de biodegradabilidad.

Sin embargo, en el caso del punto de descarga el valor de la relación DBO<sub>5</sub>/DQO se encuentra dentro del rango comprendido 0,3-0,8 característico de aguas residuales domésticas no tratadas <sup>[11]</sup> (Ver Fig. 5.7).

En el punto de descarga se pudo apreciar que existen dos valores correspondientes al primer y último muestreo que son menores de 0,2, lo



cual permiten clasificar el agua como poco biodegradable para el tiempo correspondiente a esos muestreos, esto se debe a los altos valores de DQO con respecto a los bajos valores de DBO, lo que permite asegurar que de la cantidad de materia orgánica que tenía el agua, la mayoría era no biodegradable (Fig. 5.7).

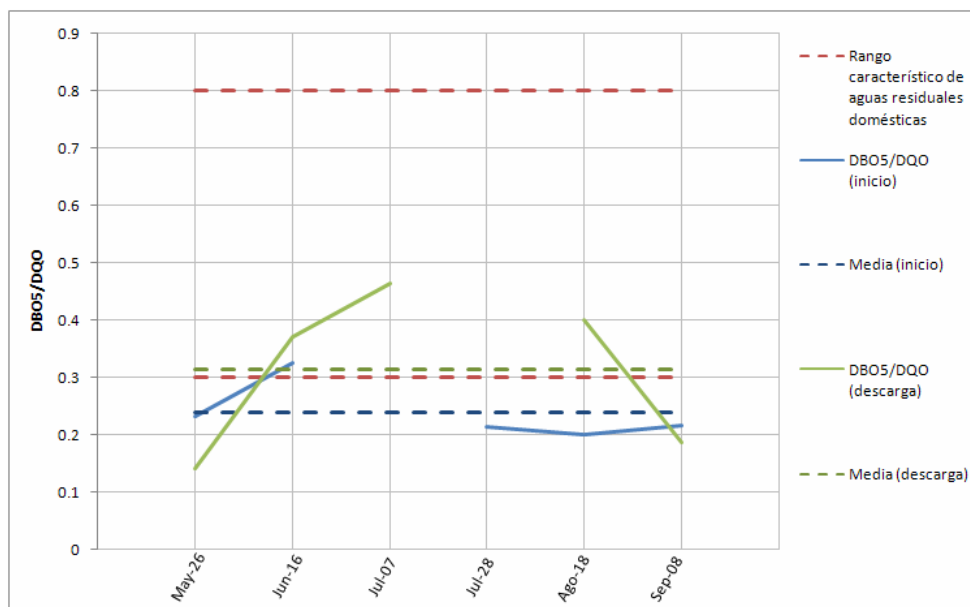


Figura 5.7 Variación de la relación DBO<sub>5</sub>/DQO de los punto de inicio y descarga a través del tiempo.

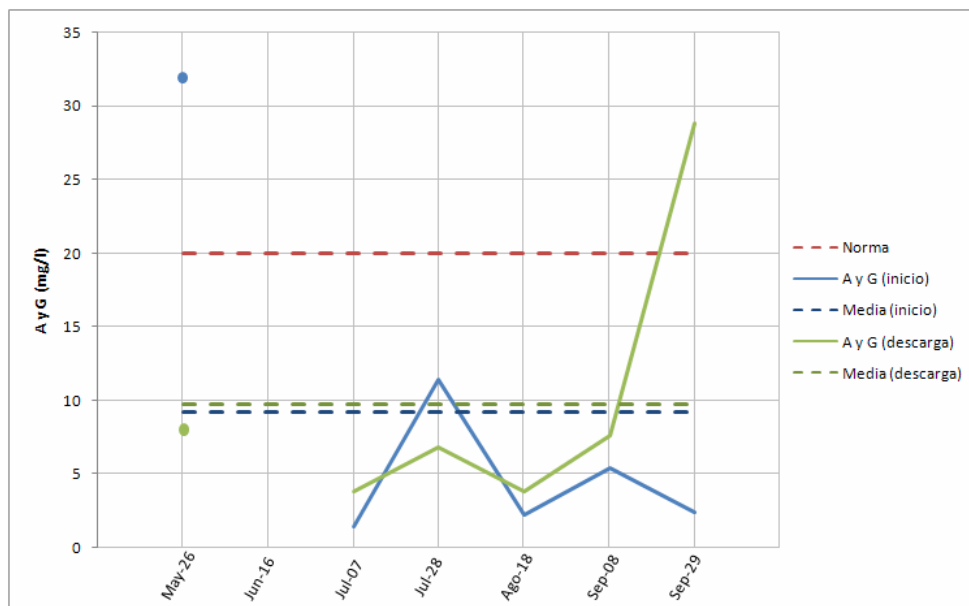
### 5.2.2.5 Aceites y Grasas

El valor promedio de Aceites y Grasas en el punto de inicio fue de  $9,20 \pm 11,95$  mg/l y en el punto de descarga de  $9,77 \pm 9,50$  mg/l, estos valores se encuentran por debajo del límite establecido por las normas venezolanas<sup>[9]</sup> el cual es 20 mg/l. (Ver Fig. 5.8)

Esta gráfica presenta un salto debido a que se produjo un error en el ensayo correspondiente al muestreo del día 16 de Junio.

El valor mínimo de Aceites y Grasas en el punto de inicio fue de 1,40 mg/l y el valor máximo fue de 32,40 mg/l, el cual excede el valor establecido en la norma venezolana <sup>[9]</sup>. Por otro lado, en el punto de descarga el valor mínimo de aceites y grasas fue de 3,80 mg/l y coincide con la mayor altura de agua medida para este punto la cual fue 1,67 m. El valor máximo fue de 28,80 mg/l, excediendo los límites establecidos (Ver Figs. 5.1 y 5.8).

Valores altos de aceites y grasas son los responsables de acumulaciones de materia flotante y de películas de grasa en la superficie del agua que, además de ser desagradables visualmente pueden interferir con la vida biológica presente en el agua.



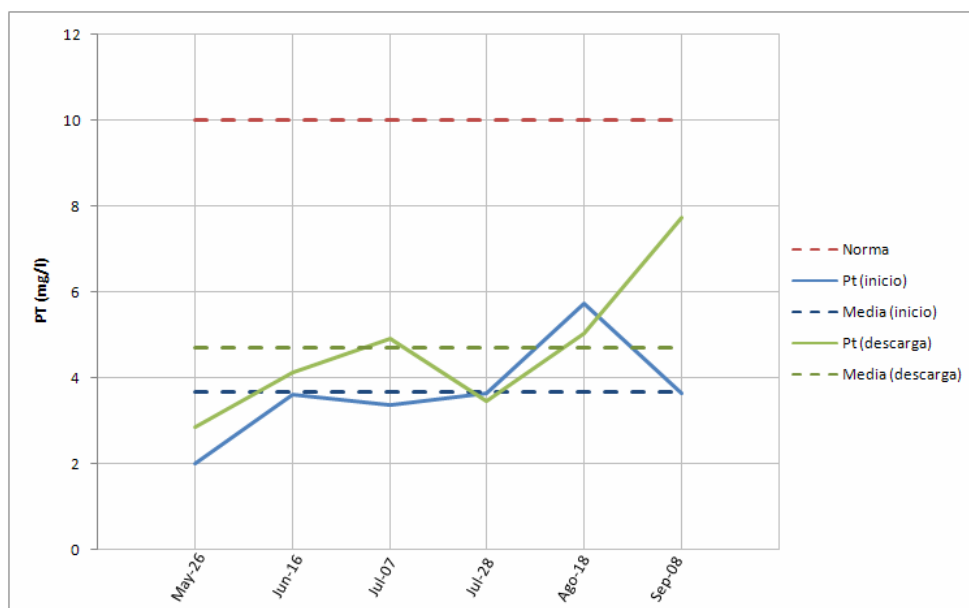
**Figura 5.8 Variación de los Aceites y Grasas de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.**

#### **5.2.2.6 Fósforo total**

El valor promedio de PT en el punto de inicio fue de  $3,66 \pm 1,19$  mg/l y en el punto de descarga de  $4,68 \pm 1,72$  mg/l, estos valores son inferiores a 10 mg/l que es el límite establecido por las normas venezolanas <sup>[9]</sup>; sin embargo, el valor medio para la descarga se encuentra dentro del rango de 4 y 12 mg/l, los cuales son valores característicos de aguas residuales municipales (Ver Fig. 5.9).

En el punto de inicio el valor máximo de fósforo total fue de 5,73 mg/l y el valor mínimo fue de 2 mg/l. Por su parte, en el punto de descarga del canal, el valor máximo de fósforo fue de 7,73 mg/l y el mínimo 2,84 mg/l, coincidiendo con el menor valor de altura de agua medido el cual fue 1,46 m. (Ver Fig. 5.9).

A pesar de las variaciones en la altura del agua medida todos los valores de fósforo se encuentran por debajo de lo establecido en las normas (Ver Figs. 5.1 y 5.9), se pudo observar un aumento en los valores del punto de descarga con respecto al punto de inicio, lo cual se puede atribuir a fuentes contaminantes por aguas residuales en la trayectoria del canal, las cuales aportan fosfato, unos de los ingredientes más comúnmente utilizado en los detergentes domésticos e industriales.



**Figura 5.9 Variación del Fósforo Total de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.**

### 5.2.2.7 Nitrógeno Total

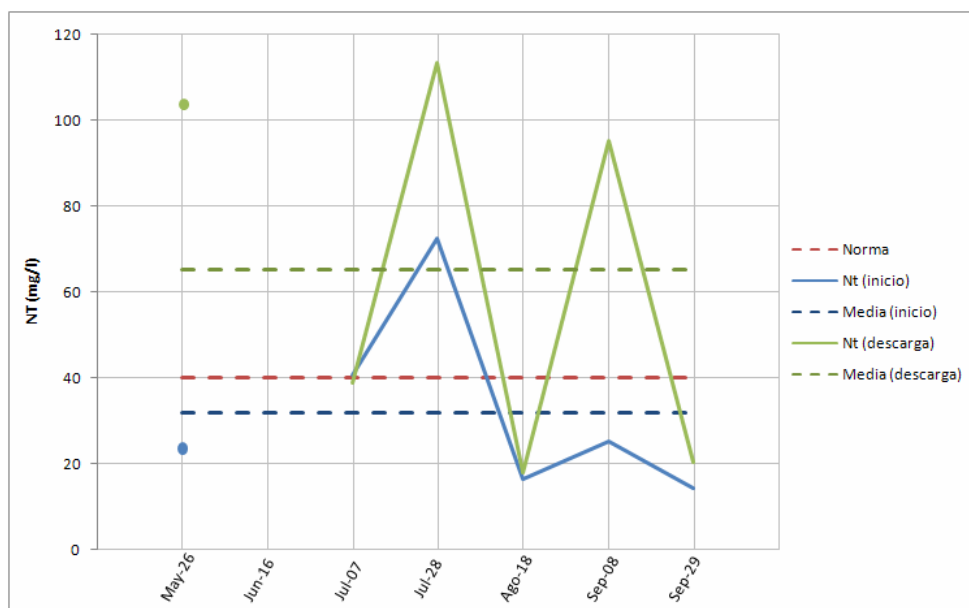
El valor promedio del Nitrógeno Total en el punto de inicio fue de  $31,93 \pm 21,86$  mg/l, mientras que en la descarga fue de  $65,27 \pm 44,38$  mg/l. Este último valor se encuentra por encima del límite establecido por las normas venezolanas que es 40 mg/l (Ver Fig. 5.10), por lo que se asume que los vertidos líquidos que se descargan en el canal tiene una concentración aun mayor y que incumple de igual manera lo establecido en las normas.

En el punto de inicio el valor máximo de NT fue de 72,35 mg/l y el valor mínimo fue de 14,17 mg/l. Para el punto de descarga el valor máximo fue de 113,45 mg/l, el cual coincide con la altura máxima de agua medida de 1,67 m, y el valor mínimo fue de 17,83 mg/l (Ver Figs. 5.1 y 5.10).

En la Fig. 5.10 se observa que varios valores tanto en el inicio como en la descarga del canal superan el límite establecido, a su vez, los valores de la descarga son significativamente mayores con respecto al primer punto, debido al aporte de nitrógeno proveniente de la degradación de la materia orgánica y productos de limpieza que contienen las aguas residuales domésticas que contaminan el canal.

Considerando que la cantidad de nitrógeno en las excretas humanas se calcula en unos 5 kg/persona/año aproximadamente según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS), se puede comprender fácilmente la grave alteración del ciclo del nitrógeno que se genera en las aguas del canal CP-2.

Es importante controlar las descargas de nitrógeno, esto debido a que puede resultar ser muy tóxico para los peces y otras especies acuáticas, tanto en el canal de drenaje como en el río receptor.



**Figura 5.10 Variación del Nitrógeno Total de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.**

### 5.2.2.8 Nitritos + Nitratos

El valor promedio de Nitritos + Nitratos en el punto de inicio del canal fue de  $4,43 \pm 3,82$  mg/l y en el punto de descarga de  $6,05 \pm 3,67$  mg/l; estos valores son inferiores al límite establecido por las normas venezolanas <sup>[9]</sup>, el cual es 10 mg/l.

Esta gráfica presenta dos saltos debido a que no se pudo realizar la medición de este parámetro en los muestreos del día 16 de Junio y 7 de Julio (Ver Fig. 5.11).

En el punto de inicio el valor máximo de Nitritos + Nitratos fue de 8,19 mg/l, el cual coincide con el mayor valor de altura de agua medido de 1,48 m,

y el valor mínimo para este punto fue de 0,21 mg/l. Por otro lado, en el punto de descarga el valor máximo fue de 9,66 mg/l y el valor mínimo 0,01 mg/l el cual coincide con el menor valor de altura de agua medido de 1,46 m (Ver Figs. 5.1 y 5.11).

A pesar de las distintas variaciones de la altura del agua, los valores de Nitritos + Nitratos siempre estuvieron por debajo de los límites de la norma, destacando que en su mayoría los valores de la descarga fueron mayores que los del inicio, posiblemente por las fuentes contaminantes del CP-2 por aguas residuales que afectan la concentración de los Nitritos + Nitratos en el agua (Ver Figs. 5.1 y 5.11).

Se puede suponer que los puntos donde se captaron las muestras se encuentran cerca de fuentes contaminantes de Nitrógeno, ya que los valores del mismo son altos en comparación con los valores bajos registrados de Nitritos + Nitratos, que son las formas más oxidadas del Nitrógeno.

La gran proliferación de plantas que existe sobre la superficie del agua del canal, permite suponer que los valores bajos de fósforo y Nitritos + Nitratos medidos, se deben a que las plantas absorben estos compuestos como nutrientes para su desarrollo.

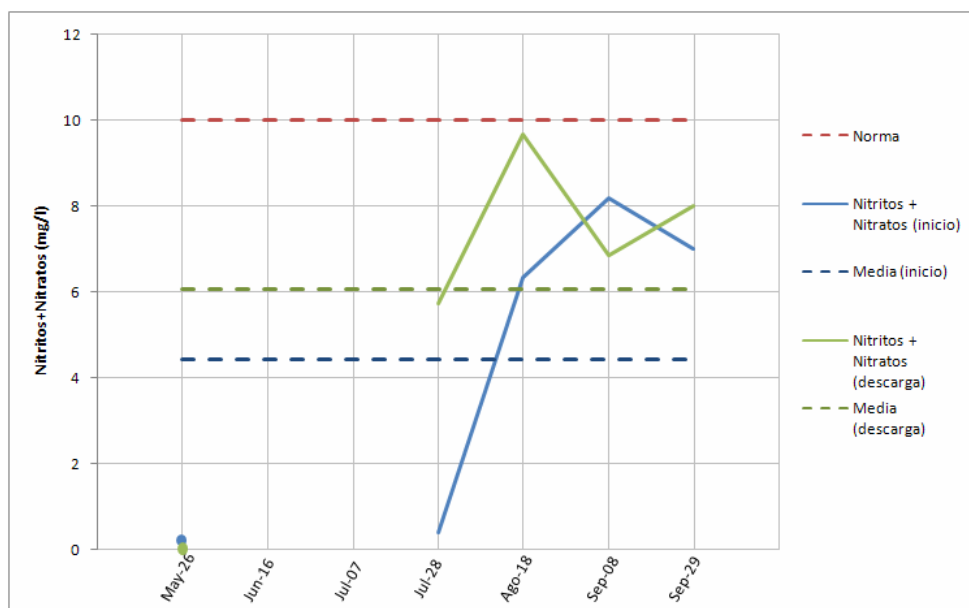


Figura 5.11 Variación del Nitritos+Nitratos de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.

## 5.2.3 Determinación de parámetros biológicos

### 5.2.3.1 Coliformes Totales

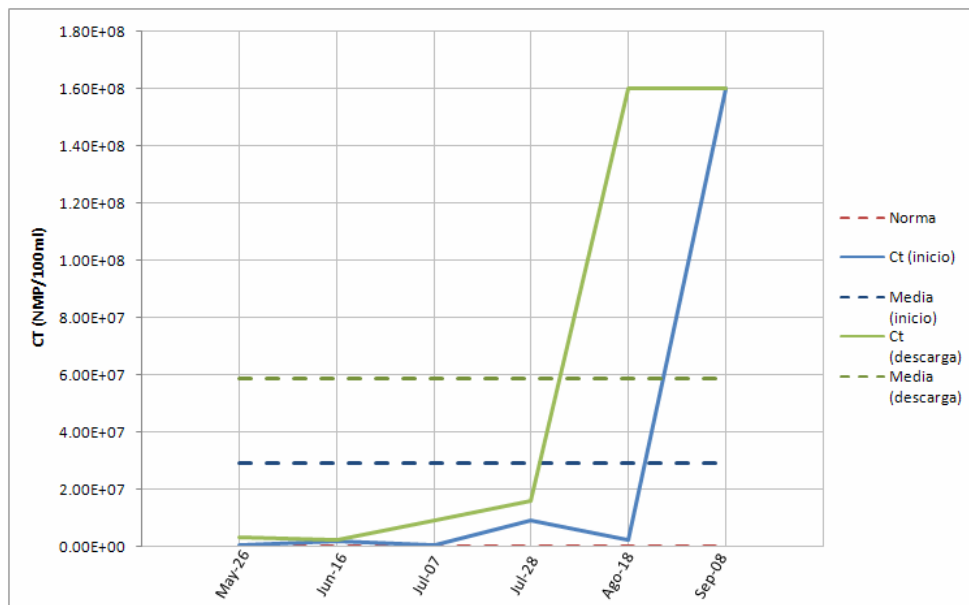
El valor promedio de coliformes totales en el punto de inicio fue de  $2,89 \times 10^7 \pm 6,42 \times 10^7$  NMP/100 ml y en el punto de descarga fue de  $5,84 \times 10^7 \pm 7,88 \times 10^7$  NMP/ 100 ml; las normas venezolanas <sup>[9]</sup> establecen que el límite de coliformes totales es de 1000 NMP/100 ml, lo cual implica que estos valores se encuentran muy por encima de lo permitido.

El valor máximo para el punto de inicio fue de  $1,60 \times 10^8$  NMP/100 ml y el valor mínimo  $4,83 \times 10^5$  NMP/100 ml. Por su parte, en el punto de descarga el



valor máximo fue de  $1,60 \times 10^8$  NMP/100 ml, y el valor mínimo  $2,2 \times 10^6$  NMP/100 ml (Ver Fig. 5.12).

A pesar de las distintas variaciones en la altura del agua tanto en el inicio como en la descarga (Ver Figs 5.1 y 5.12), todos los valores de coliformes totales se encuentran por encima de lo estipulado en las normas [9], así mismo, la mayoría de dichos valores se encuentran comprendidos dentro del rango de  $10^6$  y  $10^9$  NMP/100 ml, característico de aguas residuales domésticas [12]. Estos valores permiten deducir que existen fuentes contaminantes de aguas residuales domésticas en la trayectoria del canal CP-2, lo cual también se ve evidenciado en los altos valores de coliformes totales en el punto de descarga con respecto al punto de inicio.



**Figura 5.12 Variación del Coliformes Totales de los punto de inicio y descarga y comparación con la norma venezolana.**

### 5.2.3.2 Coliformes Fecales

En el punto de inicio el valor promedio de los coliformes fecales fue de  $2,74 \times 10^7 \pm 6,49 \times 10^7$  NMP/100 ml y para el punto de descarga fue de  $3,20 \times 10^7 \pm 6,28 \times 10^7$  NMP/100 ml. Las normas venezolanas <sup>[9]</sup> no contemplan un límite máximo de coliformes fecales, pero estos valores sirven como indicadores de contaminación fecal en el agua del canal, por lo cual los resultados obtenidos permiten asegurar contaminación del agua del CP-2 por aguas residuales domésticas y la presencia en la misma de bacterias patógenas intestinales (o de otros microorganismos patógenos), presentes en el intestino humano.

El valor máximo para el punto de inicio fue de  $1,60 \times 10^8$  NMP/100 ml y el valor mínimo  $5,4 \times 10^4$ ; en el punto de descarga el valor máximo de coliformes fecales fue de  $1,60 \times 10^8$  y el valor mínimo  $2,2 \times 10^6$  NMP/100 ml. En la gráfica se puede observar que la mayoría de los resultados obtenidos en la descarga fueron mayores que en el punto de inicio, lo que permite deducir que la contaminación por heces fecales se ve agravada a lo largo de la trayectoria del canal, debido a las fuentes contaminantes por aguas residuales domésticas. (Ver Fig. 5.13).

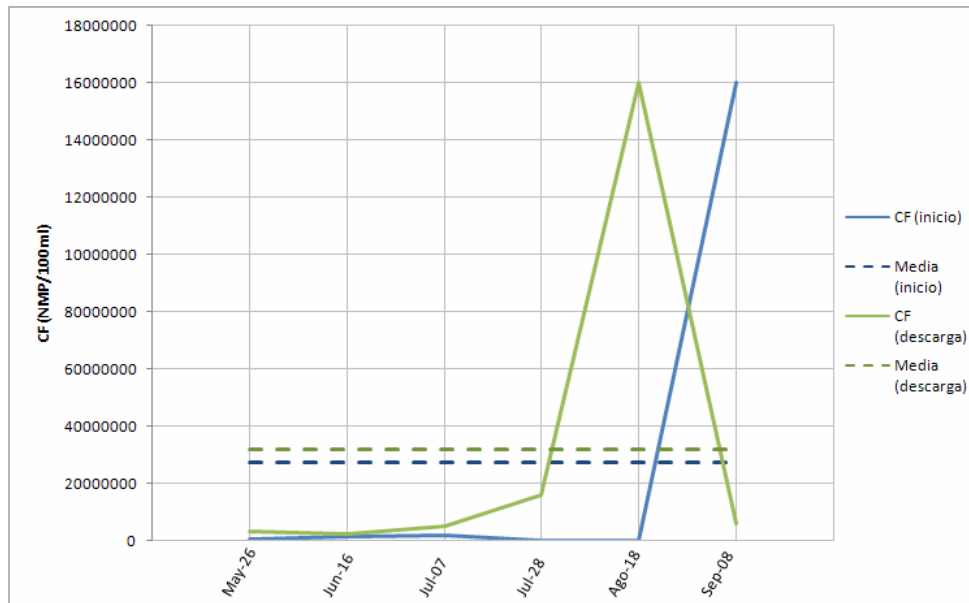


Figura 5.13 Variación del Coliformes Fecales de los punto de inicio y descarga.

### 5.3 Fuentes contaminantes

Las principales fuentes contaminantes que afectan al Dren CP-2 son las siguientes:

- La acumulación de basura y desperdicios en los alrededores y en la superficie del canal (Ver figura 3.13)
- Se tiene conocimiento en la alcaldía del municipio Urbaneja, de ciertas edificaciones residenciales y comercios que clandestinamente vierten sus aguas residuales al canal CP-2. Actualmente, este organismo se encuentra tomando las medidas pertinentes para poner fin a esta situación.

- Existen tres tuberías de impulsión de aguas servidas, dos de 16” de PVC correspondientes al anillo Norte y Sur de Cazor, y una de 42” de hierro fundido proveniente de la estación de bombeo EB1, las cuales llevan el agua hasta la chimenea de equilibrio en el sector Santa Rosa de Lechería (Ver Plano J.2, Anexo J). Constantemente las dos tuberías de PVC presentan rupturas en su trayectoria al lado del canal CP-2, descargando aguas servidas directamente sobre el mismo hasta su reparación, que generalmente toma varios días (Ver figura 3.14).
- Descargas de las aguas de piscina de edificios de la Av. Arismendi hacia el canal. La razón principal de estas acciones es evitar el colapso del sistema de tuberías cloacal y trae como consecuencia el aumento del nivel de agua del canal, la generación de espuma sobre la superficie del agua, así como también, la alteración de la población de microorganismos que se desarrollan en las aguas del mismo, debido al alto contenido de cloro que contienen estas descargas (Ver fig. 5.14).
- Existen seis (6) estaciones de bombeo de aguas servidas en la zona de estudio que al presentar fallas, afectan al canal. Algunas de estas estaciones no se encuentran dentro de la sub-cuenca hidrológica del CP-2, pero por rebose descargan sus aguas en éste cuando presentan fallas en su funcionamiento (Ver plano J.2, Anexo J).

En general, los principales problemas encontrados en estas estaciones son:

1. Falta de planta de energía eléctrica de emergencia, lo cual hace que al haber una falla en el suministro de servicio eléctrico la estación detiene su funcionamiento.
2. Falta de equipo de bombeo de reserva en buen estado para sustituir a los equipos operativos en caso de que se dañen.

Se realizó un recorrido de inspección por estas estaciones para evaluar su estado y ver sus principales características:

**Tabla 5.1 Estación de bombeo de aguas servidas EBL-3**

<b>Estación: EBL-3 (Andrés Bello)</b>	
<b>Ubicación</b>	Entre las calles Andrés Bello y la Cumanagoto
<b>Nº Bombas</b>	2 bombas sumergibles Marca: Flygt Velocidad del motor: 1170 RPM Punto de trabajo: (118 l/s caudal @ 15.9 m carga)
<b>Gastos que recibe</b>	Zonas circunvecinas
<b>Diámetro de la tubería de impulsión</b>	12"
<b>Hacia dónde bombea</b>	Chimenea de equilibrio del sector Santa Rosa
<b>Planta eléctrica de emergencia</b>	No
<b>Descarga de emergencia</b>	No
<b>Rebose</b>	No
<b>Rejilla de sólidos</b>	Si
<b>Operador</b>	No
<b>Observaciones</b>	La estación posee un by-pass, de tal manera que al suspenderse el servicio el agua se desvía hacia la EBL-4.

Tabla 5.2 Estación de bombeo de aguas servidas EB-1

<b>Estación: EB-1 (París)</b>	
<b>Ubicación</b>	Av. Jorge Rodríguez en la entrada hacia el polígono de tiro
<b>Nº Bombas</b>	5 bombas sumergibles (4 en operación y 1 de reserva) Marca: Flygt Velocidad del motor: 1185 RPM Punto de trabajo: (332 l/s caudal @ 19.5 m carga)
<b>Gastos que recibe</b>	Colector interurbano Oeste, colector interurbano Este, estaciones Tronconal, Los Estudiantes y el colector Z
<b>Diámetro de la tubería de impulsión</b>	42"
<b>Hacia dónde bombea</b>	Chimenea de equilibrio del sector Santa Rosa
<b>Planta eléctrica de emergencia</b>	Si (96 horas)
<b>Descarga de emergencia</b>	Si (al canal adyacente CP-2)
<b>Rebose</b>	Si (a la calle)
<b>Rejilla de sólidos</b>	Si
<b>Operador</b>	Si
<b>Observaciones</b>	Al suspenderse el servicio de la estación ocurre el rebose directo hacia la calle produciendo inundaciones en la Av. Jorge Rodríguez. Los problemas más comunes son la falla de la energía eléctrica y obstrucción de las bombas por sólidos.

**Tabla 5.3 Estación de bombeo de aguas servidas EBL-1**

<b>Estación: EBL-1 (Peñón del Faro)</b>	
<b>Ubicación</b>	Sector del Peñón del Faro de Lechería
<b>Nº Bombas</b>	2 bombas sumergibles Marca: Flygt Velocidad del motor: 1170 RPM Punto de trabajo: (39.9 l/s caudal @ 12.5 m carga)
<b>Gastos que recibe</b>	Zonas circunvecinas
<b>Diámetro de la tubería de impulsión</b>	8"
<b>Hacia dónde bombea</b>	Chimenea de equilibrio del sector Santa Rosa
<b>Planta eléctrica de emergencia</b>	Si (no operativa)
<b>Descarga de emergencia</b>	No
<b>Rebose</b>	Si (al canal adyacente CP-2)
<b>Rejilla de sólidos</b>	Si
<b>Operador</b>	No
<b>Observaciones</b>	Los problemas resultantes al suspenderse el servicio es el desbordamiento de la boca de visita ubicada al frente de la estación, originando inundaciones en el cruce de la calle Mariño con Vista Mar y drenando superficialmente por la calle hacia el CP-2.

Tabla 5.4 Estación de bombeo de aguas servidas EBL-2

<b>Estación: EBL-2 (Las Palmeras)</b>	
<b>Ubicación</b>	Final de la calle Arismendi cruce con calle Tahalí
<b>Nº Bombas</b>	3 bombas sumergibles Marca: Flygt Velocidad del motor: 1760 RPM Punto de trabajo: (41.8 l/s caudal @ 20.2 m carga)
<b>Gastos que recibe</b>	Zonas circunvecinas
<b>Diámetro de la tubería de impulsión</b>	12 "
<b>Hacia dónde bombea</b>	Chimenea de equilibrio del sector Santa Rosa
<b>Planta eléctrica de emergencia</b>	No
<b>Descarga de emergencia</b>	No
<b>Rebose</b>	Si (al canal adyacente CP-2)
<b>Rejilla de sólidos</b>	Si
<b>Operador</b>	No
<b>Observaciones</b>	Los problemas resultantes al suspenderse el servicio es el desbordamiento de bocas de visita drenando superficialmente por la calle hacia el CP-2.



**Tabla 5.5 Estación de bombeo de aguas servidas EBL-4**

<b>Estación: EBL-4 (El Parque)</b>	
<b>Ubicación</b>	Av. Píritu, plaza del Morro en el casco central de Lechería
<b>Nº Bombas</b>	3 bombas sumergibles Marca: Flygt Velocidad del motor: 1780 RPM Punto de trabajo: (126 l/s caudal @ 43.2 m carga)
<b>Gastos que recibe</b>	Zonas circunvecinas
<b>Diámetro de la tubería de impulsión</b>	12"
<b>Hacia dónde bombea</b>	Tubería de impulsión común Playa Mansa (16") y de ahí hacia la chimenea de equilibrio del sector Santa Rosa
<b>Planta eléctrica de emergencia</b>	No
<b>Descarga de emergencia</b>	No
<b>Rebose</b>	No
<b>Rejilla de sólidos</b>	Si
<b>Operador</b>	No
<b>Observaciones</b>	El problema por la suspensión del servicio es el desbordamiento de la boca de visita ubicada en la calle Arismendi con el cruce de la calle de La Cava, drenando superficialmente hacia el canal proveniente de la laguna Rómulo Gallegos y de ahí al CP-2.

Tabla 5.6 Estación de bombeo de aguas servidas Rómulo Gallegos

<b>Estación: Rómulo Gallegos</b>	
<b>Ubicación</b>	Nor-oeste de Lechería entre el Boulevard Lido y la Avenida Principal Diego Bautista Urbaneja, entre las calles Pobre Negro y Marisela
<b>Nº Bombas</b>	2 bombas sumergibles (1 en operación ) Marca: Flygt Velocidad del motor: 1185 RPM Punto de trabajo: (332 l/s caudal @ 19.5 m carga)
<b>Gastos que recibe</b>	Zonas circunvecinas
<b>Diámetro de la tubería de impulsión</b>	8"
<b>Hacia dónde bombea</b>	Tubería de impulsión común Playa Mansa (16") y de ahí hacia la chimenea de equilibrio del sector Santa Rosa
<b>Planta eléctrica de emergencia</b>	No
<b>Descarga de emergencia</b>	No
<b>Rebose</b>	No
<b>Rejilla de sólidos</b>	Si
<b>Operador</b>	Si
<b>Observaciones</b>	Al suspenderse el servicio se desbordan bocas de visitas de las calles adyacentes a la estación, drenando superficialmente hacia la Laguna de Rómulo Gallegos

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTAS PARA LA DESCONTAMINACIÓN DEL CP-2**

El análisis de resultados permitió definir que las principales causas que contribuyen a la contaminación del canal de drenaje CP-2 y sus principales afluentes son:

1. Afluentes contaminados
2. Fallas en las estaciones de bombeo de aguas servidas
3. Rupturas en las tuberías de impulsión de aguas servidas
4. Acumulación de basura y desperdicios
5. Descargas clandestinas de aguas de piscina y aguas servidas

Con la finalidad de prevenir, disminuir y en lo posible, erradicar por completo la contaminación presente en el canal de drenaje CP-2; se elaboraron una serie de propuestas orientadas a abordar cada una de las causas que originan esta condición. Para ello, se analizaron diferentes opciones y se recopilieron las más viables para lograr la descontaminación del drenaje en este caso en particular.

A continuación se presenta un cuadro resumen de propuestas para la descontaminación del drenaje CP-2, elaborado siguiendo una metodología comúnmente realizada en trabajos de investigación relacionados con el tema.

**Tabla 6.1 Cuadro resumen de propuestas para la descontaminación del CP-2**

<p>1. <b>Afluentes contaminados:</b> El agua que entra al canal CP-2 proveniente de los drenajes G, H y T; se encuentra contaminada, este se ve evidenciado en el análisis de los resultados físicos, químicos y biológicos, realizados en el punto de inicio del canal CP-2.</p>		
<b>Objetivo</b>	<b>Propuestas</b>	<b>Responsable</b>
<p>Mejorar la calidad del agua de los drenajes afluentes al canal CP-2</p>	<p>Poner en práctica las actividades descritas en las investigaciones: <b>“Estudio para la descontaminación del dren “G”, Municipio Simón Bolívar, Estado Anzoátegui”</b> y <b>“Estudio de la contaminación de los drenajes “H” y “T”, Municipio Simón Bolívar, Estado Anzoátegui”</b> elaborados en el departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Oriente-Núcleo Anzoátegui en el año 2010.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales</li> <li>- Alcaldía del Municipio Simón Bolívar</li> <li>- Hidrocaribe</li> </ul>

<p><b>2. Fallas en las estaciones de bombeo de aguas servidas:</b> en la zona de estudio del canal CP-2 existen estaciones de bombeo de aguas servidas que al presentar fallas en su funcionamiento, descargan de manera directa e indirecta sus aguas a este canal de drenaje.</p>		
<b>Objetivo</b>	<b>Propuestas</b>	<b>Responsable</b>
<p>Corregir las fallas eléctricas y operacionales de las estaciones de bombeo de aguas servidas de la zona en estudio.</p>	<p>Dotar e instalar una planta eléctrica de emergencia, para mantener la continuidad en el funcionamiento de la estación de bombeo cuando falla el servicio eléctrico. Se aplica a: EBL-2, EBL-3, EBL-4 y E/B Rómulo Gallegos.</p>	<p>- Hidrocaribe - Alcaldía de Lechería</p>
	<p>Reparación y puesta en marcha de la planta generadora de electricidad para casos de emergencia. Se aplica a: EBL-1</p>	<p>- Alcaldía de Lechería</p>
	<p>Dotar e instalar equipo de bombeo de reserva con velocidad del motor de 1185 RPM y punto de trabajo de 332 l/s caudal @ 19.5 m. carga, o similar. Se aplica a: E/B Rómulo Gallegos</p>	<p>- Hidrocaribe</p>

**2. Fallas en las estaciones de bombeo de aguas servidas:** en la zona de estudio del canal CP-2 existen estaciones de bombeo de aguas servidas que al presentar fallas en su funcionamiento, descargan de manera directa e indirecta sus aguas a este canal de drenaje.

Objetivo	Propuestas	Responsable
Corregir las fallas eléctricas y operacionales de las estaciones de bombeo de aguas servidas de la zona en estudio.	Realizar monitoreos frecuentes de las estaciones de bombeo de aguas servidas que no poseen operador fijo, para detectar rápidamente las fallas en la estación. Aplica a: EBL-1, EBL-2. EBL-3 y EBL-4	- Alcaldía de Lechería
	Elaborar programa de operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo de aguas servidas y sus instalaciones electromecánicas, que garanticen el buen funcionamiento de la estación. Se aplica a: EB-1, EBL-1, EBL-2. EBL-3, EBL-4 y E/B Rómulo Gallegos	- Hidrocaribe - Alcaldía de Lechería

<p><b>3. Rupturas en las tuberías de impulsión de aguas servidas:</b> Existen dos (2) tuberías de impulsión de aguas servidas adyacentes al canal CP-2, que constantemente presentan rupturas y cuando esto ocurre, descargan sus aguas directamente a este canal</p>		
<b>Objetivo</b>	<b>Propuestas</b>	<b>Responsable</b>
<p>Evitar las rupturas de las tuberías de impulsión de aguas servidas del anillo Norte y Sur de Cazor</p>	<p>Elaborar un programa de mantenimiento preventivo de las tuberías de impulsión incluyendo el control de las presiones a las cuales están sometidas, para evitar que sobrepasen su resistencia y su posible ruptura</p>	<p>- Hidrocaribe</p>
	<p>Establecer un horario de alternabilidad en el funcionamiento de las estaciones de bombeo de aguas servidas que descargan a las tuberías de impulsión del anillo Norte y Sur de Cazor, con la finalidad de evitar grandes aumentos en las presiones de servicio que originan sus rupturas.</p>	

<b>4. Acumulación de basura y desperdicios</b> en las adyacencias y sobre la superficie del agua del canal de drenaje CP-2		
<b>Objetivo</b>	<b>Propuestas</b>	<b>Responsable</b>
Evitar la acumulación de basura en las adyacencias y sobre la superficie del agua del canal	Elaborar un programa para el manejo y recolección de residuos sólidos de los sectores que generan el problema.	- Alcaldía de Lechería
	Realizar labores de mantenimiento periódicas en el canal para la remoción de basura presente en el mismo	- Alcaldía de Lechería
	Elaborar un programa de educación ambiental donde participen las comunidades involucradas en esta situación	- Alcaldía de Lechería - Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales - Consejos comunales y asociaciones de vecinos



<b>5. Descarga clandestinas de aguas de piscina y aguas servidas al canal CP-2 por edificaciones y comercios adyacentes al canal y sus afluentes</b>		
<b>Objetivo</b>	<b>Propuestas</b>	<b>Responsable</b>
Controlar los vertidos líquidos y descargas de aguas provenientes de piscinas	Consolidar el programa de inspección y verificación de las descargas de aguas de piscina y los empotramientos de aguas servidas de edificaciones y comercios que perjudican al CP-2 y sus afluentes, el cual está siendo ejecutado por la Alcaldía de Lechería e Hidrocaribe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alcaldía de Lechería</li> <li>- Hidrocaribe</li> </ul>
	Hacer cumplir la Ordenanza sobre el control y preservación del medio ambiente del municipio Diego Bautista Urbaneja y aplicar las sanciones previstas en ellas, dentro del ámbito de sus atribuciones legales y en el marco de sus respectivas competencias atribuidas en la constitución y demás leyes de la República Bolivariana de Venezuela	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alcaldía de Lechería</li> </ul>

A través del cumplimiento y ejecución de estas propuestas, se puede lograr la descontaminación del canal de drenaje CP-2 y sus afluentes. Es importante señalar que algunas de las propuestas mencionadas debido a su envergadura, son temas que ameritan ser desarrollados en profundidad en nuevos trabajos de investigación. Algunos ya se han realizado, y otros actualmente se están llevando a cabo en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Oriente.

## **CAPÍTULO VII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **7.1 Conclusiones**

1. En general, los parámetros medidos en esta investigación arrojaron valores más altos en el punto de descarga, por lo que se puede concluir que existen fuentes contaminantes a lo largo de la trayectoria del canal que alteran estos valores, ocasionando grandes diferencias en las características del agua entre el punto de inicio y el de descarga del dren CP-2.
2. Los valores de pH y temperatura, medidos a través del tiempo en cada punto de muestreo, no presentaron gran variación, y se encuentran dentro del rango permitido por las normas.
3. Debido a la gran proliferación de plantas en el canal, que utilizan la materia orgánica, el fósforo, los nitritos y nitratos como nutrientes para su desarrollo, las concentraciones medias de DBO5, DQO, Fósforo total y Nitritos + Nitratos, se encuentran por debajo del límite máximo establecido por las normas venezolanas; sin embargo, superan los valores promedios de estos mismos parámetros en aguas naturales
4. La concentración de Nitrógeno total en el punto de inicio del canal no sobrepasa lo estipulado en las normas, pero en el punto de descarga si excede dicho límite, esto se puede atribuir a las fuentes contaminantes que aportan agua servidas al canal.

5. Los valores de Aceites y Grasas en su mayoría, se encuentran por debajo de lo establecido, sin embargo a lo largo de toda la trayectoria del canal se puede apreciar una película de grasa sobre la superficie del agua.
6. Los valores de Sólidos Suspendidos Totales, tanto en el inicio como en el punto de descarga se encontraron por encima del límite establecido para un vertido líquido. Esta condición es la principal causante del color oscuro y turbio del agua, así como de los niveles tan altos de acumulación de lodos en el fondo del canal. Cabe destacar, que los valores de SST se ven influenciados por las labores de mantenimiento en el canal y por la forma de captación de las muestras.
7. Los análisis bacteriológicos realizados al agua del CP-2 tanto en el punto de inicio como en el de descarga, indican contaminación fecal por aguas residuales domésticas, ya que los valores obtenidos exceden el valor máximo permitido por las normas. Valores tan altos de coliformes totales y fecales son más característicos en aguas residuales que en aguas de lluvia de un drenaje.
8. Los valores que excedieron la norma en el punto de inicio del canal CP-2, permiten concluir que el agua proveniente de la laguna y sus afluentes, se encuentran contaminadas por aguas residuales domésticas, condición que se ve agravada en el trayecto hasta la descarga a la madre vieja del río Neverí.

9. La principal fuente contaminante encontrada en la investigación son las estaciones de bombeo de aguas servidas, que al presentar fallas en su funcionamiento o en el servicio eléctrico, descargan por rebose en el dren CP-2. Estas estaciones en su mayoría, se encuentran muy deterioradas y no cuentan con el equipo necesario para funcionar en situaciones de emergencia.
10. Entre otras fuentes contaminantes se encuentran las frecuentes rupturas en las tuberías de impulsión de aguas servidas adyacentes al canal, las descargas clandestinas de aguas servidas de algunas edificaciones y la basura y desperdicios sólidos en los alrededores y en el canal arrojados por los habitantes de la zona.

## **7.2 Recomendaciones**

1. Hacer cumplir lo establecido en el Decreto 883 de las normas de control para los efluentes o vertidos líquidos en los cuerpos de agua de la Gaceta Oficial de Venezuela, así como también, las sanciones estipuladas en las ordenanzas sobre control y preservación del medio ambiente del municipio Diego Bautista Urbaneja.
2. Promover la incorporación en las normativas venezolanas, de un retiro mínimo de las construcciones con respecto a los canales de drenaje, para facilitar las labores de limpieza, mantenimiento y evitar la contaminación de los mismos

1. Promover la creación de un plan de descontaminación global del sistema de drenajes primarios de la margen derecha del río Neverí, ya que un proyecto aislado para el CP-2 no lograría las metas propuestas, por ser éste, un canal de transición que transporta las aguas provenientes de la laguna de retención de los Tronconales hasta la madre vieja del río Neverí. Por lo que un plan para su descontaminación, debe incluir la descontaminación de la laguna y sus afluentes.
  
2. En términos generales se recomienda a los organismos gubernamentales: Gobernación del estado Anzoátegui, Alcaldía del municipio Simón Bolívar, Alcaldía de Lechería, Hidrocaribe y Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, aplicar las propuestas para la descontaminación del dren CP-2 y sus afluentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MARTINEZ CONSULTORES S.A, **“Proyecto de colectores primarios y descarga al mar de los drenajes en la margen derecha del río Neverí, en la ciudad de Barcelona, estado Anzoátegui”**. (1992)
- [2] L. Barreto y S. Ortega, **“Diagnóstico de la situación Ambiental de la cuenca del río Unare (IV) subcuenca Unare medio”**, Trabajo de grado, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Oriente. Barcelona, Venezuela. (1993)
- [3] V. Labady, **“Determinación de las concentraciones de metales pesados en sedimentos en el área del río Neverí influenciada por la descarga del “Dren B” Barcelona. Edo Anzoátegui”**, Trabajo de grado, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Oriente. Barcelona, Venezuela. (2005)
- [4] J. Paliche y J. López, **“Evaluación del sistema de tratamiento de aguas servidas de la población de Aragua de Barcelona, Municipio Aragua, Edo. Anzoátegui”**, Trabajo de grado, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Oriente. Barcelona, Venezuela. (2007)
- [5] Z. Salazar y D. Somosa, **“Evaluación del sistema de bombeo de aguas servidas de las principales estaciones de bombeo en la**

**conurbación de Barcelona, Puerto la Cruz y Lechería**”, Trabajo de grado, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Oriente. Barcelona, Venezuela. **(2007)**

- [6] J. Bolinaga, **“Drenaje Urbano”**, M.A.R.N.R - INOS, Caracas. **(1979)**
- [7] S. Arocha, **“Cloacas y drenajes”**, Ediciones Vegas, Caracas. **(1983)**
- [8] M.A.R.N.R / M.I.N.D.U.R., **“Normas Generales para el Proyecto de Alcantarillados”** Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°5.318, Venezuela. **(1999)**
- [9] M.A.R.N.R / M.I.N.D.U.R., **“Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos”**. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.021, Venezuela. **(1995)**
- [10] E. Odum, **“Ecología”**, Editorial CECSA, México. **(1986)**
- [11] R. Crites y G. Tchobanoglous, **“Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados”**. Ediciones McGraw-Hill interamericana editores S.A. **(2000)**
- [12] METCALF & EDDY, **“Ingeniería de aguas residuales”** Volumen 1, Tratamiento, vertido y reutilización, Ediciones McGraw-Hill, 3ra edición, España. **(1995)**



- [13] APHA / AWWN / WEF “**Standard methods for examination of water and wastewater.**” 20<sup>th</sup> Edition. (1998)
- [14] F. Gayer y Okum, “**Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Residuales**”, Volumen I. Editorial Limusa, México. (1974)
- [15] M. Spiegel, J. Schiller y R. Srinivasan, “**Probabilidad y Estadística**”, Ediciones McGraw-Hill interamericana editores S.A, 2da edición, México. (2003)
- [16] Fondonorma., “**Aguas naturales, industriales y residuales. Guía para las técnicas de muestreo.**” (1<sup>ra</sup> revisión). Norma Covenin 2709:2002. (2002)
- [17] Fondonorma., “**Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de sólidos.**” (1<sup>ra</sup> revisión). Norma Covenin 2461:1987. (1987)
- [18] Fondonorma., “**Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación del contenido de aceites y grasas e hidrocarburos extraíbles con n-hexano.**” (1<sup>ra</sup> revisión). Norma Covenin 2831:02. (2002)
- [19] Y. Astor, “**Manual de análisis de aguas para la agricultura y las ciencias del mar.**” Fundación la Salle de ciencias naturales, Serie Ciencia y Tecnología nro. 8, Caracas. (1998)

[20] C. Sawyer y P. Mc Carty, “**Chemistry for environmental engineering**”. Editorial Mc Graw Hill, 3ra edición, EEUU. (1978)

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO:**

<b>TÍTULO</b>	<b>ESTUDIO PARA LA DESCONTAMINACIÓN DEL DREN “CP-2”, MUNICIPIO DIEGO BAUTISTA URBANEJA, ESTADO ANZOÁTEGUI.</b>
<b>SUBTÍTULO</b>	

**AUTOR (ES):**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CULAC / E MAIL</b>
<b>Isabel C. Díaz G.</b>	CVLAC: 17.535.108 EMAIL: isabeldiaz13@gmail.com
<b>Sandy E. Naime V.</b>	CVLAC: 18.900.712 E MAIL: sandy.naime.v@gmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

**PALÁBRAS O FRASES CLAVES:**

DESCONTAMINACIÓN, DRENAJE, ESTACIONES DE BOMBEO, AGUA RESIDUAL, PARAMETROS FISICO-QUIMICOS, COLIFORMES, NUTRIENTES.

---



---



---

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

<b>ÀREA</b>	<b>SUBÀREA</b>
INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	INGENIERÍA CIVIL

**RESUMEN (ABSTRACT):**

El sistema de drenaje de la margen derecha del río Neverí enfrenta graves problemas de contaminación, lo cual afecta en gran medida al drenaje CP-2, por ser éste, un canal de transición hacia la madre vieja del río. Por tales motivos, se realizó un estudio del grado de contaminación que existe en el CP-2 y sus principales fuentes contaminantes, a través de una serie de toma de muestras de agua en el inicio y en la descarga del canal, que fueron sometidas a ensayos en sitio y en laboratorio de parámetros físicos, químicos y biológicos; obteniéndose los siguientes resultados: a) La temperatura no presentó gran variación. b) Los valores medios de pH, DQO, DBO<sub>5</sub>, Aceites y Grasas, Fósforo Total y Nitritos + Nitratos se encuentran por debajo de lo establecido en las normas. c) El valor medio de Nitrógeno Total en la descarga superó el límite permitido por las normas. d) Los valores de Sólidos Suspendidos Totales, Coliformes Totales y Coliformes Fecales excedieron considerablemente los límites establecidos. El análisis indica que el agua que entra al CP-2 ya viene contaminada y esta situación se ve agravada a lo largo de su trayectoria por fuentes contaminantes de aguas residuales domésticas.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**CONTRIBUIDORES:**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL</b>				
Ana V. Ghanem R.	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS X</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>	5.396.725			
	<b>E_MAIL</b>	ana_ghanem@hotmail.com			
	<b>E_MAIL</b>				
Hilda Morales	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU X</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
Marielys Gómez	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU X</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DÍA</b>

**LENGUAJE. SPA**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**ARCHIVO (S):**

<b>NOMBRE DE ARCHIVO</b>	<b>TIPO MIME</b>
TESIS:DESCONTAMINACIÓN DEL DREN CP-2.DOC	Application/msword

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:** A B C D E F G H  
I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u  
v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

**ALCANCE**

**ESPACIAL:** \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

**TEMPORAL:** \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Ingeniero Civil

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Pregrado

**ÁREA DE ESTUDIO:**

Departamento de Ingeniería Civil

**INSTITUCIÓN:**

Universidad De Oriente/Núcleo Anzoátegui

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**DERECHOS**

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado:

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.

Isabel C. Díaz G

**AUTOR**

Sandy E. Naime V.

**AUTOR**

Ana Ghanem

**TUTOR**

Hilda Morales

**JURADO**

Marielys Gómez

**JURADO**

**POR LA SUBCOMISION DE TESIS**