

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS
NATURALES**

**Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA
DE LOS RECURSOS NATURALES**

**TEMA:
ESTUDIO DE CALIDAD FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y BIOLÓGICA
DEL AGUA EN EL RÍO PITA DEL CANTÓN RUMIÑAHUI**

**AUTORES:
CHRISTIAN ANDRÉS TORRES PADILLA**

**DIRECTOR:
CHRISTIAN FABRICIO LARENAS URÍA**

Quito, mayo de 2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL TRABAJO DE GRADO

Autorizó a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de las autoras.

Quito, mayo 2015

Christian Andrés Torres Padilla

CC: 1716248404

DEDICATORIA

A Dios, por iluminar cada pasó de mi vida

Dedico la presente tesis a mis padres, Oswaldo y Jenny por su incondicional amor por siempre brindarme la fortaleza para seguir adelante por sus palabras de aliento en los momentos difíciles.

A mi hermana de sangre Wendy y a mi hermano que me dio la vida Geovanny que nunca perdieron la fe en mí, al pequeño ángel Jhean que desde el cielo ilumina nuestro hogar y lo llena de amor.

A mis abuelitos Pablito y Nina por ser la fuerza y ejemplo de lucha ante toda adversidad de la vida.

A mi querida novia, amiga, consejera Ximena por darme el impulso para seguir adelante, por su gran corazón y ser ese apoyo durante estos años.

AGRADECIMIENTO

A todos los docentes de la Carrera de Ingeniería en Biotecnología de los Recursos Naturales por transmitir todos sus conocimientos sin recelo, ni sordidez.

Al Químico Christian Larenas, director de tesis por su tiempo, paciencia y conocimiento brindado durante el transcurso de la presente investigación.

Al Químico Farmacéutico Mgtr Wilson Tapia, por el tiempo invertido en la lectura y revisión de este trabajo.

A todo el personal del CENTROCESAL, en especial al Dr. Carlos López por brindarme la apertura de realizar este estudio, a la Dra. Andrea Cumba por su tiempo y sapiencia, por último a mi querido amigo Juan Pablo Rosero por su valiosa ayuda durante el transcurso de este estudio.

A todos mis amigos y compañeros que compartieron un momento de su tiempo en este arduo camino, en especial a los aguados: Adriana, Alejandra, Gabriel, Pablo y Alex.

A mis amigos que conforman la institución Club deportivo y cultural “Intermishky”.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.....	5
MARCO TEÓRICO	5
1.1 Cantón Rumiñahui	5
1.1.1 Ubicación geográfica	5
1.1.2 Hidrografía	5
1.1.3 Barrio Selva Alegre.....	5
1.2 Ríos	6
1.2.1 Concepto	6
1.2.2 Río Pita.....	6
1.3 El agua.....	7
1.3.1 Agua.....	7
1.4 Aguas residuales.....	8
1.4.1 Agua residual	8
1.4.2 Caracterización agua residual	8
1.4.2.1 Características físicas	8
1.4.2.1 Características químicas.....	10
1.4.2.3 Características biológicas.....	13
1.4.2.4 Macroinvertebrados.....	16
1.4.3 Clasificación del agua residual.....	16
1.4.4 Caracterización del agua residual.....	19
1.4.5 Consecuencia de la contaminación de las aguas residuales	20
1.4.6 Muestreo de agua superficial y residual.....	20
1.5 Tipo de muestras	21
1.6 Conservación de muestra	22
CAPÍTULO 2.....	23
MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
2.1 Población y muestra	23
2.2 Marco metodológico	23
2.2.1 Descripción del sitio de estudio	23
2.2.2 Medición del caudal.....	24
2.3 Muestreo.....	25

2.3.1 Recolección de muestras	25
2.3.2 Frecuencia de muestreo	26
2.3.3 Medición <i>in situ</i> de las muestras	27
2.4 Análisis de las muestras recolectadas	27
2.4.1 Medición de potencial de hidrógeno (pH) APHA (4500 B)	29
2.4.2 Medición de la temperatura APHA (2550 B)	29
2.4.3 Medición de la turbidez APHA (2130 B)	30
2.4.4 Medición de conductividad APHA (2510B).....	31
2.4.5 Determinación de la alcalinidad APHA (2320 B).....	31
2.4.6 Determinación de sólidos suspendidos APHA (2540D).....	33
2.4.7 Determinación de sólidos totales APHA (2540 B)	34
2.4.8 Determinación de aceites y grasas APHA (5520 B)	35
2.4.9 Determinación de sulfatos APHA (4500 B)	36
2.4.10 Determinación de nitritos APHA (4500 B) Sistema HACH.....	37
2.4.11 Determinación de fosfatos APHA (4500 E)	38
2.4.12 Determinación de la demanda química de oxígeno APHA (5220 B)	39
2.4.13 Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (5210 B).....	40
2.4.14 Determinación de la concentración de fenol.....	40
2.4.15 Determinación de coliformes totales. Número más probable (NMP).....	42
2.4.16 Determinación de los metales pesados.....	44
2.4.17 Caracterización de las comunidades biológicas de Macroinvertebrados, mediante los métodos APHA (10500 D):	44
CAPÍTULO 3.....	
RESULTADOS.....	46
3.1 Parámetros “IN SITU”	46
3.2 Caudal	47
3.3 Caracterización Físico, Químico del Río Pita.....	48
3.3.1 Potencial de Hidrógeno	48
3.3.2 Temperatura	50
3.3.3 Alcalinidad	51
3.3.4 Sólidos totales	53
3.3.5 Sólidos totales suspendidos.....	54
3.3.6 Aceites y Grasas	56
3.3.7 Conductividad	57
3.3.8 Turbidez	59
3.3.9 Sulfatos.....	60
3.3.10 Nitritos	62
3.3.11 Fosfatos	63

3.3.12 Fenoles	65
3.3.13 Demanda química de oxígeno	66
3.3.14 Demanda bioquímica del oxígeno.....	68
3.3.15 Metales Pesados Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Cobalto, Mercurio, Plomo	69
3.3.16 Coliformes totales	70
3.3.17 Coliformes fecales.....	71
3.3.18 Caracterización de Macro invertebrados.....	73
CONCLUSIONES.....	76
RECOMENDACIONES.....	79
LISTA DE REFERENCIA.....	80
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de agua residual.....	18
Tabla 2. Propiedades físicas, químicas y biológicas del agua residual y su origen	19
Tabla 3. Frecuencia de muestreo.....	26
Tabla 4. Parámetros in situ analizados.....	27
Tabla 5. Parametros analizados en el CENTROCESAL	28
Tabla 6. Datos obtenidos de los parámetros “in situ” en el proyecto	46
Tabla 7. Valores medidos para el Caudal en el proyecto.....	47
Tabla 8. Datos obtenidos de pH.....	48
Tabla 9. Datos obtenidos para temperatura °C	50
Tabla 10. Datos obtenidos para alcalinidad mg/L en el proyecto.....	51
Tabla 11. Datos obtenidos para sólidos totales mg/L	53
Tabla 12. Datos obtenidos para sólidos totales suspendidos mg/L.....	54
Tabla 13. Datos obtenidos para Aceites y Grasas mg/L	56
Tabla 14. Datos obtenidos para conductividad uS/cm.....	57
Tabla 15. Datos obtenidos para turbidez NTU.....	59
Tabla 16. Datos obtenidos para sulfatos mg/L.....	60
Tabla 17. Datos obtenidos para nitritos mg/L.....	62
Tabla 18. Datos obtenidos para fosfatos mg/L.....	63
Tabla 19. Datos obtenidos para fenoles mg/L.....	65
Tabla 20. Datos obtenidos para Demanda química de oxígeno mg/L	66
Tabla 21. Datos obtenidos para Demanda bioquímica del oxígeno mg/L.....	68
Tabla 22. Datos Obtenidos para metales pesados	69
Tabla 23. Datos obtenidos para Coliformes totales NMP.....	70
Tabla 24. Datos obtenidos para Coliformes fecales NMP	71
Tabla 25. Número de organismos colectados en el proyecto.....	73
Tabla 26. Valores y rango BMWP en el proyecto	73
Tabla 27. Comparación entre límites máximos permisibles del TULAS y resultados de los análisis	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructuras químicas del agua	7
Figura 2. Gráfica de interacción Ph vs mes, toma	49
Figura 3. Gráfica de interacción temperatura vs mes, toma.....	50
Figura 4. Gráfica de interacción alcalinidad vs mes, toma	52
Figura 5. Gráfica de interacción sólidos totales vs mes, toma.....	53
Figura 6. Gráfica de interacción sólidos totales suspendidos vs mes, toma	55
Figura 7. Gráfica de interacción Aceites y Grasas vs mes, toma.....	56
Figura 8. Gráfica de interacción conductividad vs mes, toma	58
Figura 9. Gráfica de interacción turbidez vs mes, toma.....	59
Figura 10. Gráfica de interacción sulfatos vs mes, toma	61
Figura 11. Gráfica de interacción nitritos vs mes, toma	62
Figura 12. Gráfica de interacción fosfatos vs mes, toma	64
Figura 13. Gráfica de interacción fenoles vs mes, toma	65
Figura 14. Gráfica de interacción DQO vs mes, toma	67
Figura 15. Gráfica de interacción DBO vs mes, toma	68
Figura 16. Gráfica de interacción Coliformes totales vs mes, toma	70
Figura 17. Gráfica de interacción Coliformes fecales vs mes, toma	72

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula para la normalidad	32
Ecuación 2. Fórmula para la alcalinidad	32
Ecuación 3. Fórmula para sólidos suspendidos	34
Ecuación 4. Fórmula para sólidos totales.....	34
Ecuación 5. Fórmula para aceites y grasas.....	36

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Curva de calibración para la concentración de sulfatos	83
Anexo 2. Curva de calibración para la concentración de fosfatos.	83
Anexo 3. Curva de calibración para la concentración de la demanda biológica de oxígeno.....	84
Anexo 4. Curva de calibración para la concentración de fenoles.	84
Anexo 5. ANOVA de dos vías para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en relación al mes y la toma.....	85
Anexo 6. Punto A antes de la descarga residual.	86
Anexo 7. Punto B Durante la descarga de aguas residuales.	86
Anexo 8. Punto C posterior a la descarga	86
Anexo 9. Medición del caudal	86
Anexo 10. Recolección de las muestras	87
Anexo 11. Análisis parámetros in situ	87
Anexo 12. Análisis de pH	87
Anexo 13. Análisis de alcalinidad.....	87
Anexo 14. Análisis de sólidos suspendidos	88
Anexo 15. Análisis de sólidos totales	88
Anexo 16. Análisis de aceites y grasas	88
Anexo 17. Análisis de sulfatos.....	88
Anexo 18. Análisis de nitritos.....	89
Anexo 19. Análisis de fosfatos.....	89
Anexo 20. Análisis de fenol.....	89

RESUMEN

El río Pita presenta un deterioro en la calidad del agua debido a su uso como receptor de vertientes de todo tipo, además de existir contaminación de origen natural, por tal motivo el presente estudio evaluó los parámetros físico-químicos, microbiológicos y biológicos que caracterizan al río Pita, sus rangos de variación y variables que más influyen en la calidad del agua, basándose en los métodos APHA ed, 22.

En este estudio que se desarrolló durante los meses de septiembre 2014 a enero 2015, se realizaron muestreos en el río Pita, barrio Selva Alegre, en tres puntos diferentes; antes, en el sitio y después de una descarga de aguas residuales. En cada punto de muestreo se analizó de manera *in situ* los parámetros de pH, temperatura y conductividad.

Los parámetros físico-químicos analizados en las muestras de agua fueron: pH, temperatura, turbidez, conductividad, alcalinidad, sólidos suspendidos, sólidos totales, aceites y grasas, fenoles, DBO₅, DQO, sulfatos, nitritos, fosfatos, arsénico, cadmio, cobre, cobalto, cromo, mercurio, zinc, plomo, coliformes fecales, coliformes totales, y la caracterización de las comunidades de macroinvertebrados en los laboratorios CENTROCESAL. Ltda.

Los análisis de los parámetros tuvieron como objetivo conocer la situación físico-química, biológica y microbiológica actual del río Pita, con la recolección de dicha información se determinó si sus aguas se encuentran dentro de los límites establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) en el libro VI - anexo 1, tabla 12: límites para descargas a un cuerpo de agua dulce.

De los resultados obtenidos se concluyó que la situación del río Pita no es alarmante pero si preocupante hacia un futuro por falta de tratamiento hacia las aguas residuales y de investigaciones acerca de la calidad de agua.

Palabra clave: TULSMA, métodos APHA, aguas residuales.

ABSTRACT

The Pita river presents a deterioration in water quality due to its use as a recipient of slopes of all kinds, besides existing natural pollution, for this reason the present study evaluated the physical-chemical, microbiological and biological parameters that characterize the Pita river, their ranges of variation and variables that influence water quality, based on the methods APHA ed, 22.

This study took place during the months of September 2014 to January 2015, samples were taken at the Pita River, neighborhood Selva Alegre in three different points; before, in the siege and after a discharge of sewage. At each sampling point was analyzed in situ so the parameters of pH, temperature and conductivity.

Physico-chemical parameters analyzed in the water samples were: pH, temperature, turbidity, conductivity, alkalinity, suspended solids, total solids, oil and grease, phenols, BOD 5, COD, sulfates, nitrates, phosphates, arsenic, cadmium, copper, cobalt, chromium, mercury, zinc, lead, fecal coliforms, total coliforms, and characterization of macroinvertebrate communities in CENTROCESAL laboratories. Ltda.

The analysis of the parameters aimed to know the current physical-chemical, biological and microbiological status of the Pita river, with the collection of this information it was determined whether the waters are within the limits established by the Unified Text of Secondary Legislation Ministry Environment (TULSMA) in Book VI - Annex 1, Table 12: limits for discharges to a body of fresh water.

From the results it was concluded that the situation in the Pita river is not alarming but worrisome to a future for lack of treatment to wastewater and research on water quality.

Keyword: TULSMA, APHA methods, sewage.

INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país que en materia de recursos hídricos puede considerarse privilegiado dentro del contexto mundial, ya que de acuerdo con el Informe del Instituto Mundial del Agua tiene un estrés hídrico menor al 30%. (SENAGUA, 2010, pág. 20).

Lamentablemente esta gran riqueza se ve amenazada por actividades antropogénicas intensas; la mayor contaminación se debe a la descarga de aguas residuales e industriales, actividades mineras, sector hidrocarburífero, y el sector agrícola, con prácticas nocivas por la aplicación de pesticidas y otros productos químicos tóxicos para el control de plagas.(Villa, 2011, pág. 2).

Uno de los grandes retos que enfrenta la gestión integral de los recursos hídricos es la contaminación de los cuerpos de agua superficial y subterráneos; en el país no se cuenta con un estudio integral de las fuentes de contaminación, así como con una red de monitoreo nacional para controlar y vigilar la calidad del agua, lo cual limita la posibilidad de adoptar medidas eficaces de prevención y control de la contaminación. (Villa, 2011, págs. 2-3).

Los indicadores de contaminación del agua sirven para cuantificar y simplificar información sobre aspectos complejos que, a menudo derivan de investigaciones técnicas. Un indicador es una variable o suma de variables que permite conocer y evaluar el estado y la variación de la calidad del agua. (Tocto, 2013, pág. 8).

Este trabajo de investigación aportó en el conocimiento de la variación de concentraciones físicas, químicas, biológicas y microbiológicas de acuerdo a las descargas que se dan en río Pita, para así saber si dichas concentraciones se encuentran dentro de los rangos o si sobrepasan los niveles máximos establecidos en los valores del (TULSMA) en el libro VI - anexo 1, tabla 12: límites para descargas a un cuerpo de agua dulce en el agua del río Pita, y de esta manera determinar si existen afecciones sobre el ecosistema acuático.

Hipótesis

Ha = La concentración de los parámetros Físicos, Químicos y Biológicos descritos en la regulación del TULSMA varia por efecto de la descarga espacial y temporal de aguas residuales sobre el cuerpo de agua del río Pita.

Ho = La concentración de los parámetros Físicos, Químicos y Biológicos descritos en la regulación del TULSMA es invariable por efecto de la descarga espacial y temporal de aguas residuales sobre el cuerpo de agua del río Pita.

Variables e indicadores

Variable dependiente: Concentración de los parámetros Físicos, Químicos y Biológicos descritos en la regulación del TULSMA para el agua del río Pita del cantón Rumiñahui.

Variable Independiente: Descarga temporal y espacial de aguas residuales hacia el río Pita del cantón Rumiñahui.

Objetivo general

Determinar la variación de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y biológicos del agua del río Pita del Catón Rumiñahui por efecto de la descarga de aguas residuales durante los meses de Septiembre 2014 a Enero 2015.

Objetivos específicos:

Evaluar los parámetros Físico-Químicos como: pH, Temperatura, Turbidez, Conductividad, Alcalinidad, Sólidos Suspendidos, Sólidos Totales, Aceites y Grasas, Fenoles, DBO₅, DQO, Sulfatos, Nitritos, Fosfatos, Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Mercurio, Zinc, Plomo, antes, en el sitio y después de la descarga de aguas residuales, de acuerdo a los métodos APHA ed, 22.

Evaluar los parámetros microbiológicos como Coliformes Fecales, Coliformes Totales, antes, en el sitio y después de la descarga de aguas residuales, determinando valores de carga microbiana, de acuerdo a los métodos APHA ed, 22.

Caracterizar las comunidades biológicas de Macroinvertebrados antes, en el sitio y después de la descarga de aguas residuales mediante los métodos APHA ed.22.

Determinar si la concentración de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos se encuentran dentro de los límites establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), en el libro VI - anexo 1, tabla 12: límites para descargas a un cuerpo de agua dulce.

Justificación

Los ríos constituyen la mayor fuente de agua dulce superficial del Ecuador. Aunque el agua dulce superficial es abundante, especialmente cerca de las áreas pobladas, la contaminación biológica y química de los sistemas de abastecimiento de agua superficial se ve agravada frecuentemente por el crecimiento de la población. (Villa, 2011, págs. 2-3).

El río Pita atraviesa el barrio Selva Alegre y zonas agrícolas, recibiendo en sus aguas tipo de descargas provenientes del sector urbano del sector agrícola y del sector industrial, el notable aumento de la población del barrio Selva Alegre, incrementa la contaminación del río Pita presentando graves problemas de salubridad, un gran deterioro de sus aguas, la degradación genética de su flora y fauna y, en el peor de los casos su extinción.

En el caso del barrio Selva Alegre, este se encuentra bordeado por el río Pita, cual recibe principalmente descargas de actividades relacionadas a la preparación de alimentos con aporte de materia orgánica, además de descargas fecales y orinas producidas por la población y por animales rumiantes como vacas y cerdos. Conociendo estos

contaminantes se puede establecer los tratamientos físicos, químicos, microbiológicos y biológicos necesarios para disminuir los impactos negativos hacia el río y sus alrededores.

Uno de los grandes retos que enfrenta la gestión integral de los recursos hídricos del Ecuador es la contaminación de los cuerpos superficiales y subterráneos, éstos no cuentan con un estudio integral de los indicadores de contaminación, así como una red de monitoreo para controlar la calidad del agua, lo cual limita la posibilidad de adoptar medidas de prevención y control de la contaminación.

Este estudio de investigación ha aportado conocimiento de parámetros de calidad del agua como: pH, temperatura, turbidez, conductividad, alcalinidad, sólidos suspendidos, sólidos totales, aceites y grasas, fenoles, DBO, DQO, sulfatos, nitritos, fosfatos, arsénico, cobre, cromo, plomo, cadmio, zinc, mercurio, coliformes fecales, coliformes totales; se ha tomado a éstos como principales parámetros de control acorde a las descargas que se dan en el río Pita, para conocer si existen concentraciones que superen los valores del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) en el libro VI - anexo 1, tabla 12: límites para descargas de un cuerpo de agua dulce en el agua del río Pita, y de esta manera determinar si existen afecciones sobre el ecosistema acuático.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Cantón Rumiñahui

1.1.1 Ubicación geográfica

El cantón Rumiñahui, fundado el 31 de mayo de 1983 se localiza en el Valle de los Chillos a 2550m.s.n.m y es una de los ocho cantones que conforman la Provincia de Pichincha, su cabecera cantonal es la parroquia urbana Sangolquí, actualmente considerada como una de las urbes con un continuo desarrollo en el país ubicada aproximadamente una hora de Quito. (Secretaria Nacional De Gestion de Riesgo, 2015, págs. 16-16).

1.1.2 Hidrografía

Hidrográficamente el cantón está ubicado en la microcuenca del río San Pedro, su cauce principal es el Río Pita, alimentado por deshielos y vertientes de los volcanes Rumiñahui, Cotopaxi y Pasochoa, específicamente la parroquia urbana Sangolquí se encuentra bañada por algunos ríos, Pita, San Pedro y Santa Clara. (Secretaria Nacional De Gestion de Riesgo, 2015, págs. 15-16).

1.1.3 Barrio Selva Alegre

El actual barrio de Selva Alegre se cree es de procedencia indígena pre-incaica. La zona se encuentra bañada por los ríos Santa Clara, San Bache y Pita, lo cual facilitaba la utilización de agua. (Guzman, 2015, págs. 6-7).

Según Guzman (2015), el barrio de Selva Alegre tiene una dotación de agua potable de 18680.6 m³ /mes, lo que representa una elevada producción de aguas residuales

generadas por el barrio y que son descargadas primero al alcantarillado y luego a los cuerpos de agua sin recibir ningún tratamiento previo, ni posterior. Dichas descargas de aguas residuales viajan a lo largo de las riberas hasta conectarse con otros cuerpos de agua del cantón Rumiñahui, contaminando más sus aguas, ocasionando impactos visuales y generando más inconformidad en los habitantes de las cercanías de los cuerpos de agua. (Guzman, 2015, págs. 7-8).

1.2 Ríos

1.2.1 Concepto

Un río es un medio con un flujo básico de agua y sedimento (procedente del cauce y la cuenca) cuando este flujo no presenta ningún cambio especial o temporal simplemente el río da una aportación de agua y una de sedimentos. (Martin, 2007, pág. 23).

1.2.2 Río Pita

El río Pita nace de la unión de dos quebradas Hualpaloma y Carcelén provenientes del Sincholagua, y no del Cotopaxi como se suponía. Además se conoce que el Río Pita es el límite natural del parque Nacional Cotopaxi y que, por lo tanto, la naciente de esta importante fuente de agua no cuenta con protección estatal. (Freile, 2015, pág. 1).

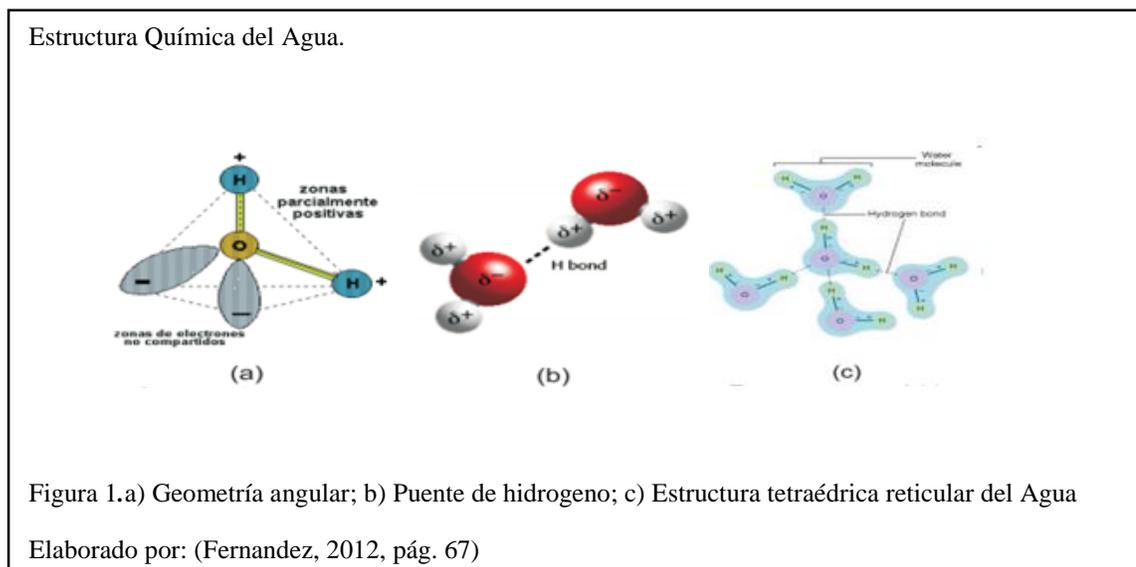
La cuenca del río Pita tiene una superficie aproximada de 585.6 Km², y se la ha dividido geográficamente en cuenca alta y baja siguiendo la cota de los 3600 m.s.n.m. La cuenca alta llega hasta los 5890 m.s.n.m. (en el Volcán Cotopaxi) y posee una superficie de 360.84 Km². (Rodriguez, 2013, pág. 6).

1.3 El agua

1.3.1 Agua

El agua es el componente principal de la vida, sus principales características son ser incolora, insípida e inodora, se debe tomar en cuenta que estas propiedades corresponden al agua químicamente pura (que en la naturaleza no se encuentra como tal, pues siempre tiene sales minerales y otros compuestos en distintas proporciones). (Fondo para la Comunicación y la educación Ambiental, 2006, pág. 15).

El agua es una molécula sencilla formada por átomos pequeños, dos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por enlaces covalentes muy fuertes que hacen que la molécula sea muy estable. Tiene una distribución irregular de la densidad electrónica, pues el oxígeno, uno de los elementos más electronegativos, atrae hacia sí los electrones de ambos enlaces covalentes, de manera que alrededor del átomo de oxígeno se concentra la mayor densidad electrónica (carga negativa) y cerca de los hidrógenos la menor (carga positiva). La molécula tiene una geometría angular (los dos átomos de hidrógeno forman un ángulo de unos 105°) lo que hace de ella una molécula polar que puede unirse a otras muchas sustancias polares. (Fernandez, 2012, pág. 67).



1.4 Aguas residuales

1.4.1 Agua residual

El término agua residual define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación. (Orozco, 2005, págs. 1-8).

Se considera como agua residual a los líquidos y sólidos que son vertidos en los ecosistemas de alcantarillado, procedentes de la actividad humana, que puede ser actividad industrial, comercial, habitacional, recreacional, etc., que en su composición llevan gran parte de agua además de sólidos, dentro de los que se destaca la materia orgánica, residuos industriales (metales pesados, pinturas, etc.) y que generalmente son vertidos a cursos o masas de aguas continentales o marinas. (Romero, 2004, págs. 1-9).

También se acostumbra denominar aguas negras a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orinas, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales. Y aguas grises a las aguas residuales provenientes de tinas, duchas, lavamanos y lavadoras, aportantes de DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno), sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo la de los inodoros. (Romero, 2004, pág. 17).

1.4.2 Caracterización agua residual

1.4.2.1 Características físicas

Sabor y Olor

Son dos parámetros del agua relacionados entre sí. Las fuentes del sabor y el olor del agua son minerales, metales, sales del suelo, productos finales de reacciones biológicas y aguas residuales domésticas o industriales. Dentro de los efectos negativos más importantes de sustancias que afecten el sabor y olor del agua, es posible distinguir que: el agua, para efectos del público no es considerada potable, es desagradable su aspecto y que dichas sustancias pueden ser cancerígenas. (Campos, 2003, pág. 51).

Temperatura

Las descargas de agua a altas temperaturas pueden causar daños a la flora y fauna de las aguas receptoras al interferir con la reproducción de las especies, incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos, acelerar las reacciones químicas, reducir los niveles de oxígeno y acelerar la eutrofización. (Davalos, 2011, pág. 23).

Densidad

La densidad del agua residual se define como su masa por unidad de volumen, expresada en kg/m^3 . Es una característica física importante del agua residual a la hora de establecer la formación potencial de corrientes de densidad en sedimentadores, humedales artificiales y otras unidades de tratamiento. (Martinez & Ysase, 2007, pág. 29).

Color

El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible, no se puede atribuir a ningún constituyente en exclusividad aunque ciertos colores en aguas naturales son indicativos de la presencia de ciertos contaminantes. El agua pura solo es azulada en grandes espesores, en general presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos vegetales como el color amarillento debido a los ácidos húmicos. (Rigola, 2011, pág. 27).

Turbidez

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión (arcillas, limos, partículas de sílice) y materias orgánicas que pueden llegar hasta niveles peligrosos para ciertos organismos, la turbidez aumenta con la erosión de las orillas, con el crecimiento excesivo de las algas y con cambios en el flujo del río. (Sanchez, Herzing, Peters, Marquez , & Zambrano, 2007, pág. 126).

Sólidos Totales

Se encuentran representados por el material que arrastran las aguas de suministros domésticos, industriales y agrícolas durante su uso, desde el punto de vista analítico, el contenido de sólidos totales de un agua residual se define como toda la pateria remanente después de evaporar una muestra de agua a una temperatura entre 103 y 105°C. (Ramos, Sepulveda, & Villalobos, 2003, pág. 85).

1.4.2.1 Características químicas

En las aguas residuales son varios los componentes orgánicos e inorgánicos de importancia para la determinación y control de la calidad del agua. Dentro de los parámetros químicos inorgánicos más importantes de las aguas residuales, se encuentran los siguientes:

pH

El pH es una medida de la acidez o naturaleza básica de una solución, es también una medida del balance de los iones de hidrogeno [H⁺] y los iones de hidroxilo negativo [OH⁻] en el agua, los valores de pH van del 0 a 14 considerando neutral al valor de 7. El agua que contiene más iones de hidrógeno es ácida, mientras que el agua que tiene más iones hidroxilo es básica. (Sanchez, Herzing, Peters, Marquez , & Zambrano, 2007, pág. 124).

Nitrógeno

En las aguas residuales se presenta de tres formas, nitrógeno orgánico, sales de amonio y amoniaco gas disuelto y como nitratos estos últimos en las aguas tratadas en aerobios. El Nitrógeno total Kjeldahl (Ntk) es la suma del nitrógeno orgánico más el nitrógeno amoniacal, el nitrógeno orgánico se determina por el método Kjeldahl, midiendo y descontando el nitrógeno del amoniaco, el amoniaco procede del desdoblamiento de las proteínas y de otros compuestos nitrogenados. (Moreno, 2006, pág. 577).

El Nitrato (NO_3) es el producto final oxidado del desdoblamiento de las proteínas en aerobiosis, las concentraciones elevadas de nitratos en las aguas naturales estimulan el crecimiento de las algas y de otras plantas que llegan a obstruir los cursos de agua. En el agua potable los nitratos son nocivos para la salud 50mg/L. (Moreno, 2006, pág. 577).

Fósforo

El fósforo es uno de los elementos claves necesarios para el crecimiento de plantas animales y en formas elementales es muy tóxico. Los fosfatos [PO_4 -] se forman a partir de este elemento, su presencia puede provenir de la separación de pesticidas orgánicos que contienen fosfatos, puede existir en solución, como partículas, como fragmentos sueltos o en los cuerpos de organismos acuáticos. (Sanchez, Herzing, Peters, Marquez , & Zambrano, 2007, pág. 127).

El fósforo en las aguas residuales proviene principalmente de los desechos humanos, actividades industriales y detergentes sintéticos y productos de limpieza, la influencia de los detergentes es fundamental en el contenido de fósforo en las aguas residuales. El fósforo total presente en el agua residual puede dividirse en las siguientes fracciones: Ortofosfato, Fosfatos, Fosforo orgánico. (Villaseñor, 2001, pág. 15).

Aceites y Grasas

El término grasa engloba las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes presentes en las aguas residuales. Debido a sus propiedades, la presencia de grasas y aceites en aguas residuales puede causar muchos problemas en tanques sépticos, en sistemas de recolección y en el tratamiento de agua residual. La mayor parte de estos aceites flotan en el agua residual, aunque una fracción de ellos se incorpora al lodo por los sólidos sedimentables. Los aceites minerales tienden a recubrir las superficies en mayor medida que las grasas, los aceites y los jabones. Las partículas de estos compuestos interfieren en el normal desarrollo de la actividad biológica y son causa de problemas de mantenimiento. (Martinez & Ysase, 2007, pág. 33).

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Medida del material oxidable presente en las aguas residuales, cual quiera que sea su origen, biodegradable y no biodegradable. Su principal ventaja es que se trata de un ensayo muy rápido que proporciona resultados utilizables en menos de tres horas, su principal inconveniente consiste en no diferenciar entre materia orgánica biodegradable y no biodegradable, la presencia de sustancias reductoras inorgánicas produce interferencias en la determinación. (Lombardero & Miguez, 2008, pág. 209).

El DQO es la cantidad de oxígeno disuelto consumido por una cantidad de agua residual durante la oxidación “por vía química” provocada por un agente químico fuertemente oxidante. Su determinación es más rápida que la DBO, precisando su ensayo una o dos horas si la oxidación se efectúa en frío o, bien 30 minutos si la oxidación se efectúa con dicromato en caliente. Debido a los problemas para determinar el DBO por su relación con la temperatura y el tiempo, se hace necesario adoptar otros métodos que si bien no reflejan la realidad del hecho en la naturaleza, permiten usarse, por su rapidez de determinación, para el control de vertidos y de los procesos de depuración. La DQO expresa la cantidad de oxígeno equivalente necesario para oxidar las sustancias presentes en las aguas residuales,

mediante un agente químico fuertemente oxidante, como el permanganato potásico (KMnO_4), utilizado en aguas limpias y el dicromato potásico ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), utilizado en aguas residuales, ya que el uso de permanganato potásico en aguas residuales produce unos errores por defecto muy importantes. Por lo tanto, la DQO, medirá tanto la materia orgánica biodegradable por los microorganismos, como la materia orgánica no biodegradable y la materia inorgánica, oxidable por ese agente químico. (Granja & Tapia, 2013, págs. 15-16).

Demanda Bioquímica de Oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno es causada por la materia orgánica arrojada a las masas y corrientes de agua, la cual constituye el alimento para las bacterias que se reproducirán rápidamente, estas bacterias en condiciones aerobias consumirán oxígeno causando la disminución del OD (Oxígeno Disuelto) con los efectos que se explicaron en el número anterior, la DBO se define como la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la MO (Materia Orgánica) presente en el Agua Residual mediante la acción de bacterias en condiciones aerobias. La DBO es causada por la respiración de las bacterias y cesará al agotarse totalmente la materia orgánica. Como se mencionó en otro numeral la DBO se propuso en el año de 1912 como un método indirecto para medir el Mo, hoy en día la DBO se efectuará en 5 días y a 2°C y se denota con el símbolo DBO_5 . En las Aguas Residuales Doméstica las $\text{DBO}_5 = 0,70 \text{ DBOu}$. (Orozco, 2005, pág. 17).

1.4.2.3 Características biológicas

Se debe tener un conocimiento exhaustivo de las características biológicas de las aguas residuales. Debe estar familiarizado con los siguientes temas principales; grupos de microorganismos biológicos presentes, tanto en aguas superficiales como en residuales, así como aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos; organismos patógenos presentes en las aguas residuales; organismos utilizados como indicadores de contaminación y su

importancia; métodos empleados para determinar los organismos indicadores. (Galvez, Hernandez, & Pichinte, 2005).

Microorganismos

Todas las formas de microorganismos patógenos se pueden encontrar en las aguas residuales domésticas e incluyen: bacterias, virus, protozoarios y helmintos. Algunos de estos microorganismos son descargados al ambiente por portadores. (Granja & Tapia, 2013, pág. 16).

Bacterias

En las aguas destinadas al consumo doméstico, uno de los factores más importantes a tener en cuenta es su estado sanitario, reflejado en los organismos que contiene. En este caso es necesario utilizar índices bacteriológicos que consideran la proporción de organismos indicadores de contaminación fecal presentes en las aguas a través de conteos directos de las poblaciones de coliformes (especialmente *Escherichia coli*) y de estreptococos, y a veces también de otras especies de virus, sulfabacterias, ferrobacterias. Debido a la gran importancia de estos índices bacteriológicos en cuanto a la sanidad pública y a la dispersión de enfermedades provocadas por aguas, las técnicas de aislamiento e investigación de bacterias fecales están muy desarrolladas y existen métodos automáticos de conteo celular. Uno de los mayores problemas empleando índices bacteriológicos es el tiempo que necesitan para obtener resultados, puede tardar varios días y hasta una semana o más antes de obtener los grupos de organismos buscados, asimismo los resultados son difíciles de interpretar, claro está que las células que crecen en cultivos son resistentes, pero la pregunta radica en si éstas células fueron activas en el momento del muestreo. Similar problema existe cuando se emplean conteos directos del número de células bacterianas ya que es difícil y solo posible con técnicas avanzadas y costosas para distinguir entre células bacterianas viables o inviables o partículas del mismo tamaño. (Saransig, 2009, págs. 20-21).

Coliformes Totales

Organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son, generalmente pocos, y difíciles de aislar e identificar. Por esta razón se prefiere utilizar los coliformes como organismo indicador de contaminación o, en otras palabras, como indicador de la existencia de organismos productores de enfermedades. (Vargas, 2012, pág. 12).

El grupo de coliformes totales, incluye los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*. En general se considera el género *Escherichia*, especie *E. coli*, como la población de bacterias coliformes más representativa de contaminación fecal. El género *Aerobacter* y algunas *Escherichia* pueden crecer en el suelo. Lo cual implica que la presencia de coliformes no necesariamente representa la existencia de contaminación fecal humana. En la remoción de coliformes tiene efecto principal el tiempo de retención, la temperatura, la radiación ultravioleta, la concentración algar y el consumo por protozoos (Protistas unicelulares, aerobios o anaerobios. (Vargas, 2012, pág. 12).

Protozoos

Al igual que las bacterias, la obtención de muestras es relativamente fácil y su respuesta a enriquecimiento orgánico es bien conocida. Existe abundante literatura sobre la posición de estos organismos en el sistema saprobio, pero la desventaja es que se necesita mucha experiencia en la identificación taxonómica, también existen dificultades de flotación y hay grandes diferencias en la composición de sus comunidades en microhábitats, eso quiere decir que es difícil obtener muestras representativas. El uso de substratos artificiales puede ayudar a resolver estos problemas pero pueden crear otros problemas como la interpretación de los datos en el contexto ambiental, ya que la composición de los substratos puede ser diferente a la del sitio de muestreo. (Herbas, 2006, pág. 33).

Fitoplancton

La importancia de emplear algas como indicadores biológicos se debe a su relación con la eutrofización. En aguas libres, como de lagos, es el único grupo de organismos que se puede utilizar para investigar el enriquecimiento orgánico. La toma de muestras es fácil, pero la obtención de muestras cuantitativas es difícil especialmente para formas que estén atadas. La tolerancia de las algas a la contaminación orgánica es muy conocida, sin embargo no son útiles como indicadores de contaminación por biosidas o por metales pesados. Existen muchos ejemplos de algas microscópicas para inferir sobre la calidad de los ambientes acuáticos, estas permiten conocer las fluctuaciones en las masas de agua, lo que ha permitido trascender en la caracterización de especies tolerantes o afines a la materia orgánica y en su capacidad de descomponerla. (Arce, 2006, págs. 6-7).

1.4.2.4 Macroinvertebrados

Los macro invertebrados comprenden a los animales que en sus últimos estadios larvarios alcanzan un tamaño igual o mayor a 1 mm. Pertenecen a los siguientes taxa: Insecta, mollusca, oligochaeta, hirudinae y crustácea principalmente. Algunas desarrollan toda su vida en el medio acuático (oligochaeta y mollusca), otros, por el contrario, tienen una fase de su ciclo aéreo. Cualquier tipo de sustrato puede constituirse en hábitat adecuado para estos organismos incluyendo grava, piedra, arena, fango, detritus, plantas vasculares, algas filamentosas, troncos, etc. A consecuencia de su enorme diversidad es probable que algunos de ellos respondan a cualquier tipo de contaminación. (Arce, 2006, págs. 8-9)

1.4.3 Clasificación del agua residual

Romero (2004), menciona que el agua residual es aquella que procede de haber utilizado un agua natural, o de la red, en un uso determinado. Las aguas residuales

cuando se descargan se denominan vertidos y éstos pueden clasificarse en función del uso prioritario u origen, de su contenido en determinados contaminantes.

Los vertidos residuales arrastran compuestos con los que las aguas han estado en contacto. Estos compuestos pueden ser:

Según su naturaleza:

Conservativos: Su concentración en el río depende exactamente de la ley de la dilución del caudal del vertido al del río.

No conservativos: Su concentración en el río no está ligada directamente a la del vertido. Son todos los compuestos orgánicos e inorgánicos que pueden alterarse en el río por vía física, química o biológica (NH₄, fenoles, materia orgánica). (Borja, 2011, pág. 5).

Según su origen:

Aguas residuales urbanas

Las aguas residuales son aquellas que se han canalizado en los núcleos urbanos, que se han utilizado en usos domésticos (inodoro, fregaderos, lavadoras, lavabos y baños), y pueden contener además residuos de arrastre de las aguas de lluvia, de actividades industriales y agrícolas. También llamadas aguas negras son una mezcla compleja de agua (en un 99% por lo general) con contaminantes orgánicos e inorgánicos, tanto disueltos como en suspensión. La concentración de los contaminantes se expresa en relación de peso/volumen (mg/L). (Carrera, 2011, pág. 8).

Aguas residuales industriales

Con independencia del posible contenido de sustancias similares a los vertidos de origen doméstico, pueden aparecer elementos propios de cada actividad industrial, entre los que puede citarse: Tóxicos, iones metálicos, productos químicos, hidrocarburos, detergentes, pesticidas, productos radioactivos, etc. (Leon & Lucero, 2009, pág. 10)

Aguas residuales pluviales

Son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo. Los vertidos residuales arrastran compuestos con los que las aguas han estado en contacto. Estos compuestos pueden ser clasificados según varios criterios como se muestra en la Tabla 1. (Gordon & Geyes, 2009, pág. 10)

Tabla 1

Clasificación de Agua Residual

SEGÚN SU NATURALEZA	a) Conservativos: Generalmente son compuestos Inorgánicos y estables b) No conservativos: (NH ₄ , Fenoles, materia orgánica)
DESDE EL PUNTO DE VISTA FÍSICO	a) Sólidos disueltos b) Sólidos en Suspensión c) Sólidos coloidales
DESDE EL PUNTO DE VISTA QUIMICO	a) Compuestos orgánicos b) Compuestos inorgánicos
DESDE EL PUNTO DE VISTA MICROBIOLÓGICO	a) Virus b) Bacterias c) Protozoos

Nota:(Granja & Tapia, 2013, pág. 20)

1.4.4 Caracterización del agua residual

Al realizar la caracterización del agua podemos conocer los atributos físicos, químicos y biológicos de las muestras tomadas del cuerpo de agua de interés con el propósito de definir su aptitud para consumo humano, uso agrícola, industrial, recreacional. (Guzman, 2015, pág. 13). En la tabla 2 se describen las propiedades físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales y su procedencia en términos generales.

Tabla 2

Propiedades físicas, químicas y biológicas del agua residual y su origen

PROPIEDADES	ORIGEN
Propiedades Físicas	
Color	Aguas residuales, domésticas e industriales
Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales.
Sólidos	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales.
Propiedades Químicas: Orgánicas	
Grasas animales, aceites y grasas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Fenoles	Vertidos industriales
Compuestos orgánicos volátiles	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Propiedades Químicas: Inorgánicas	
Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, aguas de suministro, infiltración de aguas subterráneas.
Metales Pesados	Vertidos industriales
pH	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Fósforo	Aguas residuales domésticas, industriales, comerciales, aguas de escorrentía.

Azufre	Aguas residuales domésticas, industriales, comerciales, aguas de suministro.
Propiedades Biológicas	
Protistas	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento de aguas.
Virus	Aguas residuales domésticas.

Nota: (Guzman, 2015, pág. 15)

1.4.5 Consecuencia de la contaminación de las aguas residuales

Toda agua residual afecta de una manera u otra la calidad del agua de cualquier cuerpo de agua receptor, pero se dice que un agua residual solamente causa polución cuando esta introduce nuevas condiciones o características que hacen al agua del cuerpo receptor inadmisibles para el uso. (Guzman, 2015, pág. 15)

1.4.6 Muestreo de agua superficial y residual

La recolección de las muestras depende de los procedimientos analíticos empleados y los objetivos del estudio. El objetivo del muestreo es obtener una parte representativa del material bajo estudio (cuerpo de agua, efluente industrial, agua residual, etc.) para la cual se analizarán las variables fisicoquímicas de interés. El volumen del material captado se transporta hasta el lugar de almacenamiento (cuarto frío, refrigerador, nevera, etc.), para luego ser transferido al laboratorio para el respectivo análisis, momento en el cual la muestra debe conservar las características del material original. Para lograr el objetivo se requiere que la muestra conserve las concentraciones relativas de todos los componentes presentes en el material original y que no hayan ocurrido cambios significativos en su composición antes del análisis. En algunos casos, el objetivo del muestreo es demostrar que se cumplen las normas especificadas por la legislación (resoluciones de las autoridades ambientales). Las muestras ingresan al laboratorio para determinaciones específicas, sin embargo, la

responsabilidad de las condiciones y validez de las mismas debe ser asumida por las personas responsables del muestreo, de la conservación y el transporte de las muestras. Las técnicas de recolección y preservación de las muestras tienen una gran importancia, debido a la necesidad de verificar la precisión, exactitud y representatividad de los datos que resulten de los análisis. (Andrew, Lenore, Arnold, & Greenberg, 2007).

1.5 Tipo de muestras

Muestras puntuales: se recolectan directamente en los frascos asignados o con el dispositivo de muestreo adecuado, según resulte más conveniente. Antes de ser llenados, los frascos deben ser enjuagados por lo menos tres veces con la muestra a analizar, siempre y cuando no tengan preservante o estén previamente esterilizados, en cuyos casos, se omite el enjuague. Cuando eventualmente deba obtenerse la muestra en el frasco y esto resulte irrealizable, se obtuvo una alícuota del dispositivo de muestreo empleado, previo a medición de parámetros in situ y/u obtención de otras alícuotas. Toda situación que se desvíe del procedimiento de muestreo establecido, debe consignarse en la planilla de muestreo. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013, págs. 8-9).

Muestras compuestas: se siguen las precauciones descritas previamente para las muestras puntuales. Las muestras compuestas se preparan mezclando varias muestras puntuales o mediante la recolección de una fracción continua de la descarga o cuerpo de agua a muestrear; las porciones individuales se recogen a intervalos de tiempo previamente establecidos, preferiblemente en envases de boca amplia y volumen en función de los análisis a realizar. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013, págs. 8-9).

1.6 Conservación de muestra

Inmediatamente recolectadas, las muestras se almacenan según lo establecido para cada parámetro. Para las que requieran refrigeración, se emplean neveras portátiles. Para muestras compuestas, mientras dure el tiempo de recolección, se siguen las indicaciones para garantizar su integridad. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013, págs. 8-9).

Todos los equipos de medición a usar en el campo deben ser verificados previamente y consignados en el documento respectivo. Debe disponerse de las soluciones adecuadas que permitan la verificación *in situ* de los equipos, en especial al realizar mediciones en aguas residuales, las cuales pueden causar interferencias en el funcionamiento de los electrodos. También se debe disponer de soluciones limpiadoras para las membranas de los equipos en caso de que éstas se ensucien. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013, págs. 8-9).

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Población y muestra

La Población está representada por el agua del Río Pita, recolectada durante los meses de septiembre 2014 a enero 2015. La muestra está constituida por 2 tomas mensuales (cada 15 días) durante el periodo de estudio, cada toma equivalente a 2l recolectados en los puntos ubicado antes de la descarga, después y en el sitio de la descarga de agua residual en el barrio de Selva Alegre del Cantón Rumiñahui del río Pita.

En la presente investigación se utilizó el análisis estadístico ANOVA de dos vías para evaluar el efecto de la descarga espacial y temporal de aguas residuales sobre la concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos del cuerpo de agua del río Pita del cantón Rumiñahui, donde $p > 0,05$ no es significativo $p < 0,05$ es significativo con un nivel de confianza del 95%, empleando el programa PAST 2.0

2.2 Marco metodológico

2.2.1 Descripción del sitio de estudio

En la trayectoria del río Pita se seleccionaron 3 puntos de muestreo, denominados como Punto A,B y C respectivamente, los mismos que se determinaron por su facilidad de acceso, fácil muestreo, además de estar ubicados en zonas de importancia para el estudio ya que se encuentran situados en las cercanías del barrio Selva Alegre.

Para la recolección de muestras se decidió establecer tres puntos de muestreo:

- Punto A: Aproximadamente a 30 metros antes del punto de descarga de aguas residuales a una Latitud de $0^{\circ}20'55.9''$ S, Longitud de $78^{\circ}25'33.60''$ O y una elevación de 2556m (Anexo 6).

- Punto B: Punto de Descarga de agua residual proveniente del barrio Selva Alegre a una Longitud de 0°20'22.08"S, Longitud de 78°25'34.82"O y una elevación de 2552m (Anexo 7).
- Punto C: Aproximadamente a 30 metros posteriores a la descarga de aguas residuales con una Longitud de 0 ° 20'54.44"S, Longitud de 78°25'35.78"O Y una elevación de 2548 (Anexo 8).

2.2.2 Medición del caudal

El método que se empleo es Área-Velocidad el cual está basado en la determinación del área de la sección transversal y la velocidad. Para ello se utilizó la fórmula:

$$Q=A*v$$

Donde:

Q= Caudal o Gasto (m³/s)

A= Área de la sección transversal (m²)

V= Velocidad medida del agua en el Punto (m/s)

Materiales y métodos

Este método consistió básicamente en medir en un área transversal de la corriente con una cinta métrica; el lugar elegido para hacer el aforo o medición cumplió con los siguientes requisitos:

- La sección transversal no presentó agradación o degradación del lecho
- Fácil Acceso
- El sitio de medición fue recto, para evitar las sobreelevaciones y cambios de profundidad producidos por las curvas.

En el sitio que se decidió hacer el aforo se hizo un levantamiento topográfico de la sección transversal; la sección escogida se dividió en tramos iguales. En cada vertical, de las varias en que se divide la sección, se midió las velocidades, tomando el tiempo con un cronómetro; la altura de los tramos se midió con un madero calibrado con cinta métrica (Anexo 9).

2.3 Muestreo

2.3.1 Recolección de muestras

En cuanto a la toma de muestra, como indica el método APHA 1060 B, se identificó el punto de muestreo más adecuado. Posteriormente se rotularon las botellas con la identificación respectiva. Se agregó previamente las respectivas sustancias preservantes como hidróxido de sodio para el análisis de aceite y grasas además se enjuagó 2 veces las botellas con el agua de la muestra.

Para la recolección de muestras se utilizaron los siguientes materiales:

- Frascos de plásticos y ámbar de 1L.
- Recipiente y jarra de plástico con el cual se tomó las muestras de agua.
- Para la medición de los parámetros in situ se utilizó un potenciómetro conductivímetro digital Hanna Instruments.
- Para el transporte de las muestras se utilizó un Cooler con hielo en su interior para evitar alteraciones de las muestras (Anexo 10).

Se realizó la recolección de las muestras compuestas en cada uno de los puntos de muestreo, hasta completar la cantidad adecuada por muestra, las mismas que fueron transportadas para ser analizadas en los laboratorios del CENTROCESAL (Centro de Soluciones Analíticas).

2.3.2 Frecuencia de muestreo

La frecuencia de muestreo fue establecida como un plan para evaluar la calidad de las aguas, el periodo de tiempo que durará el muestreo y la frecuencia que tendrían la toma de muestras.

A continuación, en la tabla 3 se detalla las fechas de muestreo y la toma de caudales en los puntos seleccionados para la caracterización.

Tabla 3

Frecuencia de muestreo

Fechas de Muestreo					
Antes de la Descarga		Durante la Descarga		Después de la Descarga	
A1	1 de Septiembre	B1	1 de Septiembre	C1	1 de Septiembre
A2	15 de Septiembre	B2	15 de Septiembre	C2	15 de Septiembre
A3	1 de Octubre	B3	1 de Octubre	C3	1 de Octubre
A4	15 de Octubre	B4	15 de Octubre	C4	15 de Octubre
A5	1 de Noviembre	B5	1 de Noviembre	C5	1 de Noviembre
A6	15 de Noviembre	B6	15 de Noviembre	C6	15 de Noviembre
A7	5 de Diciembre	B7	5 de Diciembre	C7	5 de Diciembre
A8	20 de Diciembre	B8	20 de Diciembre	C8	20 de Diciembre
A9	5 de Enero	B9	5 de Enero	C9	5 de Enero
A10	20 de Enero	B10	20 de Enero	C10	20 de Enero

Nota: Torres, 2015

2.3.3 Medición *in situ* de las muestras

Materiales y métodos

Como indica el método APHA 2550 B: Se recolectó el agua con un recipiente de plástico o ámbar dependiendo del análisis que se va a realizar, en la parte central de los tres puntos del río Pita.

Previamente se verificó la calibración del equipo, luego se introdujo el electrodo del Potenciómetro portátil digital Hanna en el agua y se dejó estabilizar por 1 minuto; se procedió a leer los valores obtenidos y enseguida se reportó el valor medido; posteriormente se lavó el electrodo, y se registraron los valores medidos.

Inmediatamente se introdujo el electrodo del Conductivímetro portátil Digital Hanna en el agua y se dejó estabilizar por 1 minuto, se procedió a leer los valores obtenidos, luego se reportó el valor medido, a continuación se lavó el electrodo, y se registraron los valores medidos (Anexo 11).

2.4 Análisis de las muestras recolectadas

El análisis de las muestras bajo el esquema de muestreo se las realizó en las instalaciones de los laboratorios de CENTROCESAL (Centro de Soluciones Analíticas).

Se puede observar en la tabla 4 los Parámetros *in situ* analizados:

Tabla 4

Parámetros *in situ* analizados

Parámetros	Unidades
pH	-
Conductividad	uS/cm
Temperatura	°C

Nota: Torres, 2015

En la tabla 5 se puede observar los parámetros analizados en las instalaciones del CENTROCESAL (Centro de Soluciones Analíticas) en los 3 puntos de muestreo:

Tabla 5

Parámetros analizados en el CENTROCESAL

MUESTRAS		
Parámetros	Unidades	Método
pH	-	APHA (4500-H+ B)
Temperatura	°C	APHA (2550 B)
Turbidez	NTU	APHA (2130 B)
Conductividad	uS/cm	APHA (2510 B)
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	APHA (2320 B)
Sólidos Suspendidos	mg/L	APHA (2540 D)
Sólidos Totales	mg/L	APHA (2540 B)
Aceites y Grasas	mg/L	APHA (5520 B)
Fenoles	mg/L	APHA (5530 B)
DBO	mg/L	APHA (5210 B)
DQO	mg/L	APHA (5220 B)
Sulfatos	mg/L	APHA (4500 B)
Nitritos	mg/L	APHA (4500 B)
Fosfatos	mg/L	APHA (4500 E)
Arsénico, Cadmio, Cobre, Cobalto, Mercurio, Zinc, Plomo	mg/L	

Coliformes Fecales		APHA (9222 B)
Coliformes Totales		APHA (9211 B)
Macroinvertebrados		APHA (10500 D)

Nota: Torres, 2015

2.4.1 Medición de potencial de hidrógeno (pH) APHA (4500 B)

Materiales y métodos

Como indica el método APHA 4500-H+ B: Primero se verificó la calibración del Potenciómetro pH-ION 735 InoLab con las soluciones amortiguadoras patrón soluciones de pH 4,00; 7,00 y 10 antes de proceder al análisis de la muestras.

Se lavó el electrodo de medición de pH con agua destilada y se enjuagó con una pequeña cantidad de muestra, posteriormente, se colocó una cantidad de muestra homogénea en el vaso de precipitación, se sumergió el electrodo en el agua de muestra, esperando estabilización de la lectura y finalmente se apuntó el valor de medición.

Se agitó suavemente la muestra con ayuda de un agitador con el fin de asegurar su homogeneidad y se revisó el valor cuando la lectura fue estable, además se registró el valor de temperatura de medición.

Se retiró el electrodo de la muestra, se lavó con agua destilada y se secó con papel absorbente para eliminar la contaminación (Anexo 12).

2.4.2 Medición de la temperatura APHA (2550 B)

Materiales y métodos

Como indica el método APHA (2550 B): Primero se verificó la calibración del Potenciómetro Ph-ION 735 InoLab y el Conductivímetro ORION 170 antes de proceder al análisis de las tres muestras.

Se lavó el electrodo de medición con agua destilada y se enjuagó con una pequeña cantidad de muestra, posteriormente se colocó una cantidad de muestra homogénea en el vaso de precipitación, se sumergió el electrodo de tal manera que el área sensible quede completamente sumergida en la muestra.

Se agitó suavemente la muestra con ayuda de un agitador con el fin de asegurar la homogeneidad de la muestra.

Por último se leyó el valor cuando la lectura fue estable y se registró el valor medido. Se retiró el electrodo de la muestra, se lavó con agua destilada y se secó con papel absorbente para eliminar la contaminación.

2.4.3 Medición de la turbidez APHA (2130 B)

Materiales y métodos

Como indica el método APHA (2130 B): Se encendió el Espectrofotómetro, con 20 minutos de anticipación previo a su uso.

Se ajustó el espectrofotómetro a una longitud de onda de 420nm, se limpió las celdas de cuarzo con agua destilada y se secó con papel absorbente, primero se enceró con agua destilada tipo I como blanco, y se procedió a las lecturas. Se agitó la muestra y se esperó a que las burbujas de aire desaparezcan.

Se enjuagó la celda de cuarzo y se limpió con el papel absorbente cuidadosamente la parte exterior de la celda; se tomó la celda sólo por la parte superior para evitar lecturas erróneas.

Por último se leyó directamente en el espectrofotómetro y se anotó la absorbancia para interpolar en la Curva de Calibración.

2.4.4 Medición de conductividad APHA (2510B)

Materiales y métodos

Como indica el método APHA (2510B): Primero se verificó la calibración del Conductímetro ORION 170 con la solución estándar patrón de KCl 0,01M que presenta una conductividad de 1413uS/cm antes de proceder al análisis de la muestras.

Se agitó las muestras para llevar un volumen a un vaso de precipitación, se lavó el electrodo de medición con agua destilada y se enjuagó con una pequeña cantidad de muestra, se sumergió el electrodo en el vaso de precipitación de tal manera que el área sensible esté completamente sumergida en la muestra y se esperó el valor de medición.

Se agitó suavemente la muestra con ayuda de un agitador con el fin de asegurar la homogeneidad de la muestra, se leyó el valor de conductividad con compensación de temperatura a 25°C, cuando la lectura sea estable se registró el valor medido.

Se retiró el electrodo de la muestra, se lavó con agua destilada y se secó con papel absorbente para eliminar la contaminación.

2.4.5 Determinación de la alcalinidad APHA (2320 B)

Materiales y métodos

Como indica el método APHA (2320B): Se pesó 50mg de carbonato de sodio y se aforó en un balón de 500ml (Solución Patrón), se tomó 50ml con una pipeta volumétrica de 50ml de la solución patrón y se depositó en los erlenmeyer de 250ml.

Se puso 5 gotas de rojo de metilo el cual dará una coloración amarilla; se tituló con ácido sulfúrico 0.002N hasta que exista un viraje de color de amarillo a rosado, se anota el volumen gastado.

Se tomó 50ml con la pipeta volumétrica de 50ml de muestra y se depositó en el erlenmeyer de 250ml, se agregó 5 gotas de rojo de metilo el cual dará un color amarillo y se tituló con ácido sulfúrico 0.02N hasta que exista un viraje a coloración rosada, se anota el volumen gastado (Anexo 13).

Para obtener la solución estándar de ácido sulfúrico 0.1N, se colocó 300ml de agua desionizada en un vaso de 600ml, después se agregó lentamente 2,8ml de ácido sulfúrico concentrado (96%-98%), cuando alcanzó la temperatura ambiente se completó hasta 1l en un balón aforado con agua desionizada. Para obtener la solución estándar de ácido sulfúrico 0.02N, se diluyó 200ml de ácido sulfúrico 0.1000N en 1l con agua desionizada.

Estandarización del ácido: Se pesó 2,5g, después se transfirió y se aforó en un balón de 1l. Estandarizar por titulación potenciométrica, se tomó 4ml de solución de Na_2CO_3 0.05N y se adicionó en un vaso de aproximadamente 50ml de agua. Se tituló hasta pH de 4.5.

Ecuación 1. Fórmula para la Normalidad

$$\text{Normalidad}, N = \frac{A * B}{53,00 * C}$$

N= Normalidad del ácido en eq/l

A= g Na_2CO_3 /l de la solución de Carbonato de Sodio 0.05N

B= ml de solución de Carbonato de Sodio tomados para la valoración del ácido

C= ml de Acido utilizados en su valoración. (Andrew, Lenore, Arnold, & Greenberg, 2007).

Cálculos

Ecuación 2. Fórmula para la alcalinidad

$$mg CaCO_3 = \frac{A * N * 50000}{Volumen\ de\ Muestra, ml}$$

A= ml usados de Ácido sulfúrico

N= Normalidad del Ácido sulfúrico. (Andrew, Lenore, Arnold, & Greenberg, 2007).

2.4.6 Determinación de sólidos suspendidos APHA (2540D)

Materiales y métodos

Como indica el método APHA (2540D): se colocó un filtro de fibra de vidrio en el platillo de aluminio y se etiquetó.

Se secó el filtro en la estufa a 105°C durante una hora, se retiró y se enfrió en un desecador, posteriormente se conservó el filtro en el desecador, inmediatamente se armó el equipo de filtración al vacío.

Se pesó el disco de fibra de vidrio en el interior de un plato de aluminio en la balanza analítica.

Se insertó el disco con la cara rugosa hacia arriba en el aparato de filtrado, se tomó 250ml de muestra con un balón aforado 250ml y depositó en el embudo del aparato de filtración y se inició el procedimiento al vacío, se lavó con 20ml de agua destilada se succionó hasta eliminar todo vestigio de agua.

Se quitó con pinzas el disco de fibra de vidrio del aparato de filtrado cuidadosamente y se transfirió al disco de aluminio (Anexo 14).

Se secó el filtro en una estufa a 103°C-105°C durante una hora, luego se llevó a un secador para luego proceder a pesar, se registró el valor.

Cálculos

Ecuación 3. Fórmula para sólidos suspendidos

$$\text{Sólidos Totales Suspendidos} \frac{mg}{l} = \frac{(A - B) * 1000}{\text{Volumen muestra, ml}}$$

A= Peso del Filtro+ residuo seco, mg

B= Peso del Filtro, mg. (Andrew, Lenore, Arnold, & Greenberg, 2007).

3.4.7 Determinación de sólidos totales APHA (2540 B)

Materiales y métodos:

Como indica el método APHA (2540 B): Se etiquetó los crisoles antes de usarlos, luego se taró los mismos en la mufla a 550°C, se enfrió los crisoles en el desecador durante una hora aproximadamente, se pesó inmediatamente antes de usar.

Se mezcló la muestra agitando fuertemente para homogenizar la muestra.

Se tomó 25ml con una pipeta volumétrica, se depositó el volumen en los crisoles, se llevó los crisoles con la pinza a la estufa a 103°C-105°C para evaporar la muestra hasta que se seque, luego se enfrió los crisoles en un desecador y se pesó, se anotó el valor obtenido (Anexo 15).

Cálculos

Ecuación 4. Fórmula para sólidos totales

$$\text{Sólidos Totales} \frac{\text{mg}}{\text{l}} = \frac{(A - B) * 1000}{\text{Volumen Muestra, ml}}$$

A= Peso del residuo seco+ placa, mg

B= Peso de la placa, mg. (Andrew, Lenore, Arnold, & Greenberg, 2007).

2.4.8 Determinación de aceites y grasas APHA (5520 B)

Materiales y métodos

Como indica el método APHA (5520 b): Se acidificó la muestra con HCL o H₂SO₄ a pH 2, luego se procedió con el secado del balón de destilación en la estufa a 105°C durante una hora y se enfrió en un desecador para proceder a pesar en una balanza analítica el balón de destilación el cual va hacer usado.

Se midió 500ml de muestra en una probeta luego se transfirió al embudo de separación, se agregó 50ml de hexano a la botella de muestreo se vació, se tapó y se agitó vigorosamente por 2min, se transfirió el hexano al embudo de separación, se tapó el embudo y se agitó por 2min, se aflojó la llave para que salga los vapores, luego agitar por 5min mas.

Se dejó separar las fases durante una hora aproximadamente, se recogió la fase acuosa en la misma botella de la muestra y se transfirió el extracto hexánico a un balón de destilación (Anexo 16).

Para remover el exceso de agua se usó 1g (Na₂SO₄), al momento de filtrar el extracto hexánico, se colocó el balón de destilación en el rotavapor hasta que el extracto hexánico se evapore a una temperatura de 70°C durante 15 min.

Se colocó el balón de destilación en un desecador aproximadamente durante una hora para luego se pesó y se anotó el valor obtenido.

Cálculos

Ecuación 5. Fórmula para aceites y grasas

$$\frac{mg}{l} \text{ Aceites y Grasas} = \frac{(A - B) * 1000}{ml \text{ Muestra}}$$

A = Peso final del vial luego de evaporar el solvente (g)

B = Peso inicial del vial (g). (Andrew, Lenore, Arnold, & Greenberg, 2007).

2.4.9 Determinación de sulfatos APHA (4500 B)

Materiales y métodos

Como indica el método APHA (4500B): Se encendió el espectrofotómetro a una longitud de onda de 420nm con 20 minutos de anticipación antes del análisis.

Se preparó estándares de concentraciones de 5ppm; 15ppm; 20ppm partiendo de la solución patrón de 1000ppm, (Se disolvió 0,1479g de Na₂SO₄ anhidro a 100ml con agua destilada) se agitó la muestra para homogenizar.

Se tomó con una pipeta de 5ml la muestra y se depositó en los tubos de ensayo que se encuentran en una gradilla luego se preparó el blanco, se tomó 5ml de agua desionizada tipo I y se depositó en un tubo de ensayo.

Se lavó las celdas de cuarzo con agua destilada y se secó con papel absorbente, inmediatamente se vertió el agua desionizada en las celdas para encerar. Se agregó una cucharadita de cristales de BaCl₂ a los tubos de ensayo donde se encuentran las muestras

se agitó durante (15 minutos) exactos, con una velocidad constante de agitación (Anexo 17).

Se vertió parte de la suspensión en la celda de cuarzo del espectrofotómetro y rápidamente se leyó la absorbancia, por último se anotó el resultado.

Cálculos

Determinamos la concentración de la muestra interpolando la concentración de la ecuación de la recta y tomando en cuenta las diluciones realizadas (Anexo 1).

2.4.10 Determinación de nitritos APHA (4500 B) Sistema HACH

Materiales y métodos

Como indica el método APHA (4500 B) Sistema HACH: Se agitó vigorosamente las muestras para homogenizar.

Se enjuagó los tubos del kit Nitrate-Nitrite Test kit Model NI-12 Cat. No. 14081-00 varias veces con la muestra y luego se llenó con la muestra hasta la marca de 5ml, luego se agregó el contenido del sobre NitriVer 3 Nitrite Reagent Powder Pillows y se tapó el tubo.

Se mezcló vigorosamente por 1 minuto y se dejó que la muestra repose durante 10 minutos (Anexo 18).

Se colocó el tubo de la muestra preparada en la abertura derecha y se colocó el otro tubo la muestra sin preparar en la abertura izquierda del kit Nitrate-Nitrite Test kit Model NI-12 Cat. No. 14081-00 y se procedió a girar el disco hasta obtener una coincidencia de color de las dos muestras.

Cálculos

Para convertir los resultados de la prueba de nitrito mg/L (NO₂) se multiplicó la lectura obtenida por 3,3

2.4.11 Determinación de fosfatos APHA (4500 E)

Materiales y métodos

Como indica el método APHA (4500 E): Se encendió el espectrofotómetro 20 minutos antes del análisis, se procedió a programar el equipo a una longitud de onda de 650nm.

Se preparó los estándares de 0,5ppm; 5ppm y 15ppm a partir de una solución de 1000ppm de Fosforo.

Se agregó con la pipeta volumétrica 5ml de muestra y de estándares en los tubos de ensayo, se preparó el blanco agregando 10ml de agua desionizada tipo I en un tubo de ensayo.

Se lavó las celdas de cuarzo con agua destilada y se secó con papel absorbente previo a las lecturas. Inmediatamente se preparó el blanco agregar 2ml de vanadato molibdato y ácido ascórbico a la vez, se agitó durante 25seg y se encendió.

Para las muestras se agregó 1ml de vanadato molibdato y ácido ascórbico a la vez, se agitó durante 25seg y se midió la absorbancia inmediatamente ya que la suspensión es muy inestable (Anexo 19).

Cálculos

Determinamos la concentración de la muestra interpolando la concentración de la ecuación de la recta y tomando en cuenta las diluciones realizadas (Anexo 2).

2.4.12 Determinación de la demanda química de oxígeno APHA (5220 B)

Materiales y métodos

Como indica APHA 5220 D: Se precalentó el digestor a $150^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$, se homogenizó la muestra durante 30 segundos y se identificó con cinta los tubos de digestión (muestra, estándar, blanco).

Se quitó la tapa de tubo de digestión comercial para el rango apropiado, enseguida se sostuvo los tubos en un ángulo de 45°C de la parte de arriba se vertió 2ml de cada solución estándar para la curva de calibración.

Se colocó 2ml con la pipeta volumétrica las muestras previamente homogenizadas, se volvió a colocar la tapa del tubo digestor y ajustar.

Se sostuvo el tubo por la tapa y se invirtió suavemente para mezclar el contenido se procedió a preparar el blanco sustituyendo los 2mL de la muestra por agua tipo I, se colocó los tubos en el reactor de digestión previamente pre calentado y se reflujó por 2 horas.

Transcurrido las 2 horas se desconectó el reactor y se esperó unos minutos hasta que el tubo de digestión se enfríe hasta 120°C ; se retiró los tubos del digestor y se invirtió los tubos mientras estaban calientes.

Se colocó los tubos en una gradilla a temperatura ambiente permitiendo que el precipitado sedimente, se procedió a las lecturas en el espectrofotómetro a 420nm en un rango bajo, se enceró con el blanco que contiene agua tipo I y se leyó la absorbancia del blanco luego se leyó las absorbancias de las soluciones patrones constituyendo la curva de calibración y por último se midió las absorbancias de las muestras.

Cálculos

Determinamos la concentración de la muestra interpolando la concentración de la ecuación de la recta y tomando en cuenta las diluciones realizadas (Anexo 3).

2.4.13 Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (5210 B)

Como indica el método APHA 5210 B: Se consistió en llenar un frasco hermético de 500 ml hasta rebosar con muestra de agua residual, se incubó a 20°C durante 5 días. El oxígeno disuelto (OD) se midió antes y después de la incubación, y la DBO₅ se calculó mediante la diferencia entre el OD inicial y el final.

Se determinó la DBO₅ en el Laboratorio del CENTROCESAL, un laboratorio privado, acreditado para este análisis, por motivos de accesibilidad de los equipos en el laboratorio de la institución.

2.4.14 Determinación de la concentración de fenol

Materiales y métodos:

Como indica el método APHA (5530 B): Preparación de la muestra, se midió 500ml de muestra, se ajustó el pH aproximadamente a 4,0 con ácido fosfórico, se procedió a destilar los 500ml de muestra, teniendo en cuenta que el volumen de destilado debe ser igual al volumen final de la muestra.

En caso de aguas turbias luego del destilado se acidificó con ácido fosfórico a pH 4 y se volvió a destilar.

Análisis de la muestra, se inició el programa en 470nm con 20 minutos previos al análisis, se midió 300ml de agua desionizada en una probeta de 500ml para preparar el blanco se vertió el agua desionizada en el embudo de separación.

Se midió 300ml de muestra en una probeta de 500ml para preparar la muestra se vertió los 300ml de muestra en el embudo de separación inmediatamente se añadió a cada embudo con una pipeta 5ml de buffer de dureza pH 10 (Se disolvió 6.75g de cloruro de amonio NH_4Cl en 57ml de amoniaco concentrado y se diluyó a 100mL con agua).

Se colocó las tapas en cada embudo, se agitó de abajo hacia arriba hasta que se mezcle bien rápidamente se añadió el contenido del sobre Fenol Reactivo Powder por cada embudo y se colocó las tapas se agitó de abajo hacia arriba hasta disolver el reactivo; se debe tener en cuenta que el reactivo no se quede en la parte inferior del embudo.

Se añadió el contenido del sobre de Fenol 2 Reactivo Powder por cada embudo y se colocó las tapas, se agitó de abajo hacia arriba hasta disolver el reactivo.

Se añadió con una probeta 30ml de cloroformo por cada embudo y se agitó vigorosamente de manera horizontal cada embudo durante 2 minutos, abriendo y cerrando la llave de paso para su ventilación.

Se colocó el embudo en el soporte se retiró las tapas, se esperó que las capas se separen si hay fenol en la muestra la parte inferior capa de cloroformo tendrá un amarillo y ámbar color, se realizó los siguientes pasos lo más rápido ya que el cloroformo se evapora (Anexo 20).

Se puso algodón en un embudo para drenar la parte clorofórmica y se drenó la parte clorofórmica en un balón de 25mL y se tapó.

Se midió la absorbancia de las muestras a la longitud de onda de 470nm según el rango esperado. Los residuos obtenidos se eliminaron en un frasco de desechos clorofórmicos.

Cálculos

Se puede observar en el (Anexo 4) como se determinó la concentración de la muestra interpolando la concentración de la ecuación de la recta.

2.4.15 Determinación de coliformes totales. Número más probable (NMP)

Materiales y métodos

Como indica el método APHA (9222 B) y APHA (9211 B): Prueba Presuntiva, se homogenizó la muestra agitando un número no menor de 25 veces para lograr una distribución uniforme de los microorganismos se procedió a sembrar 10ml de muestra en cada uno de los 10 tubos de caldo lauriltriptosa estéril de doble concentración.

Se verificó que en cada tubo haya un tubo Durham invertido y se colocó la gradilla en la incubadora a $35 \pm 0,5$ °C durante 24 ± 3 horas.

Se retiró los tubos de la incubadora para efectuar la primera lectura de los resultados, después de la incubación por 24 ± 3 horas para esto se agitó suavemente cada tubo y se examinó la producción de gas.

Se retiró los tubos con resultado positivo (producción de gas, retenida en el tubo Durham; no es importante la cantidad de gas) y se anotó los resultados.

Se devolvió a la incubadora ($35 \pm 0,5$ °C) todos los tubos con resultados negativos, por un periodo adicional de 24 ± 1 hora. La segunda lectura (a las 48 ± 3 horas) fue hecha en las mismas condiciones, después de esta última lectura. Los tubos con resultado positivo fueron separados para continuar la marcha analítica y los que resultaron negativos fueron descartados.

Al hacer esta verificación es importante asegurarse que la producción de gas sea resultado de la fermentación de la lactosa, en cuyo caso se observará turbidez en el medio de cultivo, y no confundir con burbujas de aire.

Prueba confirmativa

Prueba confirmativa para coliformes totales

A partir de cada uno de los tubos que resultaron positivos en la prueba presuntiva se agitó cada tubo con un asa de siembra estéril.

Se retiró el material y se inoculó al tubo 10ml de caldo verde brillante lactosa bilis 2% (CLVBB 2%) correspondiente. Se evitó tomar la película superficial. Si se observa turbidez y producción de gas: La prueba se considera positiva, se anotó el número de tubos positivos para posteriormente hacer el cálculo del NMP.

Si en ninguno de los tubos se observa producción de gas, aun cuando se observe turbidez: se consideraron negativos, estableciéndose el Código 0, 0,0 para efecto del cálculo del NMP.

Prueba confirmativa para coliformes fecales

Se sembraron todos los tubos positivos de la prueba presuntiva en tubos con 10ml de caldo EC. La siembra para la confirmación de coliformes totales y termotolerantes puede hacerse en forma paralela.

Se agitó la gradilla con los tubos inoculados y se incubó los tubos de caldo verde brillante lactosa bilis 2% sembrados a $35 \pm 0,5$ °C durante 24 ± 3 horas y se retiró los tubos y se efectuó la primera lectura.

Se agitó suavemente cada tubo y se examinó la producción de gas y se retiró los tubos con resultado positivo (producción de gas en el tubo Durham) y se anotó los resultados para Calcular el NMP de coliformes totales. Anexo 17 Gráfico

2.4.16 Determinación de los metales pesados

Materiales y métodos

Como indica el método APHA: Se tomó 250ml de muestra se vertió en un vaso de precipitación de 1000L, se agregó 10ml de ácido nítrico concentrado y se homogenizó, se llevó a una hornilla de calentamiento para su evaporación se añadió 2ml de ácido nítrico.

Se dejó evaporar hasta obtener 5ml de solución, se llevó al ultrasonido por 10 minutos, se vertió los 5ml y se aforó en un balón de 10ml.

Se tomó 10ml y se filtró para su lectura, se encendió el espectrofotómetro de absorción atómica, se procedió a leer los estándares para la curva de calibración y por último se leyó las muestras de acuerdo al metal designado

2.4.17 Caracterización de las comunidades biológicas de Macroinvertebrados, mediante los métodos APHA (10500 D):

Materiales y métodos:

Según APHA (10500 D): Se recomienda el trabajo realizar en presencia de dos personas. Primordial llevar un registro de la cobertura y tipo de vegetación sumergida, contaminación aparente, caudal, presencia de especies alóctonas del sitio de muestreo.

Para la captura de macroinvertebrados acuáticos se aplicó la metodología de red suber, removiendo el suelo del río durante un minuto cubriendo un área de 1 de metro cuadrado por punto.

Se sumergió el muestreador en el agua con los bastidores abiertos en ángulo recto dirigido la extremidad abierta aguas arriba de forma que la red quede abierta aguas arriba, se colocó firmemente el bastidor inferior sobre el suelo con el fin de delimitar el área recogida.

Se vertió lo recogido sobre la bandeja se lavó en ella las piedras y ramas, se colocó en los tarros o fundas plásticas de 500ml con alcohol al 70% por último se etiquetó la muestra para su transporte.

Una vez en el laboratorio se utilizó el esteromicroscopio de 1-5X de aumento empleando las claves (Wigging 1984; Fernández – Domínguez eds. 2001; Roldán 1996).

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

3.1 Parámetros “IN SITU”

Para obtener los datos *in situ* fue necesario utilizar un potenciómetro y conductivímetro digital Hanna Instruments portátil; en la tabla 6, se encuentran detallados los resultados de las mediciones “in situ” de los puntos de muestreo en el río Pita.

Tabla 6

Datos obtenidos de los parámetros “*in situ*” en el proyecto

Parámetro	Unidades	Antes de la descarga					En el sitio de la descarga					Después de la descarga				
		Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
pH		7,8	7,9	8,0	7,8	7,8	7,1	7,1	7,2	7,2	7,1	7,6	7,7	7,8	7,6	7,6
Temperatura	°C	21,3	21,7	25,0	20,9	21,5	23,7	24,9	27,1	22,8	23,0	28,9	29,6	32,2	27,9	28,1
Conductividad	Us/cm	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2

Nota: Torres, 2015

Los valores que se obtuvo fueron similares antes, después y en el sitio teniendo una diferencia significativa en el mes de Noviembre ya que el análisis se realizó con la variante de lluvia, los valores de potencial de hidrógeno, temperatura y conductividad fueron comparados con Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) en el libro VI - anexo 1, tabla 12: límites para descargas a un cuerpo de agua dulce y se encuentran en el rango aceptable de la norma.

3.2 Caudal

El método que se empleó es Área-Velocidad en la cual se midió las dimensiones del río Pita y la velocidad en tres tramos iguales y se sacó un promedio, con estos datos se calculó el volumen, en m³/s, como se detalla en la tabla 7 a continuación:

Tabla 7

Valores medidos para el Caudal en el proyecto

Parámetros	Unidades	Antes de la Descarga	En el sitio de la descarga	Después de la descarga
Velocidad Media	m/s	0,21	0,93	0,33
Velocidad Máxima	m/s	0,28	0,99	0,50
Profundidad (p)	m	0,53	0,15	0,64
Ancho	m	4,15	2,30	6,50
Área	m ²	2,1995	0,345	4,16
Caudal	m ³ /s	0,61586	0,34155	2,08

Nota: Torres, 2015

3.3 Caracterización Físico, Químico del Río Pita

Inmediatamente después que se recolectó las muestras, se realizó cada uno de los análisis respectivos que se detalló en la metodología, tomando como guía los métodos APHA.

3.3.1 Potencial de Hidrógeno

Tabla 8

Datos obtenidos de pH.

Parámetro	Antes de la descarga				
	Sep (1)	Oct (2)	Nov (3)	Dic (4)	Ene (5)
pH	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.
	8,050	8,090	7,14	7,05	8,09
	8,05	8,09	7,14	7,06	8,09
	8,05	8,09	7,130	7,06	8,09
Promedio	8,05	8,09	7,143	7,06	8,090
	En el sitio de la descarga				
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.
	7,29	7,42	7,08	7,31	7,24
	7,29	7,42	7,08	7,31	7,24
	7,29	7,42	7,08	7,31	7,24
Promedio	7,29	7,42	7,08	7,31	7,24
	Después de la descarga				
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.
	7,96	7,97	7,92	7,99	7,95
	7,96	7,98	7,92	7,99	7,96
	7,96	7,98	7,92	7,99	7,56
Promedio	7,96	7,98	7,92	7,99	7,82

Nota: Torres, 2015

Gráfica de interacción pH vs Mes, Toma

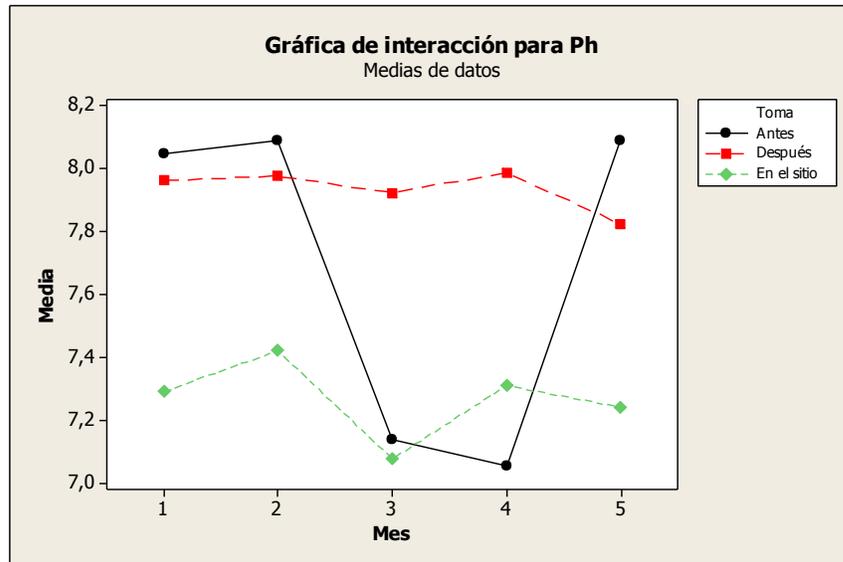


Figura 1. Interacción de medias para el parámetro pH.

Elaborado: Torres, 2015

Pese a que existen varias descargas hacia el río, este no presenta mayor variación en el pH de los puntos de muestreo, la tendencia de los valores de pH en las aguas analizadas se vio incrementada desde un estado neutro hasta uno ligeramente alcalino, variando en un rango de 6,0 a 8,00 como se indica en la figura 2, ya que dicho parámetro se mantiene dentro de las cuantificaciones de control de las tablas del Libro VI, Anexo 1 del TULAS. Además, según la misma figura se puede establecer que el valor máximo de pH se encuentra en el punto antes de la descarga en el mes de septiembre, en este sitio también existe un cambio drástico de valores en el transcurso del tiempo del estudio, mientras que el valor mínimo se encuentra en el sitio la descarga en el mes noviembre.

Los datos de ANOVA de dos vías para pH, demuestran que hay diferencias significativas temporales para el mes y espaciales para la toma, además se observa que existe interacción entre los factores temporales y espaciales (Anexo 5).

3.3.2 Temperatura

Tabla 9

Datos obtenidos para Temperatura °C.

Parámetros	Antes de la descarga				
	Sep (1)	Oct (2)	Nov (3)	Dic (4)	Ene (5)
TEMPERATURA	18,3	22,5	19,7	21,4	19,1
	18,2	22,6	19,8	21,6	19,4
	18,3	22,6	19,8	21,8	19,3
Promedio	18,27	22,57	19,77	21,6	19,27
	En el sitio de la descarga				
	18,2	22,6	20,1	21,1	20,6
	18,3	22,7	20,1	21,2	20,6
	18,2	22,7	20,2	21,2	20,7
Promedio	18,23	22,67	20,13	21,2	20,63
	Después de la descarga				
	17,6	22,9	20,2	21,6	21,4
	17,6	23,0	20,1	21,6	21,6
	17,5	22,9	20,2	21,5	21,6
Promedio	17,57	22,93	20,17	21,6	21,53

Nota: Torres, 2015

Grafica de Interacción Temperatura vs Mes, Toma

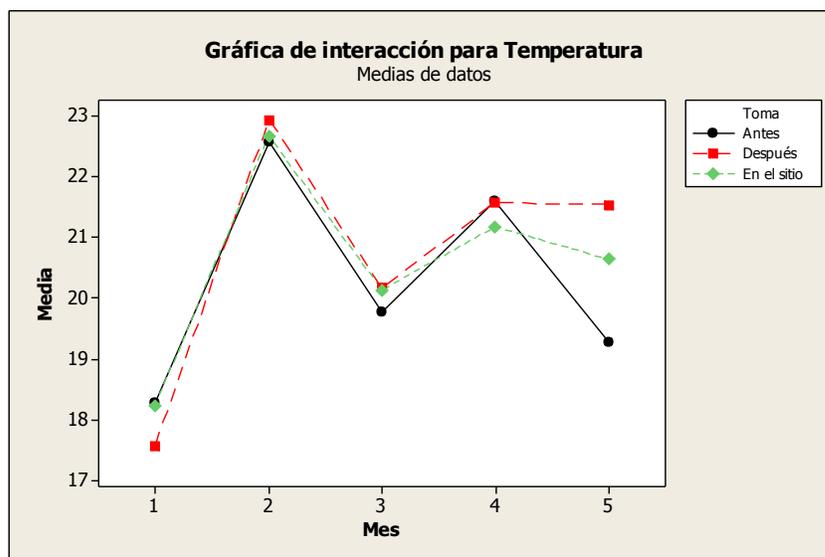


Figura 2. Interacción de medias para el parámetro Temperatura.

Elaborado por: Torres, 2015

La figura 3 muestra que la temperatura evolucionó en un rango de 17,5°C a 23°C y aumentó en el punto después de la descarga residual con un valor máximo de 23°C en el mes de octubre, además se observa que en el mismo punto existe el valor mínimo de 17,5 en el mes de septiembre.

Los datos de ANOVA de dos vías para temperatura, demuestran que hay diferencias significativas temporales para el mes y espaciales para la toma, además se observa que existe interacción entre los factores temporales y espaciales (Anexo 5).

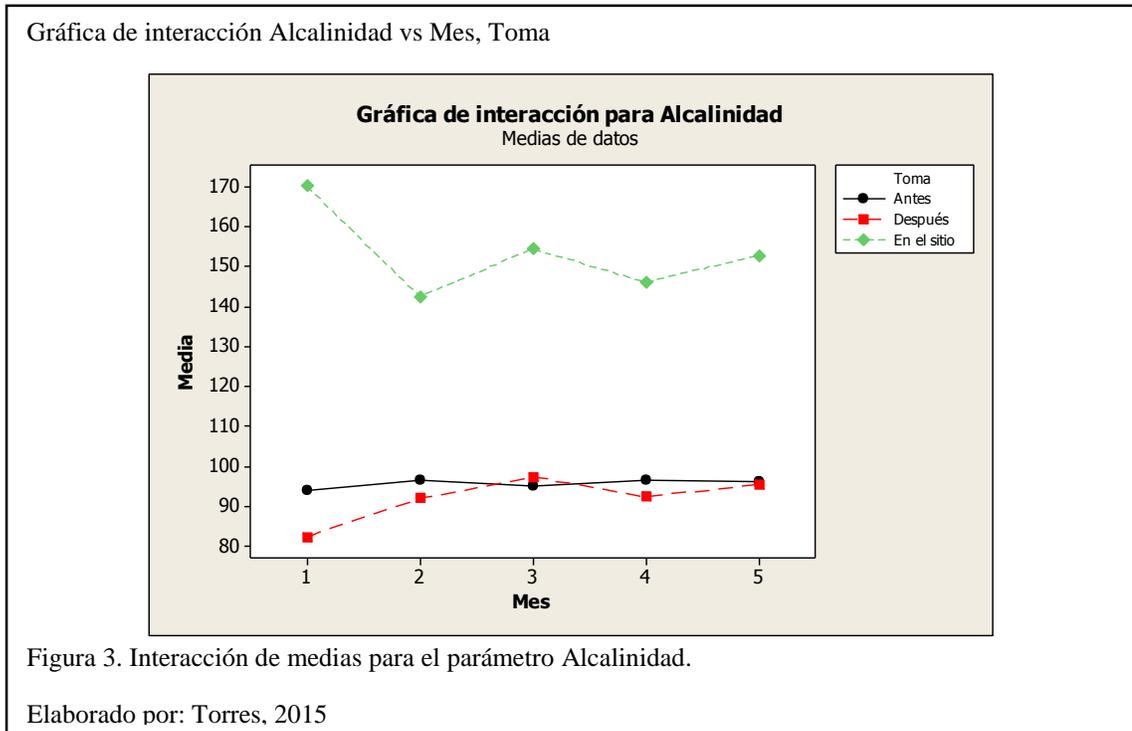
3.3.3 Alcalinidad

Tabla 10

Datos obtenidos para Alcalinidad mg/L CaCO₃.

Parámetros	Antes de la Descarga				
	Sep (1)	Oct (2)	Nov (3)	Dic (4)	Ene (5)
ALCALINIDAD	93	96	95	98	94
	94	95	96	96	96
	95	98	94	95	98
Promedio	94	96	95	96	96
	En el sitio de la descarga				
	170	143	155	146	153
	169	144	154	148	154
	171	140	154	144	151
Promedio	170	142	154	146	153
	Después de la descarga				
	83	94	98	93	95
	81	92	96	91	97
	83	90	98	93	94
Promedio	82	92	97	92	95,3

Nota: Torres. 2015



La alcalinidad evolucionó en un rango de 81mg/L CaCO_3 a 171 CaCO_3 , con una media de 113,48mg/L CaCO_3 , como lo muestra la figura 4, con un límite máximo en el mes de septiembre en la muestra tomada en el sitio de la descarga de agua residual y un valor mínimo en el punto después de la descarga en el mismo mes, cabe mencionar que en el punto antes de la descarga los valores de alcalinidad se mantuvieron en un rango estable.

Los datos de ANOVA de dos vías para alcalinidad, demuestran que no hay diferencias significativas temporales entre meses pero si hay diferencias significativas espaciales entre las tomas, además se observa que existe interacción entre los factores temporales y espaciales (Anexo 5).

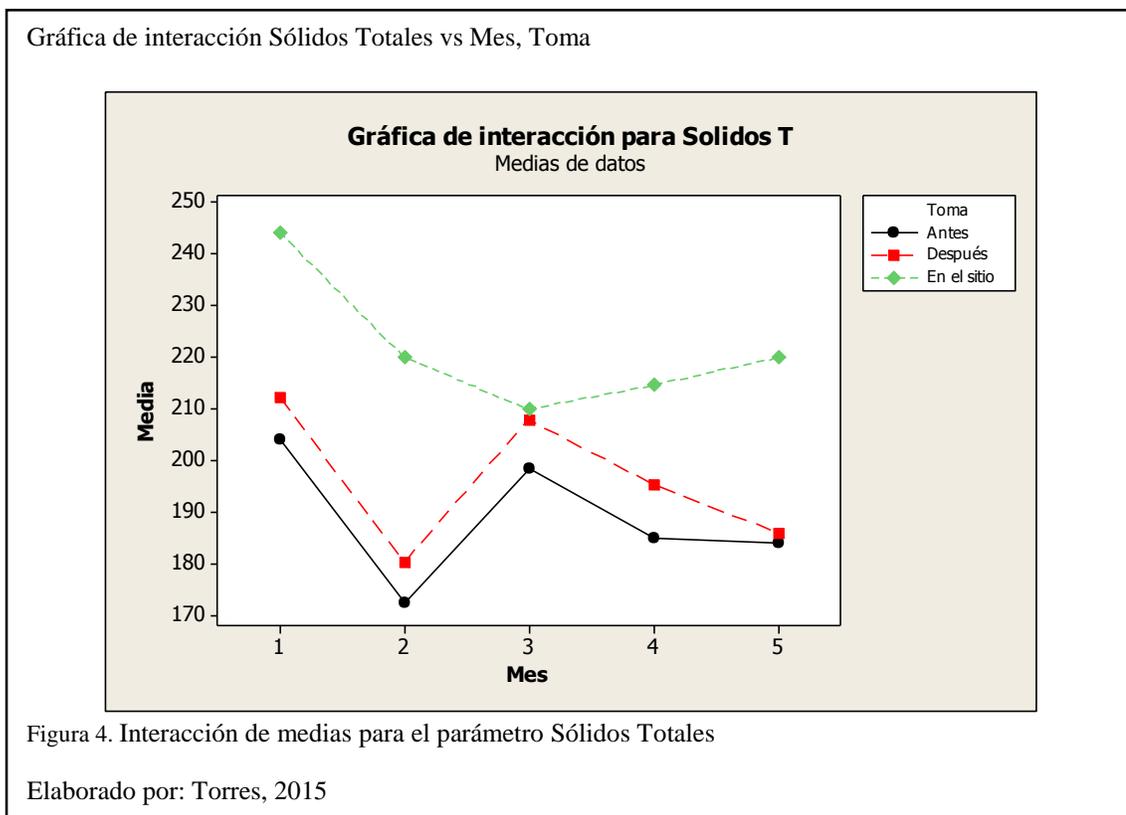
3.3.4 Sólidos totales

Tabla 11

Datos obtenidos para Sólidos Totales mg/L.

Parámetros	Antes de la Descarga				
	Sep (1)	Oct (2)	Nov (3)	Dic (4)	Ene (5)
SOLIDOS TOTALES	206	173	199	180	184
	202	171	196	185	182
	204	173	200	190	186
Promedio	204	172	198	185	184
	En el sitio de la descarga				
	245	221	212	214	218
	242	218	210	216	221
	246	221	208	214	221
Promedio	244	220	210	215	220
	Después de la descarga				
	214	179	210	195	185
	210	179	207	199	185
	213	183	207	192	188
Promedio	212	180	208	195	186

Nota: Torres, 2015



La concentración de sólidos totales varió en las muestras analizadas de 171 a 246 mg/L, con una media de 202,31 mg/L según la figura 5. La concentración de sólidos en los puntos antes y después de la descarga se comportaron de manera similar en los meses del estudio teniendo su valor máximo en el mes de noviembre, mientras que en el sitio de la descarga se obtuvo el valor máximo de 246mg/L en el mes de septiembre.

Los datos de ANOVA de dos vías para sólidos totales, demuestran que hay diferencias significativas temporales para el mes y espaciales para la toma, además se observa que existe interacción entre los factores temporales y espaciales (Anexo 5).

3.3.5 Sólidos totales suspendidos

Tabla 12

Datos obtenidos para Sólidos Totales Suspendidos mg/L.

Parámetros	Antes de la Descarga				
	Sep (1)	Oct (2)	Nov(3)	Dic (4)	Ene (5)
SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	58,6	50,6	58,4	58,7	57,6
	58,4	52,6	60,6	60,1	57,8
	58,4	54,6	56,4	58,4	57,9
Promedio	58,5	52,6	58,5	59,1	57,8
	En sitio de la descarga				
	89,4	71,4	66,4	70,2	69,4
	85,5	72,4	67,4	70,4	71,4
	87,6	68,6	63,6	71,2	68,6
Promedio	87,5	70,8	65,8	70,6	69,8
	Después de la descarga				
	97,6	72,4	88,6	81,6	85,4
	98,6	73,6	86,6	80,6	8,2
	90,4	65,6	90,4	79,4	86,4
Promedio	95,5	70,5	88,5	80,5	60

Nota: Torres, 2015

Gráfica de interacción Sólidos Totales Suspendidos vs Mes, Toma

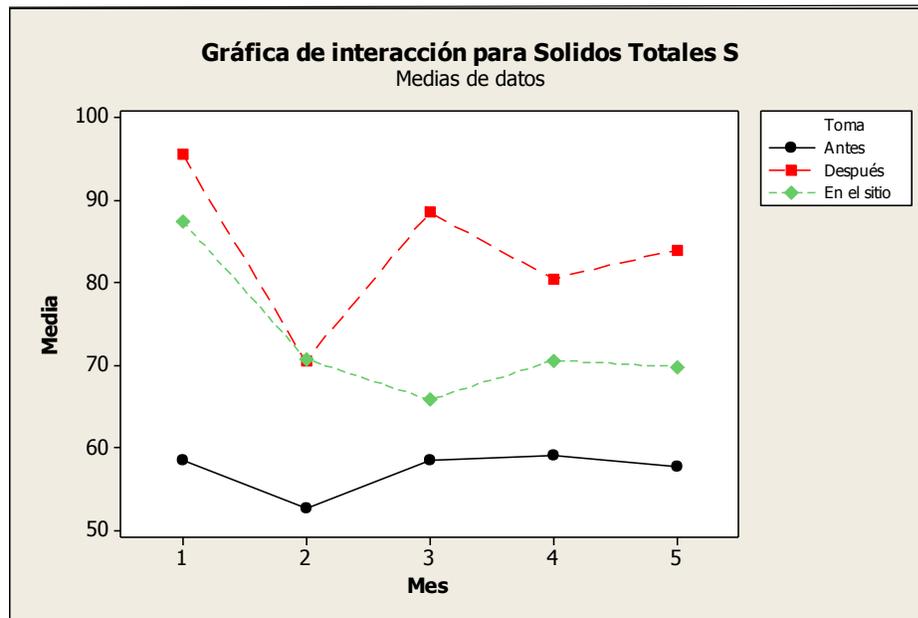


Figura 5. Interacción de medias para el parámetro Sólidos Totales Suspendidos

Elaborado por: Torres, 2015

La concentración de sólidos totales suspendidos varió en las muestras analizadas de 50,6 a 98,6 mg/L, con una media de 71,33 mg/L como se muestra en la figura 6. La concentración máxima de sólidos totales suspendidos se presentó en el mes de septiembre en el punto posterior a la descarga, además los valores de este punto decayeron hasta igualarse con los del sitio de la descarga en el mes de octubre. El punto previo a la descarga no tuvo variaciones significativas en el transcurso del proyecto.

Los datos de ANOVA de dos vías para sólidos totales suspendidos, demuestran que hay diferencias significativas temporales para el mes y espaciales para la toma, además se observa que existe interacción entre los factores temporales y espaciales (Anexo 5).

3.3.6 Aceites y Grasas

Tabla 13

Datos obtenidos para Aceites y Grasas mg/L.

Parámetros	Antes de la Descarga				
	Sep (1)	Oct (2)	Nov (3)	Dic (4)	Ene (5)
ACEITES Y GRASAS	183,6	209,3	191,9	196,7	188,6
	185,8	199,6	193,4	198	189,4
	187,6	203,6	193,6	199,2	189,2
Promedio	185,7	204,2	192,97	197,97	189,1
	Sitio de la descarga				
	101,2	91,2	93,6	94,6	92,4
	102,6	84,4	87,4	92,4	94,6
	104,2	89,4	92,4	91,2	89,9
Promedio	102,7	88,33	91,133	92,733	92,3
	Después de la descarga				
	72,4	82,4	97,4	88,4	85,4
	66,2	77,6	92,4	89,6	85,6
	71,2	81,6	96,2	91,2	89,6
Promedio	69,93	80,53	95,333	89,733	86,87

Nota: Torres, 2015

Gráfica de interacción Aceites y Grasas vs Mes, Toma

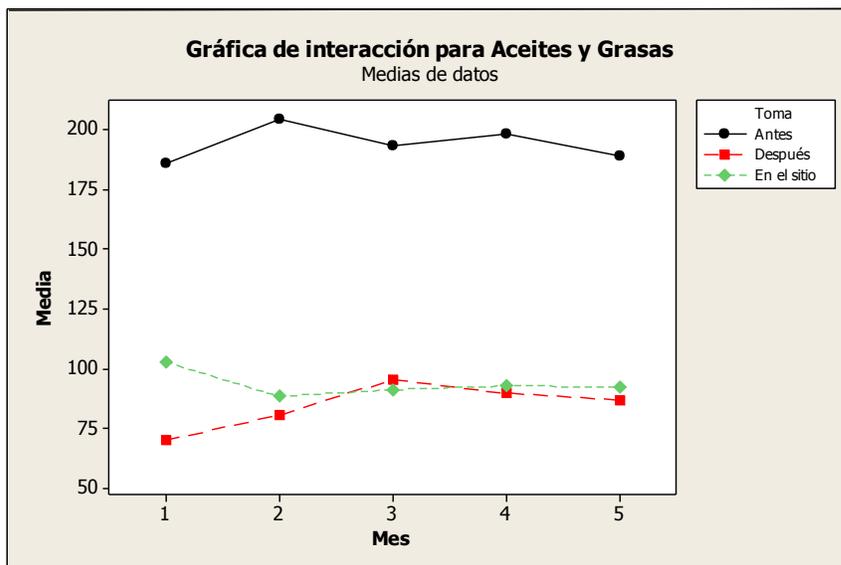


Figura 6. Interacción de medias para el parámetro Aceites y Grasas.

Elaborado por: Torres, 2015

El parámetro aceites y grasas evolucionaron en un rango de 66,2 mg/L a 209,3 mg/L con una media de 123,96 mg/L como muestra la figura 7. El límite máximo de 209,3mg/L se encuentra en el mes de octubre tomado antes de la descarga, mientras que en el punto propio de la descarga no presenta ninguna variación característica y finalmente, posterior a la descarga se observa el pico más alto en el mes de noviembre.

Los datos de ANOVA de dos vías para aceites y grasas, demuestran que no hay diferencias significativas temporales entre meses pero si hay diferencias significativas espaciales entre las tomas, además se observa que existe interacción entre los factores temporales y espaciales (Anexo 5).

3.3.7 Conductividad

Tabla 14

Datos obtenidos para el parámetro Conductividad uS/cm.

Parámetros	Antes de la Descarga				
	Sep (1)	Oct (2)	Nov (3)	Dic (4)	Ene (5)
CONDUCTIVIDAD	0,29	0,25	0,29	0,29	0,29
	0,29	0,24	0,28	0,25	0,29
	0,28	0,24	0,28	0,28	0,28
Promedio	0,287	0,24	0,28	0,27	0,29
	Durante la descarga				
	0,31	0,29	0,29	0,29	0,3
	0,31	0,30	0,29	0,29	0,29
	0,31	0,30	0,28	0,3	0,29
Promedio	0,31	0,3	0,29	0,29	0,29
	Después de la descarga				
	0,23	0,21	0,24	0,23	0,23
	0,23	0,22	0,23	0,23	0,24
	0,23	0,22	0,24	0,24	0,23
Promedio	0,23	0,22	0,24	0,23	0,23

Nota: Torres, 2015

Gráfica de interacción Conductividad vs Mes, Toma

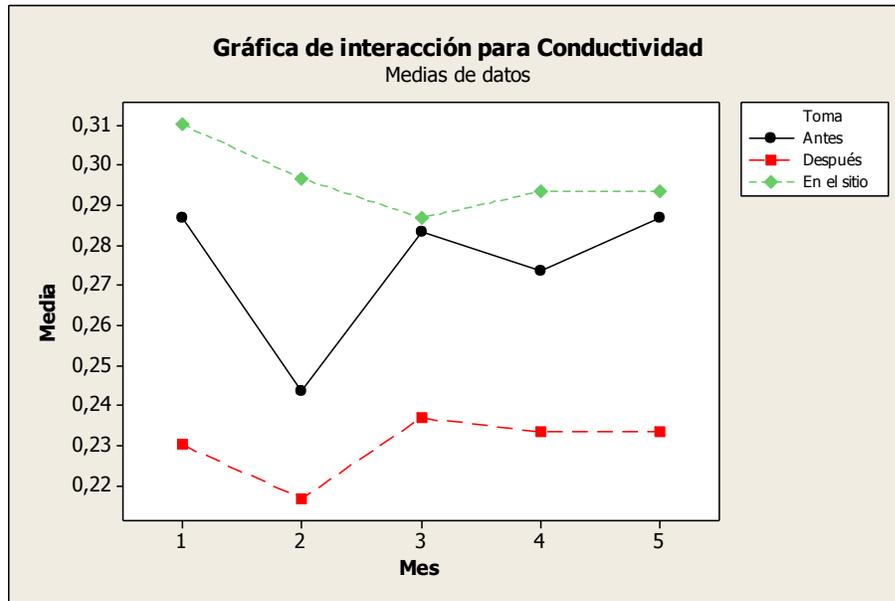


Figura 7. Interacción de medias para el parámetro Conductividad

Elaborado por: Torres, 2015

La conductividad eléctrica varió de 0,21 a 0,31 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con una media de 0,26 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Tal como se observa en la figura 8, el límite máximo se encuentra en el sitio de la descarga en el mes de septiembre, mientras que antes y después de este punto bajaron durante el mes de octubre.

Los datos de ANOVA de dos vías para conductividad, demuestran que hay diferencias significativas temporales para el mes y espaciales para la toma, además se observa que existe interacción entre los factores temporales y espaciales (Anexo 5).

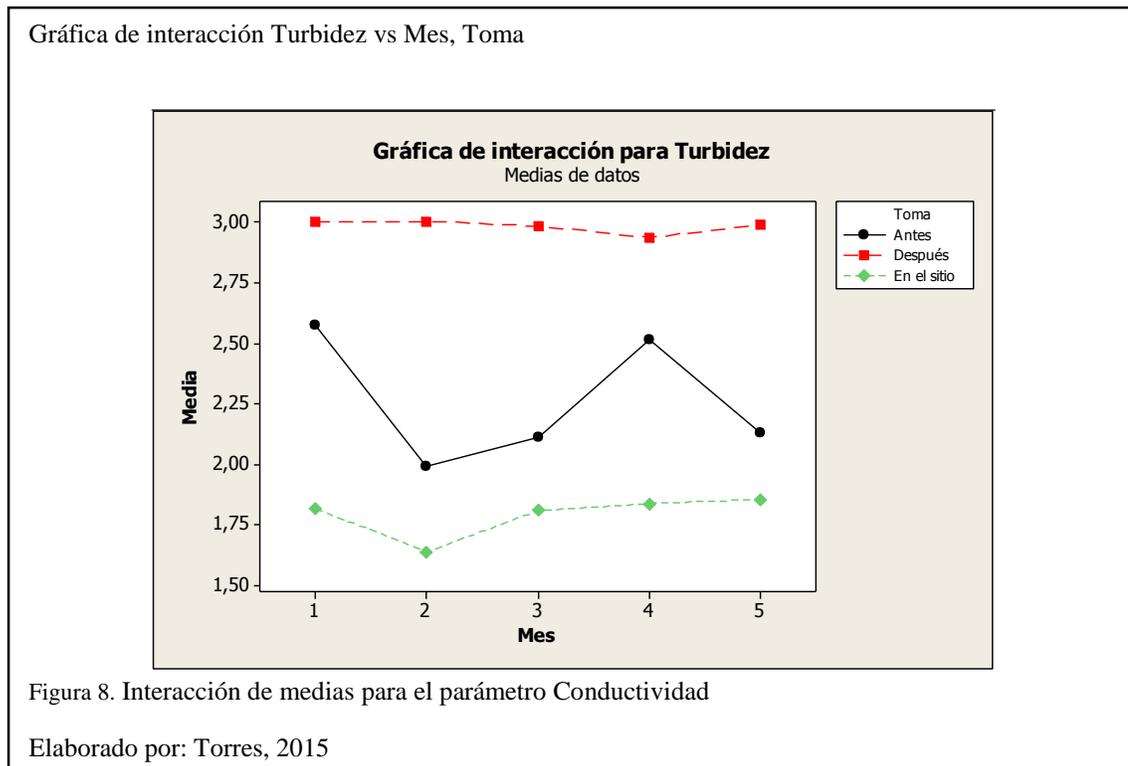
3.3.8 Turbidez

Tabla 15

Datos obtenidos para Turbidez NTU.

Parámetros	Antes de la Descarga				
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
TURBIDEZ	2,57	1,97	2,09	2,6	2,1
	2,57	1,99	2,06	2,45	2,16
	2,58	2,01	2,19	2,5	2,12
Promedio	2,57	1,99	2,11	2,52	2,13
	En el sitio de la descarga				
	1,84	1,66	1,79	1,86	1,86
	1,81	1,63	1,83	1,83	1,84
	1,80	1,62	1,8	1,82	1,86
Promedio	1,82	1,64	1,81	1,84	1,85
	Después de la descarga				
	2,98	2,99	3	2,96	2,97
	3,02	3,01	2,99	2,91	3,01
	3,01	3,01	2,96	2,94	2,98
Promedio	3	3	2,98	2,94	2,99

Nota: Torres, 2015



La turbidez evolucionó en un rango de 1,62 a 3,02 NTU (Unidades Nefelométricas de turbidez) con una media de 2,35 NTU como muestra la figura 9. El punto posterior a la descarga se mantuvo sin variaciones representativas en el periodo del estudio mientras en el punto previo a la descarga se obtuvo valores mayores en los meses de septiembre y diciembre, además en el sitio de la descarga se observa que bajó en el mes de octubre teniendo un valor mínimo de 1,62 NTU.

Los datos de ANOVA de dos vías para turbidez, demuestran que hay diferencias significativas temporales para el mes y espaciales para la toma, además se observa que existe interacción entre los factores temporales y espaciales (Anexo 5).

3.3.9 Sulfatos

Tabla 16

Datos obtenidos para Sulfatos mg/L.

Parámetros	Antes de la Descarga				
	Sep (1)	Oct (2)	Nov (3)	Dic (4)	Ene (5)
SULFATOS	17,52	17,41	24,82	25,45	19,7
	17,56	17,38	24,85	26,12	19,9
	17,52	17,37	24,81	24,6	19,94
Promedio	17,53	17,39	24,83	25,39	19,85
	En el sitio de la descarga				
	10,27	10,11	16,01	14,11	15,11
	10,26	10,07	16,04	14,07	15,07
	10,23	10,08	16,03	14,08	15,08
Promedio	10,25	10,09	16,03	14,087	15,09
	Después de la descarga				
	18,19	17,91	17,52	18,11	17,97
	18,16	17,92	17,56	18,04	17,95
	18,15	17,95	17,55	18,1	17,07
Promedio	18,17	17,93	17,54	18,083	17,66

Nota: Torres. 2015

Gráfica de interacción Sulfatos vs Mes, Toma

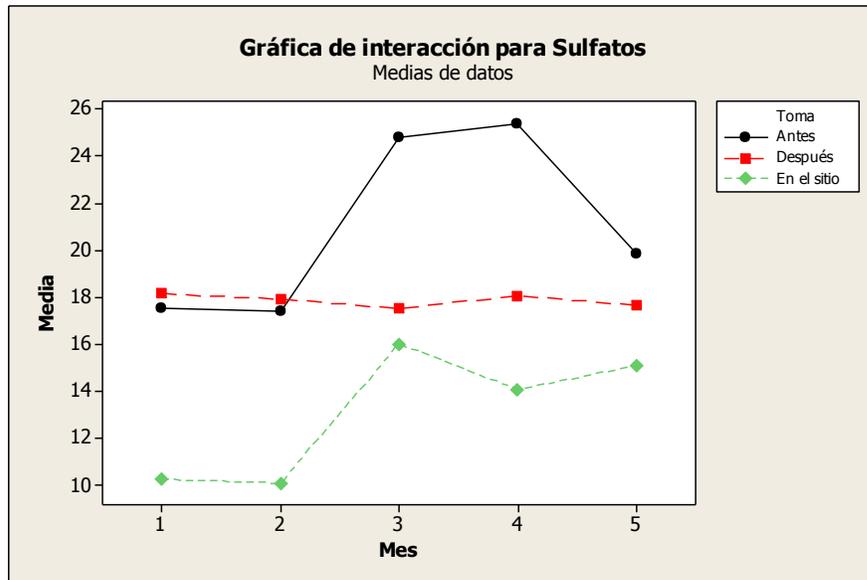


Figura 9. Interacción de medias para el parámetro Sulfatos

Elaborado por: Torres, 2015

Los sulfatos se encuentran en un rango de concentración de 10,07 mg/L a 26,12mg/L con una media de 17,32mg/L como muestra la figura 10. El límite máximo de 26,12mg/L se presenta en el mes de diciembre tomado antes de la descarga, mientras que en el sitio de la descarga presenta su pico máximo en el mes de noviembre y finalmente, posterior a la descarga se observa que no existe alguna variación representativa en el período del estudio.

Los datos de ANOVA de dos vías para sulfatos, demuestran que hay diferencias significativas temporales para el mes y espaciales para la toma, además se observa que existe interacción entre los factores temporales y espaciales (Anexo 5).

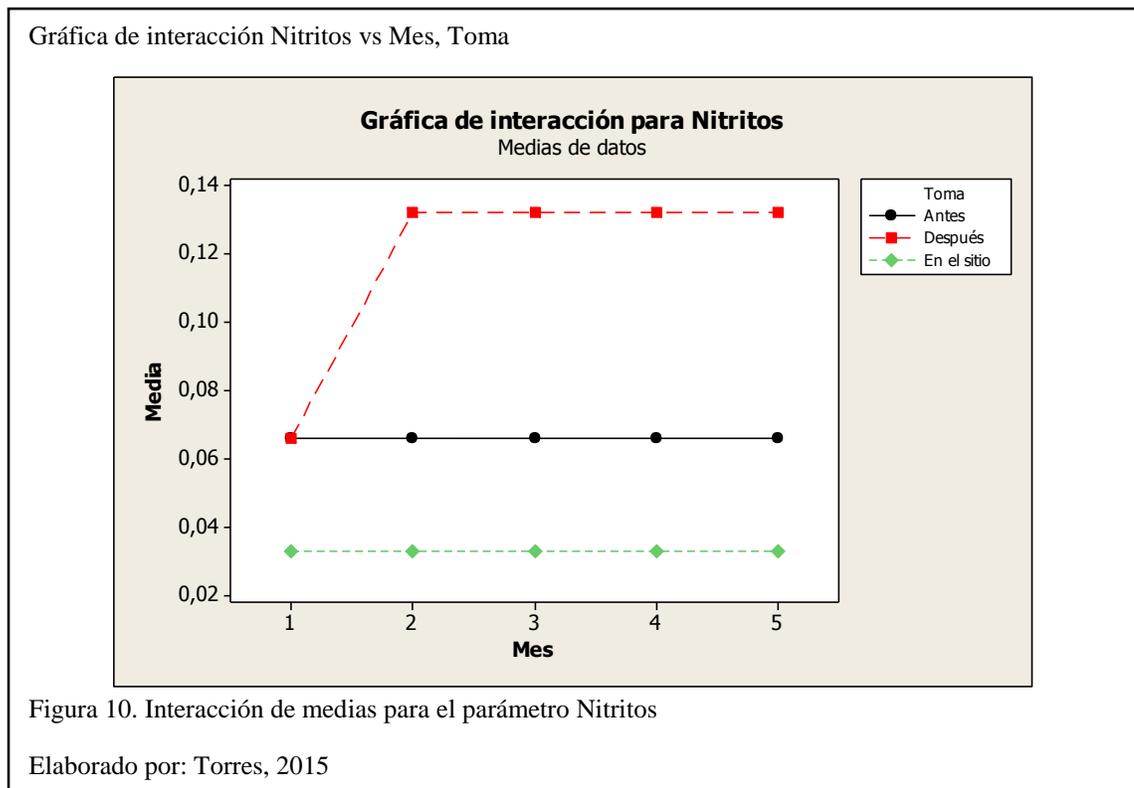
3.3.10 Nitritos

Tabla 17

Datos obtenidos para Nitritos mg/L.

Parámetros	Antes de la Descarga				
	Sep (1)	Oct (2)	Nov (3)	Dic (4)	Ene (5)
NITRITOS	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066
	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066
	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066
Promedio	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066
	En el sitio la descarga				
	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
Promedio	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
	Después de la descarga				
	0,066	0,132	0,132	0,132	0,132
	0,066	0,132	0,132	0,132	0,132
	0,066	0,132	0,132	0,132	0,132
Promedio	0,066	0,132	0,132	0,132	0,132

Nota: Torres. 2015



Los nitritos se encuentran en un rango de concentración de 0,033 mg/L a 0,132 mg/L con una media de 0,073 mg/L como muestra la figura 11. En los puntos de muestreo antes y en sitio de la descarga existe una concentración constante en el periodo del proyecto, mientras en el punto posterior a la descarga en el mes de septiembre a octubre existe una variación representativa en comparación a los demás meses que permanecen homogéneos.

Los datos de ANOVA de dos vías para nitritos, demuestran que hay diferencias significativas temporales para el mes y espaciales para la toma, además se observa que no existe interacción entre los factores temporales y espaciales (Anexo 5).

3.3.11 Fosfatos

Tabla 18

Datos obtenidos para Fosfatos mg/L.

Parámetros	Antes de la descarga				
	Sep (1)	Oct (2)	Nov (3)	Dic (4)	Ene (5)
FOSFATOS	-0,157	-0,39	-0,45	-0,44	-0,41
	-0,162	-0,38	-0,48	-0,46	-0,42
	-0,159	-0,42	-0,44	-0,48	-0,44
Promedio	-0,159	-0,397	-0,46	-0,46	-0,42
	En el sitio de la descarga				
	-0,52	-0,34	-0,36	-0,35	-0,33
	-0,55	-0,38	-0,40	-0,4	-0,39
	-0,51	-0,37	-0,37	-0,38	-0,38
Promedio	-0,527	-0,363	-0,38	-0,377	-0,37
	Después de la descarga				
	-0,49	-0,47	-0,48	-0,5	-0,46
	-0,45	-0,51	-0,51	-0,51	-0,5
	-0,48	-0,50	-0,52	-0,52	-0,48
Promedio	-0,473	-0,493	-0,5	-0,51	-0,48

Nota: Torres, 2015

Gráfica de interacción Fosfatos vs Mes, Toma

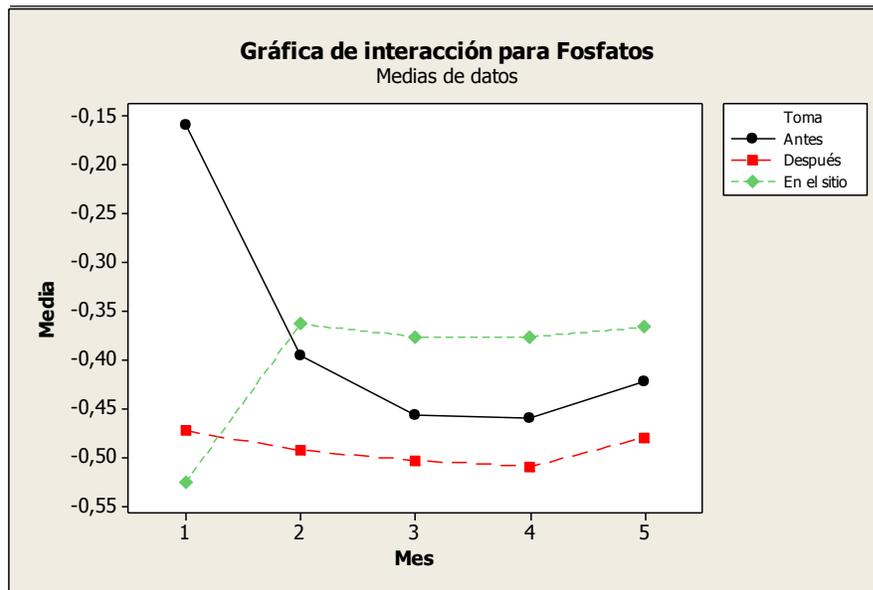


Figura 11. Interacción de medias para el parámetro Fosfatos.

Elaborado por: Torres, 2015

Como muestra la figura 12, en los tres puntos de muestreo no existe concentración de fosfatos, los resultados obtenidos fueron negativos ya que no entran en la curva de calibración, por lo tanto no existe presencia de fosfatos en el río Pita.

Los datos de ANOVA de dos vías para fosfatos, demuestran que hay diferencias significativas temporales para el mes y espaciales para la toma, además se observa que existe interacción entre los factores temporales y espaciales (Anexo 5).

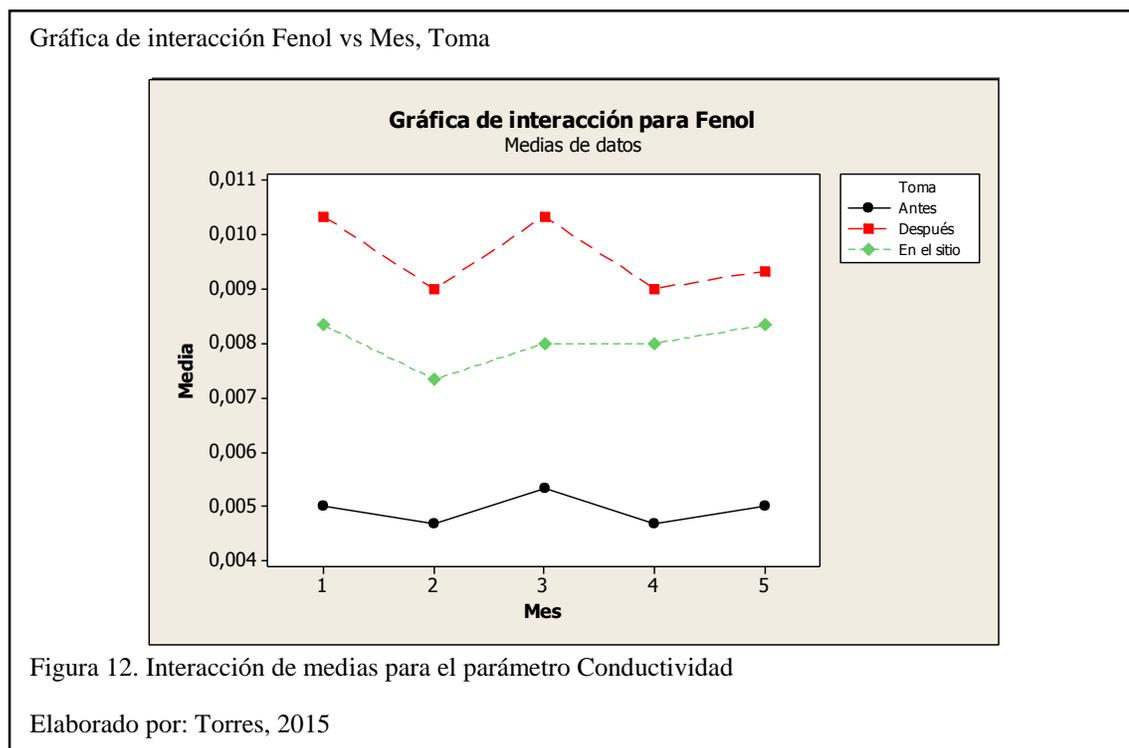
3.3.12 Fenoles

Tabla 19

Datos obtenidos para Fenol mg/L.

Parámetros	Antes de la descarga				
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
FENOL	0,006	0,006	0,006	0,004	0,005
	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004
	0,004	0,004	0,006	0,006	0,006
Promedio	0,005	0,005	0,0053	0,0047	0,005
	En el sitio de la descarga				
	0,009	0,008	0,009	0,008	0,008
	0,009	0,007	0,008	0,008	0,008
	0,007	0,007	0,007	0,008	0,009
Promedio	0,008	0,007	0,008	0,008	0,008
	Después de la descarga				
	0,009	0,008	0,011	0,009	0,011
	0,010	0,009	0,009	0,008	0,009
	0,012	0,010	0,011	0,010	0,008
Promedio	0,01	0,009	0,0103	0,009	0,009

Nota: Torres. 2015



Como se observa en la figura 13, los fenoles se encuentran en un rango de concentración de 0,004 mg/L a 0,012 mg/L con una media de 0,008 mg/L. Los tres puntos se mantuvieron estables sin ninguna variación importante teniendo el valor máximo posterior a la descarga en el mes de noviembre y el valor mínimo después de la descarga en el mes de octubre.

Los datos de ANOVA de dos vías para fenoles, demuestran que no hay diferencias significativas temporales entre meses pero si hay diferencias significativas espaciales entre las tomas, además se observa que no existe interacción entre los factores temporales y espaciales (Anexo 5).

3.3.13 Demanda química de oxígeno

Tabla 20

Datos obtenidos para DQO.

Parámetros	Antes de la Descarga				
	Sep (1)	Oct (2)	Nov (3)	Dic (4)	Ene (5)
DQO	26,65	26,37	26,25	26,4	26,47
	26,73	26,32	26,21	26,46	26,49
	26,68	26,35	26,22	26,49	26,44
Promedio	26,6867	26,3467	26,2267	26,45	26,4667
	En el sitio de la descarga				
	13,42	13,23	13,09	13,45	13,18
	13,36	13,21	13,11	13,44	13,19
	13,38	13,27	13,15	13,49	13,25
Promedio	13,3867	13,2367	13,1167	13,46	13,2067
	Después de la descarga				
	13,54	13,37	13,21	13,54	13,28
	13,56	13,33	13,25	13,56	13,25
	13,60	13,30	13,19	13,52	12,22
Promedio	13,5667	13,3333	13,2167	13,54	12,9167

Nota: Torres, 2015

Gráfica de interacción DQO vs Mes, Toma

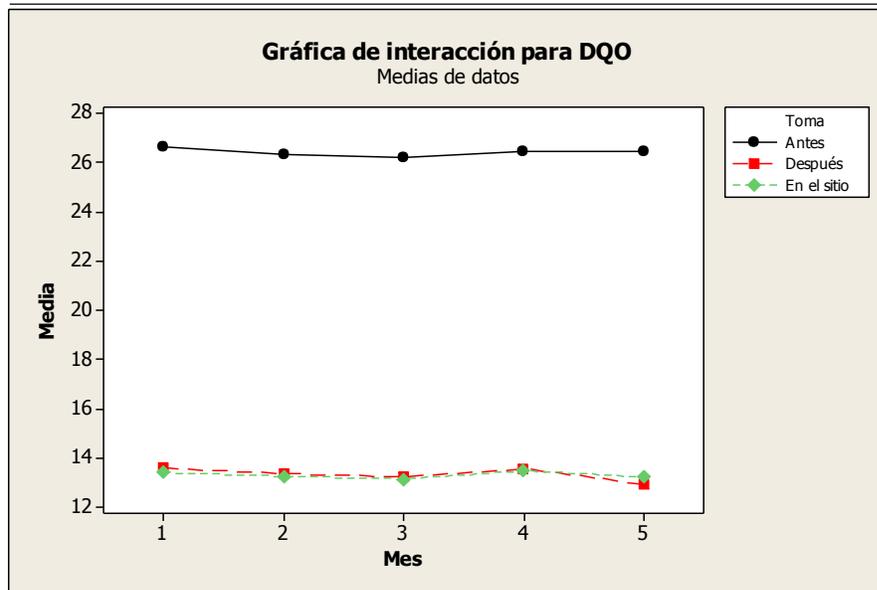


Figura 13. Gráfico de interacción de medias para el parámetro Demanda Química de Oxígeno DQO

Elaborado por: Torres, 2015

Los valores encontrados para la concentración de DQO variaron entre 12,22 mg/L a 26,73 mg/L, con una media de 17,68 mg/L, como se aprecia en la figura 14.

En los puntos de muestreo después y en el sitio de la descarga existe una concentración constante, mientras que en el punto previo a la descarga existe el valor máximo de 26,73 mg/L, permaneciendo sin ninguna variación representativa.

Los datos de ANOVA de dos vías para DQO, demuestran que hay diferencias significativas temporales para el mes y espaciales para la toma, además se observa que no existe interacción entre los factores temporales y espaciales (Anexo 5).

3.3.14 Demanda bioquímica del oxígeno

Tabla 21

Datos obtenidos para DBO₅ mg/L.

Parámetros	Antes de la Descarga				
	Sep (1)	Oct (2)	Nov (3)	Dic (4)	Ene (5)
DBO ₅	16,66	16,48	16,41	16,5	16,54
	16,71	16,45	16,38	16,54	16,56
	16,68	16,47	16,39	16,56	16,53
Promedio	16,68	16,46	16,393	16,53	16,54
	En el sitio de la descarga				
	8,39	8,27	8,18	8,41	8,24
	8,35	8,26	8,19	8,4	8,24
	8,36	8,29	8,22	8,43	8,28
Promedio	8,36	8,27	8,19	8,41	8,25
	Después de la descarga				
	8,46	8,36	8,26	8,46	8,3
	8,48	8,33	8,28	8,48	8,28
	8,50	8,31	8,24	8,45	7,64
Promedio	8,48	8,33	8,26	8,46	8,07

Nota: Torres, 2015

Grafica de interacción DBO₅ vs Mes, Toma

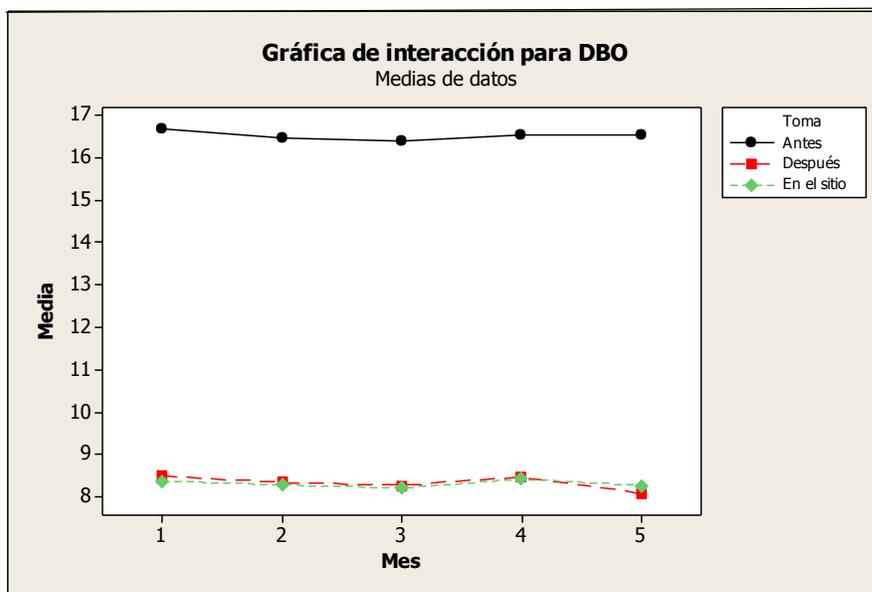


Figura 14. Interacción de medias para el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO

Elaborado por: Torres, 2015

La concentración de DBO₅ alcanzó valores entre 7,64 mg/l y 16,71 mg/l como muestra la figura 15, en los puntos de muestreo después y en el sitio de la descarga existe una concentraciones constantes, sin ninguna variación representativa en los meses de investigación, mientras que en el punto previo a la descarga existe el valor máximo de 26,73 mg/L, permaneciendo sin ninguna transición representativa.

Los datos de ANOVA de dos vías para DBO, demuestran que hay diferencias significativas temporales para el mes y espaciales para la toma, además se observa que no existe interacción entre los factores temporales y espaciales (Anexo 5).

3.3.15 Metales Pesados Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Cobalto, Mercurio, Plomo

Tabla 22

Datos Obtenidos para los metales pesados.

Toma	Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Cobalto	Mercurio	Plomo
Antes	<0,002	<0,1	<0,01	<0,5	<0,5	<0,005	<0,05
En el sitio (Durante)	<0,002	<0,1	<0,01	<0,5	<0,5	<0,005	<0,05
Después	<0,002	<0,1	<0,01	<0,5	<0,5	<0,005	<0,05

Nota: Torres, 2015

Los metales pesados que se analizaron en este estudio fueron: Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Cobalto, Mercurio, Plomo, Zinc.

Como se muestra en la tabla 22, los valores encontrados en el periodo del estudio desde septiembre hasta enero, estuvieron por debajo de los límites de detección por lo tanto no se ha considerado significativo realizar sus gráficas y se puede concluir que no había contaminación por presencia de estos contaminantes.

3.3.16 Coliformes totales

Tabla 23

Datos obtenidos para Coliformes Totales ufc/ml.

Parámetros	Antes de la Descarga				
	Sep (1)	Oct (2)	Nov (3)	Dic(4)	Ene(5)
COLIFORMES TOTALES	3680,00	3560,00	3650,00	3520	3490
Promedio	3680	3560	3650	3520	3490
	En el sitio de la descarga				
	4980	5040	4960	5020	5110
Promedio	4980	5040	4960	5020	5110
	Después de la descarga				
	3600	3590	3610	3550	3580
Promedio	3600	3590	3610	3550	3580

Nota: Torres, 2015

Gráfica de interacción Coliformes Totales vs Mes, Toma

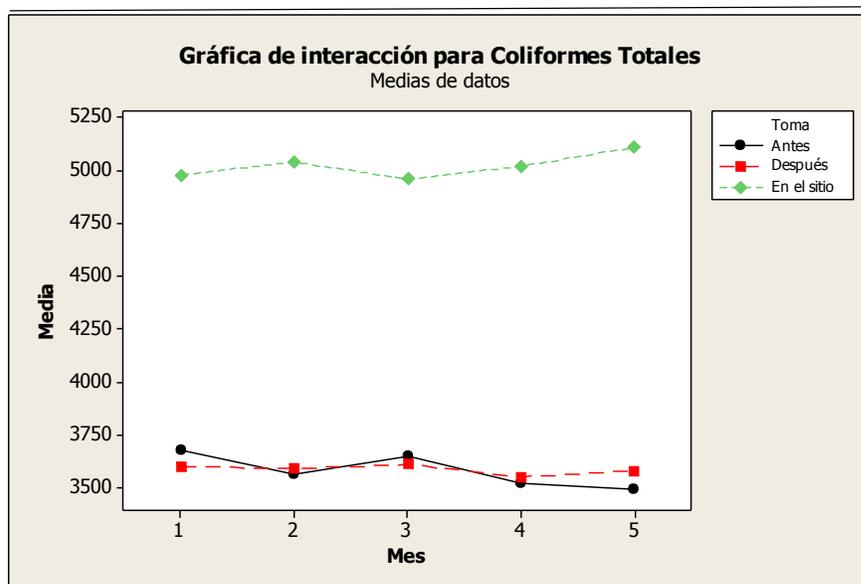


Figura 15. Interacción de medias para el parámetro Coliformes Totales

Elaborado por: Torres, 2015

En este estudio, la concentración de coliformes totales varió entre 5110ufc/ 100mla 3490 ufc/100ml con una media de 4062,6ufc/100 ml como se observa en la Figura 16.

Las concentraciones más altas se encontraron en el sitio de la descarga de agua residual en el transcurso del periodo del estudio, mientras antes y después la descarga no presentaron variaciones representativas en los meses de la investigación, teniendo el valor mínimo de 3490 ufc/100mL.

Los datos de ANOVA de dos vías para coliformes totales, demuestran que no hay diferencias significativas temporales entre meses pero si hay diferencias significativas espaciales entre las tomas, además se observa que no existe interacción entre los factores temporales y espaciales (Anexo 5).

3.3.17 Coliformes fecales

Tabla 24

Datos obtenidos para Coliformes Fecales ufc/100ml.

Parámetros	Antes de la Descarga				
	Sep(1)	Oct(2)	Nov(3)	Dic(4)	Ene(5)
COLIFORMES FECALES	3500	3600	3500	3700	3700
Promedio	3500	3600	3500	3700	3700
	En el sitio de la descarga				
	7800	6900	7400	7200	7100
Promedio	7800	6900	7400	7200	7100
	Después de la descarga				
	2400	2600	2300	2200	2700
Promedio	2400	2600	2300	2200	2700

Nota: Torres, 2015

Gráfica de interacción Coliformes Fecales NMP vs Mes, Toma

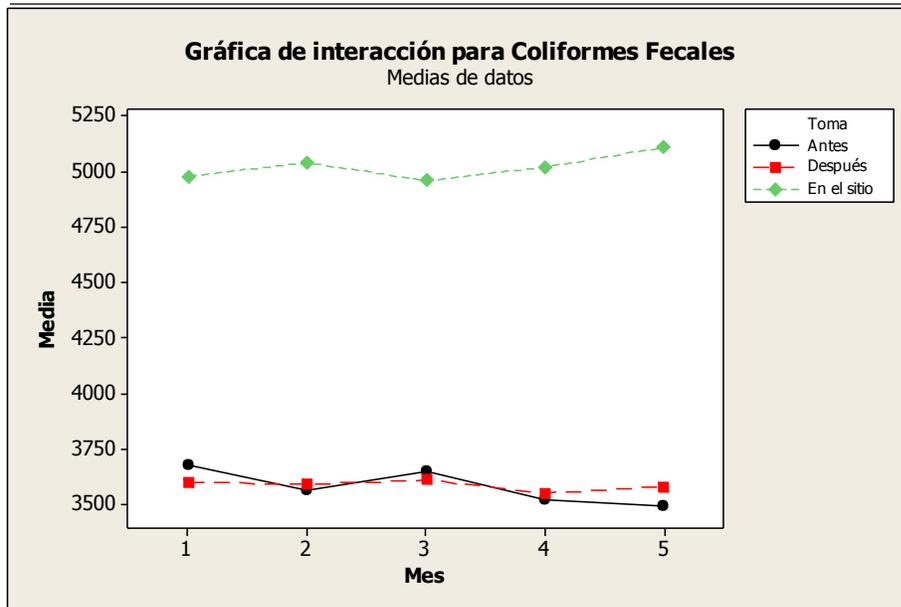


Figura 16. Interacción de medias para el parámetro Coliformes Fecales

Elaborado por: Torres, 2015

Como se puede observar en la figura 17, la concentración se encuentra entre 2200 a 7800 ufc/100ml con una media de 4440 ufc/ml, mientras que en el sitio de la descarga existen las concentraciones más altas, en los puntos previo y posterior a la descarga se mantienen sin ninguna variación significativa, lo cual indica que posterior a la descarga existe la concentración más baja de 2200 ufc/ml.

Los datos de ANOVA de dos vías para coliformes fecales, demuestran que no hay diferencias significativas temporales entre meses pero si hay diferencias significativas espaciales entre las tomas, además se observa que no existe interacción entre los factores temporales y espaciales (Anexo 5).

3.3.18 Caracterización de Macro invertebrados

En el transcurso de los 5 meses del periodo del proyecto en los tres puntos antes, durante y después de la descarga meses se colectaron en total 6258 organismos bentónicos (MAIA) como se observa en la tabla 25.

Tabla 25

Número de organismos colectados en el proyecto

Mes	Numero de Organismos
Septiembre	3333
Octubre	871
Noviembre	601
Diciembre	656
Enero	797

Nota: Torres, 2015

El mayor número de familias encontradas nueve pertenecen al orden Díptera, mientras que con una familia representados en: Plecóptera, Amphipoda, Acari, Unionoida, Haplotaxida y Hemíptera. Las familias con poblaciones más abundantes son Chironomidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Haplotaxidae. Por lo contrario, las familias (Dolichopodidae, Gerridae, Leptophlebiidae y Euthyplociidae) con un solo individuo.

Tabla 26

Valores y rango BMWP en el proyecto.

Mes	Puntaje BWP	Clase	Calidad
Sep	78	I	Aguas Limpas
Oct	86	I	
Nov	90	I	
Dic	64	I	
Ene	82	I	

Nota: Torres, 2015

Como se observa en la tabla 26, de acuerdo al índice Biológico BMWP (Biological monitoring working party) el cual es un procedimiento para medir la calidad del agua con especies de macroinvertebrados como indicadores biológicos, se asignó una puntuación

de acuerdo a la familia que se encontró en cada mes del estudio con la cual se puede distinguir la clase y así determinar la calidad del agua del río Pita.

De acuerdo a la puntuación y el rango de BMWP se obtuvo como resultado que el agua del río Pita es un agua limpia.

Tabla 27

Comparación entre límites máximos permisibles del TULAS y resultados de los análisis.

TULAS, Libro VI, Anexo			Resultados del Laboratorio				
Parámetro	Límite Max Permissible	Unidades	Parámetro	Antes	En el sitio de la (Durante)	Después	Cumple
Potencial De Hidrogeno	5 9		Potencial De Hidrogeno	7,684	7,268	7,935	SI
Temperatura	<35		Temperatura	20,29	20,568	20,75	SI
Turbidez			Turbidez	2,264	1,79	2,98	NA
Conductividad			Conductividad	0,27	0,29	0,23	NA
Alcalinidad			Alcalinidad	95,53	153,06	91,86	NA
Solidos suspendidos	100	mg/L	Solidos suspendidos	57,27	72,9	79,02	SI
Solidos totales	1600	mg/L	Solidos totales	188,73	221,8	196,4	SI
Aceites y Grasas	0,3	mg/L	Aceites y Grasas	193,96	93,43	84,48	NO
DBO	100	mg/L	DBO	16,52	8,3	8,322	SI
DQO	250	mg/L	DQO	26,44	13,28	13,31	SI
Sulfatos	1000	mg/L	Sulfatos	20,99	13,1	17,87	SI
Nitritos	10	mg/L	Nitritos	0,066	0,033	0,118	SI
Fosfatos			Fosfatos	0,3792	-0,402	-0,492	NA
Arsénico	0,1	mg/L	Arsénico	<0,002	<0,002	<0,002	SI
Cadmio	0,02	mg/L	Cadmio	<0,1	<0,1	<0,1	SI
Cobre	1	mg/L	Cobre	<0,001	<0,001	<0,001	SI
Cobalto	0,5	mg/L	Cobalto	<0,5	<0,5	<0,5	SI
Cromo	0,5	mg/L	Cromo	<0,5	<0,5	<0,5	SI
Mercurio	0,005	mg/L	Mercurio	<0,005	<0,005	<0,005	SI
Zinc	5	mg/L	Zinc	0,021	0,021	0,021	SI
Plomo	0,2	mg/L	Plomo	<0,05	<0,05	<0,05	SI
Coliformes Fecales	1000	NMP/ 100mL	Coliformes Fecales	3600	7280	2440	NO
Coliformes Totales	1000	NMP/100mL	Coliformes Totales	3580	5022	3586	NO

Nota: Torres, 2015

Como se observa en la tabla 27, después de la comparación con la norma y los resultados obtenidos, presenta que los parámetros aceites y grasas, coliformes fecales y coliformes totales no cumplen la norma y exceden los límites permisibles.

Además se planteó parámetros importantes para el estudio que no se encontraban en la norma, como turbidez, alcalinidad, conductividad y fosfatos por tal motivo en la tabla se indica que no aplica a la norma, estos parámetros se estudiaron para contar con datos para estudios posteriores.

CONCLUSIONES

Los datos determinados en este estudio reflejan que para los parámetros: nitritos, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), coliformes fecales y coliformes totales se mantuvieron constantes durante el periodo de septiembre 2014 y enero 2015, además denotan que no existe interacción entre los factores temporales y espaciales.

Los resultados evaluados para los parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, sólidos totales, sólidos totales suspendidos, turbidez, sulfatos, fosfatos, nitritos DQO, DBO₅, según el análisis de ANOVA de dos vías demuestran que existen diferencias significativas temporales para el mes y espaciales para la toma, mientras que para los parámetros alcalinidad, aceites y grasas, fenol, conductividad demuestran que no hay diferencias significativas temporales entre meses pero si hay diferencias significativas espaciales entre las tomas.

Los resultados evaluados para los parámetros fisicoquímicos: alcalinidad, aceites y grasas, conductividad, fenoles denotan que son heterogéneos por efecto de la descarga espacial y temporal de aguas residuales sobre el cuerpo de agua del río Pita.

Los datos evaluados en el presente estudio para los parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, sólidos totales, sólidos totales suspendidos, turbidez, sulfatos, nitritos, fosfatos, DQO, DBO₅ denotan que son inalterables por el efecto de la descarga espacial y temporal de aguas residuales sobre el cuerpo de agua del río Pita.

Los resultados evaluados en el estudio para los parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, alcalinidad, sólidos totales, sólidos totales suspendidos, aceites y grasas, conductividad, turbidez, sulfatos, fosfatos, según el análisis de ANOVA de dos vías demuestran que existe interacción entre factores temporales y espaciales mientras que para los parámetros nitritos, fenoles, DQO, DBO₅, demuestran que no existe interacción entre factores temporales y espaciales.

Los resultados microbiológicos evaluados para coliformes fecales y coliformes totales antes, en el sitio y después de la descarga de aguas residuales, según el análisis de ANOVA de dos vías demuestra que no hay diferencias significativas temporales entre meses pero si hay diferencias significativas espaciales entre las tomas, además se observa que existen interacciones entre los factores temporales y espaciales.

Los datos evaluados en el presente estudio para los parámetros microbiológicos: coliformes totales y coliformes fecales denotan que son heterogéneos por efecto de la descarga espacial y temporal de aguas residuales sobre el cuerpo de agua del río Pita.

De acuerdo a la caracterización de las comunidades de Macroinvertebrados y al índice Biológico BMWP (Biological monitoring working party) se obtuvo como resultado que en el río Pita existen las familias Díptera, Plecóptera, Amphipoda, Acari, Unionoida, Haplotaxida y Hemíptera. Chironomidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Haplotaxidae. Dolichopodidae, Gerridae, Leptophlebiidae y Euthyplociidae, con esto se establece además, de acuerdo al índice BMWP, que el agua del río Pita es limpia.

De todos los parámetros analizados en los diferentes puntos de muestreo, los compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal, vegetal y el nivel de coliformes fecales fueron los que sobrepasan la norma en los tres puntos de muestreo, en comparación con lo establecido en el Texto Unificado de Legislación

Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) en el libro VI - anexo 1, tabla 12: para descargas a un cuerpo de agua dulce.

Según los parámetros evaluados, se evidencia una contaminación por Coliformes fecales en altas concentraciones, encontrando en la descarga hasta 7800 ufc/100mL valores que sobrepasan los límites permisibles por la norma.

Debido al gran caudal del río Pita y a la presencia de obstáculos naturales, este posee gran capacidad de autodepuración; lo cual se ve reflejado en la baja presencia de DBO y DQO antes y después de la descarga obtenida en los resultados de los análisis. Lo que significa que los microorganismos presentes en el río pueden degradar la materia orgánica, permitiendo que se mantengan niveles bajos de dichos parámetros, los cuales no sobrepasan los límites permisibles establecidos por la ley.

RECOMENDACIONES

Mantener un monitoreo continuo del río Pita realizando evaluaciones físico, químicas, microbiológicas y biológicas para obtener datos en diferentes épocas del año y así conocer el comportamiento del río y poder emplear un plan de recuperación de sus aguas.

La información generada por el presente estudio representa tan solo una línea base, la cual requiere ser complementada con estudios tanto físico, químicos, biológicos y microbiológicos en las diferentes épocas del año.

Se recomienda realizar análisis químicos relacionados con presencia de hidrocarburos, (TPH), compuestos tóxicos en el río Pita para complementar la información que proporciona este estudio.

Se recomienda implantar el sistema de monitoreo como una herramienta necesaria con el fin de tener una base de datos que permita en un futuro realizar trabajos encausados en el tratamiento de aguas residuales.

Se recomienda que para recolectar muestras de agua o trabajos en cualquier cuerpo de agua se debe considerar la estación del año como un factor condicionante del resultado.

Se recomienda para mejorar la calidad del agua del río Pita es necesario disminuir las descargas de aguas residuales directas, creando plantas de tratamiento y mejorando el sistema de alcantarillado por parte de los municipios.

LISTA DE REFERENCIA

- Andrew, D., Lenore, S., Arnold, E., & Greenberg, M. (2007). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Michigan: American Public Health Association.
- Arce, O. (31 de Octubre de 2006). Programa de Maestria en Ingenieria Ambiental. *Indicadores Biologicos de Calidad del Agua*. Cochabamba.
- Borja, M. (2011). Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales de la ciudad de guranda. *Tesis de grado previa a la obtencion del titulo de*. Riobamba, Ecuador.
- Campos, I. (2003). *Saneamiento Ambiental*. Costa Rica: Inversidad Estatal a Distancia San Jose Costa Rica.
- Carrera, G. (2011). Modelacion de Oxigeno Disuelto y Materia Organica y su Influencia en la Distribucion y Diversidad de Indicadores Benticos de la Cuenca del Rio San Pedro en el tramo, Amaguaña-Guangopolo. *Proyecto de Grado para la obtencion del Titulo de Ingenieria Geografa y del Medio Ambiente*. Sangolqui, Ecuador.
- Davalos, M. (05 de 01 de 2011). Diseño de un proceso de tratamiento de fenoles en las Aguas Residuales de la Refineria de Shushufindi. *Diseño de un proceso de tratamiento de fenoles en las Aguas Residuales de la Refineria de Shushufindi*. Ecuador.
- Elena, M., & Jose Luis, L. (2008). *Manual para la formacion en Medio Ambiente*. España: Lex Nova.
- Fernandez, A. C. (2012). *Agua para la Salud*. Madrid: CSIC.
- Fondo para la Comunicacion y la educacion Ambiental. (2006). *El Agua en Mexico: Lo que todos y todos debemos saber*. Mexico. Recuperado el 13 de 03 de 2015
- Freile, J. (03 de 09 de 2015). La Sublime y Tragica historia del valle del Pita. *Ecuador Terra Incognita*, 4. Obtenido de Revista Ecuador Terra Incognita. N° 58.: http://www.terraecuador.net/revista_58/58_pita.html
- Galvez, R., Hernandez, L., & Pichinte, D. (Abril de 2005). Titulo para optar Ingeniero Civil. *Diagnostico del Funcionamiento Actual de las Plantas de Tratamiento de Aguas Rediduales Domesticas en el Area Metropolitana de Slavador Construidas desde 1990*. Universitaria.

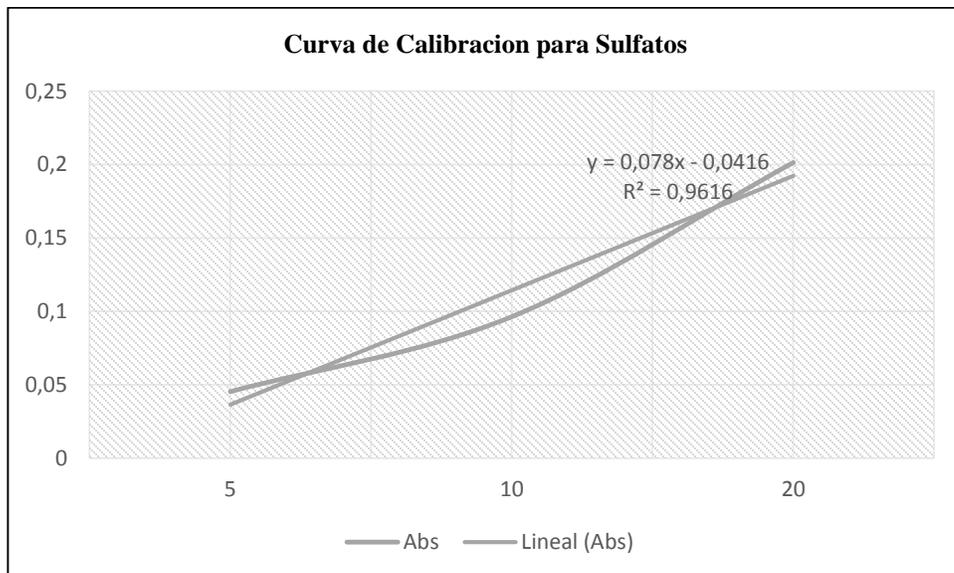
- Gordon, M., & Geyes, D. (2009). *Purificacion de aguas y tratamiento y remocion de aguas residuales*. Madrid: Limusa.
- Granja, M., & Tapia, S. (Julio de 2013). EVALUCION, CARACTERIZACION Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE LA CAFETERIA DEL CAMPUS EL GIRON DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA. *Tesis previa a la obtencion del titulo de Ingenieria en Biotecnologia de los Recursos Naturales*. Quito, Ecuador.
- Guzman, R. (09 de 03 de 2015). DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO SANTA CLARA EN EL SECTOR DEL BARRIO SELVA ALEGRE-CANTON RUMIÑAHUI. 6. Obtenido de DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO SANTA CLARA EN EL SECTOR DEL BARRIO SELVA ALEGRE-CANTON RUMIÑAHUI:
<http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/398/1/Trabajo%20Fin%20de%20Carrera%20Roberto%20Guzman%202011.pdf>
- Herbas, C. (Octubre de 2006). Indicsadores Biologicos de calidad del agua. *Maestria en Ingenieria Ambienta*. Cochabamba.
- Leon , M., & Lucero, A. (2009). Estudio de E. crassipes, L. gibba y A. filiculoides en el tratamiento biologico de aguas residuales domesticas en sistemas comunitarios y unifamiliares canton Cotacachi. *Tesis previa a la obtencion del titulo de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables*. Ibarra, Ecuador.
- Martin, J. (2007). *Ingenieria de Ríos*. Barcelona: UPC.
- Martinez, F., & Ysase, T. (Mayo de 2007). Trabajo de Grado. *Descripcion de los tipos de plantas de tratamiento de aguyas residuales domesticas*. Barcelona, España.
- Moreno, B. (2006). *Higiene e Inspeccion de Carnes ~ I*. Madrid: Edigrafos.
- Orozco, A. (2005). *Bioingenieria de aguas residuales*. Bogota: ACODAL.
- Orozco, A. (2005). *Tratamiento de las aguas residuales*. Colombia: Ed. Universidad de Antioquia.
- Ramos, R., Sepulveda, R., & Villalobos, F. (2003). *El agua en el medio ambiente Muestreo y analisis*. California: Plata Y Vlades S.A de C.V.
- Rigola, M. (2011). *Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales*. Barcelona: España.
- Rodriguez, F. (2013). Valoracion Economica del Paramo de la Microcuenca alta del rio Pita. *Valoracion Economica del Paramo de la Microcuenca alta del rio Pita*, 17.

Quito, Ecuador. Recuperado el 13 de 03 de 2015, de
http://www.academia.edu/8167655/Evaluacion_Socioeconomica_de_los_Paramos

- Romero, J. R. (2004). *Tratamiento de aguas residuales, teoria y principios de diseño*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingenieria.
- Sanchez, O., Herzing, M., Peters, E., Marquez, R., & Zambrano, L. (2007). *Perspectiva sobre conservacion de ecosistemas acuaticos en Mexico*. Mexico: Secretaria General de la Convencion Ramsat.
- Saransig, R. (2009). Estudio de la Calidad de Agua en los afluentes de la Microcuenca alta del río Guargulla para determinar las causas de la degradacion y alternativas de manejo. *Presentado como requisito parcial para obtener el titulo de Ingeniero Agronomo*. Riobamba.
- Secretaria Nacional De Gestion de Riesgo. (09 de 03 de 2015). *Analisis de vulnerabilidad canton Rumiñahui*. Obtenido de Analisis de vulnerabilidad canton Rumiñahui:
<http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/857/1/Perfil%20territorial%20RUMINAHUI.pdf>
- SENAGUA, S. N. (2010). *Informe de Gestion 2008-2010. Una gestion diferente de los recursos hidricos*. Quito-Ecuador.
- Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, L. (2013). *Manual de Metodos Analiticos para Determinacion de Parametros Fisicoquimicos Basicos en Aguas*. Cartagena de Indias: Universitaria Andaluza.
- Tocto, A. (2013). Evaluacion de la Calidad del agua en la parroquia San Pablo del lago, Canton Otavalo, Provincia Imbabura utilizando un Cromatografo de Intercambio Ionico con supresion quimica previamente validado el metodo APHA 4110. *Tesis Previa a la obtencion de titulo de Ingenieria Biotecnologia*. Ecuador.
- Vargas, T. (2012). *Optimizacion del sistema de tratamiento de agua residual de la Planta N° 01 del canton Joya de los sachas*. Santo Domingo.
- Villa, M. (30 de Noviembre de 2011). Tesis Mater. *Evaluacion de la calidad del agua en la subcuenca del rio Yacuambi. Propuesta de tratamiento y control de la contaminacion*. España.
- Villaseñor, J. (2001). *Eliminacion Biologica de Fosforo en Aguas Residuales Urbanas*. España: Ediciones de la Universidad de Castilla la Mancha.

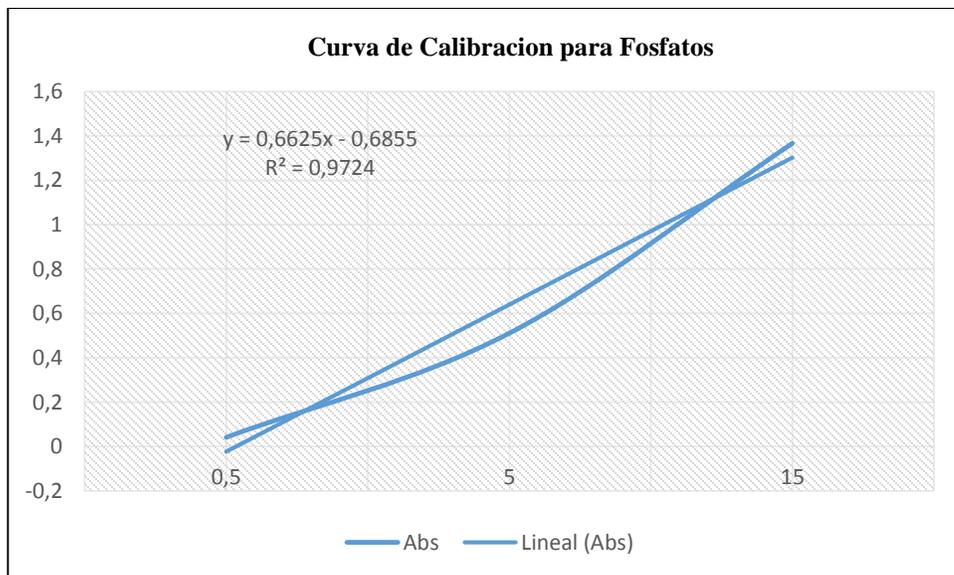
ANEXOS

Anexo 1. Curva de calibración para la concentración de sulfatos



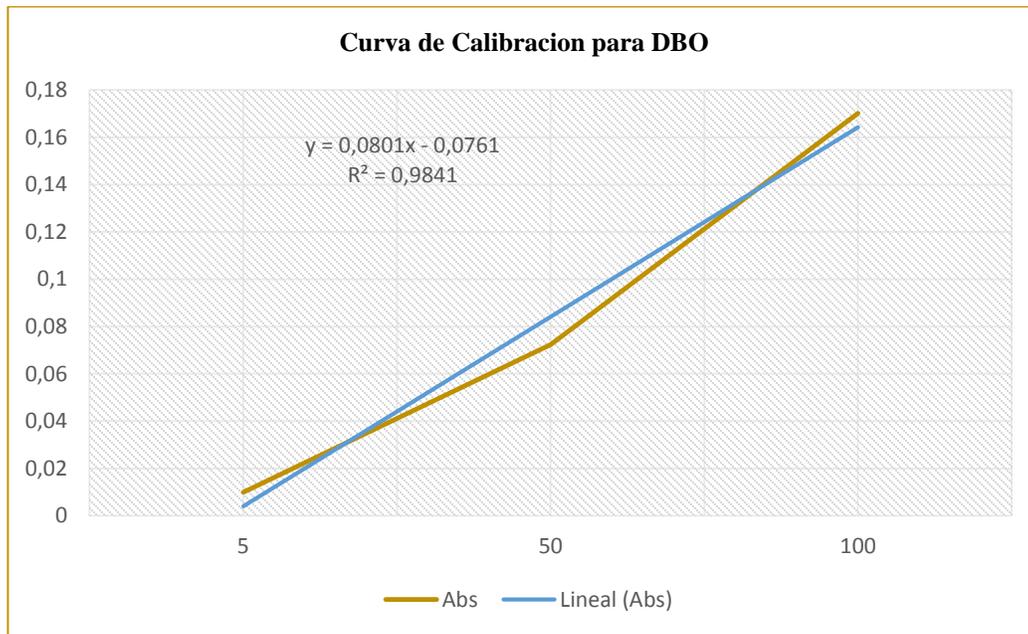
Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 2. Curva de calibración para la concentración de fosfatos.



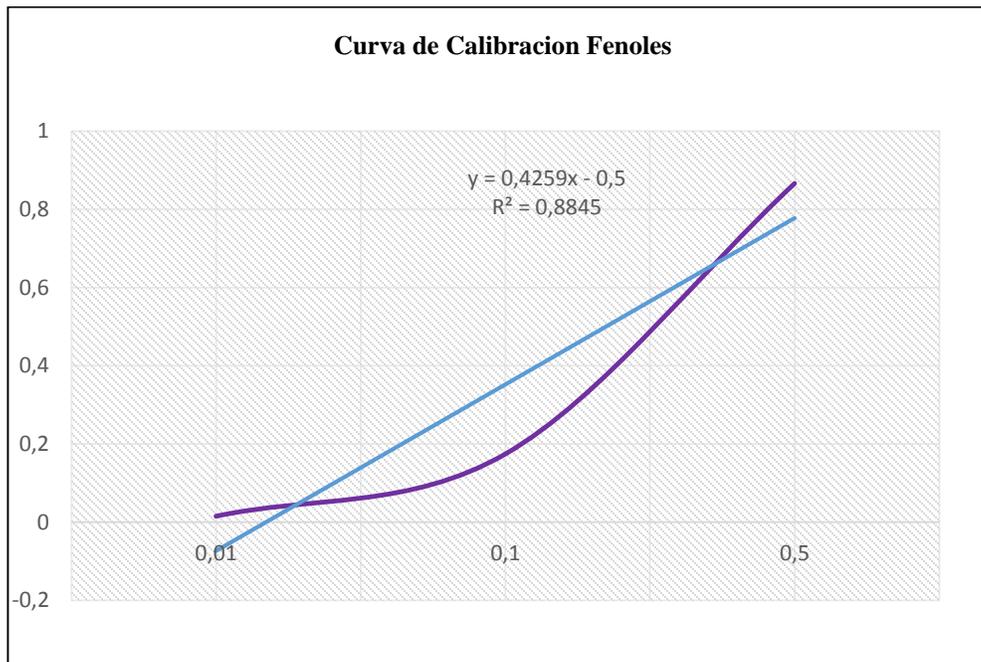
Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 3. Curva de calibración para la concentración de la demanda biológica de oxígeno.



Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 4. Curva de calibración para la concentración de fenoles.



Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 5. ANOVA de dos vías para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en relación al mes y la toma.

Parámetro		F	p	Interacción
pH	Mes	490,1	0,00	0,00
	Toma	104,2	0,00	
Temperatura	Mes	102,6	0,00	0,00
	Toma	3503,9	0,00	
Alcalinidad	Mes	24,43	0,98	0,00
	Toma	8032,92	0,00	
Solidos Totales	Mes	208,56	0,00	0,00
	Toma	818,63	0,00	
Solidos Totales Suspendidos	Mes	56,96	0,00	0,00
	Toma	512,52	0,00	
Aceites y Grasas	Mes	12,87	0,10	0,00
	Toma	8645,08	0,00	
Conductividad	Mes	12,64	0,36	0,00
	Toma	306,28	0,00	
Turbidez	Mes	90,25	0,03	0,00
	Toma	5146,01	0,00	
Sulfatos	Mes	658,72	0,00	0,00
	Toma	4095,95	0,00	
Nitritos	Mes	7,67	0,01	0,56
	Toma	47,28	0,00	
Fosfatos	Mes	13,63	0,00	0,00
	Toma	127,59	0,00	
Fenol	Mes	1,25	0,31	0,95
	Toma	74,43	0,00	
DQO	Mes	9,68	0,01	0,052
	Toma	34235,06	0,00	
DBO	Mes	9,68	0,01	0,055
	Toma	34235,06	0,00	
Coliformes Totales	Mes	0,28	0,88	0,99
	Toma	736,14	0,00	
Coliformes Totales	Mes	0,33	0,85	0,97
	Toma	437,37	0,00	

Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 6. Punto A antes de la descarga residual.



Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 7. Punto B En el sitio de la descarga



Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 8. Punto C posterior a la descarga



Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 9. Medición del caudal



Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 10. Recolección de las muestras



Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 11. Análisis parámetros in situ



Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 12. Análisis de pH



Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 13. Análisis de Alcalinidad



Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 14. Análisis de Sólidos Suspendidos



Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 15. Análisis de sólidos totales



Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 16. Análisis de aceites y grasas



Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 17. Análisis de sulfatos



Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 18. Análisis de nitritos



Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 19. Análisis de fosfatos



Elaborado por: Torres, 2015

Anexo 20. Análisis de fenol



Elaborado por: Torres, 2015